





|   |   |                |          |                 |             |               |   |
|---|---|----------------|----------|-----------------|-------------|---------------|---|
|  | <b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b> |                |          |                 |             |               |    |
|   | <b>CARTA DE AUTORIZACIÓN</b>            |                |          |                 |             |               |   |
| <b>CÓDIGO</b>   | <b>AP-BIB-FO-06</b>                     | <b>VERSIÓN</b> | <b>1</b> | <b>VIGENCIA</b> | <b>2014</b> | <b>PÁGINA</b> | <b>1 de 2</b>   |

Neiva, 23 de mayo de 2016

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Andrea del Pilar Morales Falla, con C.C. No. 1080185251,

Kenia Marcela Gonzalez Pedraza, con C.C. No. 1075264899,

\_\_\_\_\_, con C.C. No. \_\_\_\_\_,

\_\_\_\_\_, con C.C. No. \_\_\_\_\_,

autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o \_\_\_\_\_





titulado Diagnóstico e identificación de las variables que permitan optimizar la producción de los pozos del Sector Ágata del contrato de Asociación Cronos- Campo Comercial Apolo presentado y aprobado en el año 2016 como requisito para optar al título de

Ingeniero de Petróleos; autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.

- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.

- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

|   |   |                |          |                 |             |               |   |
|---|---|----------------|----------|-----------------|-------------|---------------|---|
|  | <b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b> |                |          |                 |             |               |    |
|   | <b>CARTA DE AUTORIZACIÓN</b>            |                |          |                 |             |               |   |
| <b>CÓDIGO</b>   | <b>AP-BIB-FO-06</b>                     | <b>VERSIÓN</b> | <b>1</b> | <b>VIGENCIA</b> | <b>2014</b> | <b>PÁGINA</b> | <b>2 de 2</b>   |

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: Andrónico Morales

EL AUTOR/ESTUDIANTE:





Firma: \_\_\_\_\_

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: Kenia Gonzalez

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: \_\_\_\_\_

|   |   |                |          |                 |             |               |   |
|---|---|----------------|----------|-----------------|-------------|---------------|---|
|  | <b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>       |                |          |                 |             |               |    |
|   | DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO |                |          |                 |             |               |   |
| <b>CÓDIGO</b>   | <b>AP-BIB-FO-07</b>                           | <b>VERSIÓN</b> | <b>1</b> | <b>VIGENCIA</b> | <b>2014</b> | <b>PÁGINA</b> | <b>1 de 5</b>   |

**TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO:** Diagnóstico e identificación de las variables que permitan optimizar la producción de los pozos del Sector Ágata del contrato de Asociación Cronos- Campo Comercial Apolo.

**AUTOR O AUTORES:**

| Primero y Segundo Apellido | Primero y Segundo Nombre |
|----------------------------|--------------------------|
| Morales Falla              | Andrea del Pilar         |
| Gonzalez Pedraza           | Kenia Marcela            |

**DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:**

| Primero y Segundo Apellido | Primero y Segundo Nombre |
|----------------------------|--------------------------|
| Murillo Téllez             | Sandra Constanza         |
| Botero Rojas               | Luz Marina               |

**ASESOR (ES):**

| Primero y Segundo Apellido | Primero y Segundo Nombre |
|----------------------------|--------------------------|
|                            |                          |

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:** Ingeniero de Petróleos





**FACULTAD:** Ingeniería

**PROGRAMA O POSGRADO:** Ingeniería de Petróleos

**CIUDAD:** Neiva    **AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2016    **NÚMERO DE PÁGINAS:** 261

**TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):**

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

|   |   |                |          |                 |             |   |               |
|---|---|----------------|----------|-----------------|-------------|---|---------------|
|  | <b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>       |                |          |                 |             |    |               |
|   | DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO |                |          |                 |             |   |               |
| <b>CÓDIGO</b>   | <b>AP-BIB-FO-07</b>                           | <b>VERSIÓN</b> | <b>1</b> | <b>VIGENCIA</b> | <b>2014</b> | <b>PÁGINA</b>   | <b>2 de 5</b> |

Diagramas\_\_\_ Fotografías\_\_\_ Grabaciones en discos\_\_\_ Ilustraciones en general  x  
 Grabados\_\_\_ Láminas\_\_\_ Litografías\_\_\_ Mapas  x Música impresa\_\_\_ Planos\_\_\_  
 Retratos\_\_\_ Sin ilustraciones\_\_\_ Tablas o Cuadros  x

**SOFTWARE** requerido y/o especializado para la lectura del documento:

**MATERIAL ANEXO:**

**PREMIO O DISTINCIÓN** (*En caso de ser LAUREADAS o Meritoria*):

**PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:**

| <u>Español</u>                | <u>Inglés</u>        | <u>Español</u> | <u>Inglés</u> |
|-------------------------------|----------------------|----------------|---------------|
| 1. <u>Yacimiento</u>          | <u>Reservoir</u>     | 6. _____       | _____         |
| 2. <u>Petrofísica</u>         | <u>Petrophysical</u> | 7. _____       | _____         |
| 3. <u>Aceite</u>              | <u>Oil</u>           | 8. _____       | _____         |
| 4. <u>Perforación</u>         | <u>Drilling</u>      | 9. _____       | _____         |
| 5. <u>Reacondicionamiento</u> | <u>Workover</u>      | 10. _____      | _____         |

**RESUMEN DEL CONTENIDO:** (Máximo 250 palabras)

El presente proyecto muestra los parámetros que permiten optimizar la producción de 16 pozos del sector Ágata pertenecientes al campo Apolo, obtenidos a partir del procesamiento y análisis de la información brindada por la empresa Pacific Exploration & Production (E&P).

La primera fase consiste en la recopilación de data concerniente a las áreas de: yacimientos, petrofísica, sistemas de levantamiento artificial (ALS), perforación, optimización y producción, la cual es organizada y procesada pozo a pozo; posteriormente se lleva a cabo el análisis del comportamiento de cada uno de los pozos, del cual se obtiene como resultado, las variables de mayor incidencia a nivel de yacimiento, producción, ALS y optimización; finalmente se realiza una evaluación económica que permite cuantificar la rentabilidad generada a partir de la producción de los pozos Ágata. Con este estudio, se logra tener una visión general de cuáles con las principales variables que se pueden aprovechar, con el fin de optimizar la producción de los pozos a perforar en





## GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

### DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO



CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

3 de 5

un futuro en esta zona.

#### **ABSTRACT:** (Máximo 250 palabras)

The present project shows the parameters to optimize the production of 16 wells in the Ágata sector belonging to the Apollo field, obtained from the processing and analysis on information supplied by Pacific

Exploration & Production.

The first phase involves compiling data concerning the areas of reservoirs, petrophysical, artificial lift systems (ALS), drilling, optimization and production, which it is organized and processed well to well; subsequently it carried out the analysis of the behavior of each of the wells, which is obtained as a result, higher incidence variables reservoir level,



## GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

### DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO



CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

4 de 5

production, ALS and optimization; finally is performed an economic assessment which quantifies the performance generated from the production of the wells Ágata. With this study, it is possible to have an overview of what the main variables that can be exploited in order to optimize production of wells to be drilled in the future in this area.

### APROBACION DE LA TESIS


Nombre Presidente Jurado: Jorge Orlando Mayorga Bautista





Firma:

Nombre Jurado: Haydeé Morales Mondragón

Firma:

Nombre Jurado: Jairo Antonio Sepúlveda Gaona

 La versión y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

|   |  |                |          |                 |             |   |               |
|---|--|----------------|----------|-----------------|-------------|---|---------------|
|  | <b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>              |                |          |                 |             |    |               |
|   | <b>DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO</b> |                |          |                 |             |   |               |
| <b>CÓDIGO</b>   | <b>AP-BIB-FO-07</b>                                  | <b>VERSIÓN</b> | <b>1</b> | <b>VIGENCIA</b> | <b>2014</b> | <b>PÁGINA</b>   | <b>5 de 5</b> |

Firma:

DIAGNÓSTICO E IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES QUE PERMITAN  
OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE LOS POZOS DEL SECTOR ÁGATA DEL  
CONTRATO DE ASOCIACIÓN CRONOS-CAMPO COMERCIAL APOLO

KENIA MARCELA GONZALEZ PEDRAZA  
ANDREA DEL PILAR MORALES FALLA

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
NEIVA  
2016

DIAGNÓSTICO E IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES QUE PERMITAN  
OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE LOS POZOS DEL SECTOR ÁGATA DEL  
CONTRATO DE ASOCIACIÓN CRONOS-CAMPO COMERCIAL APOLO

KENIA MARCELA GONZÁLEZ PEDRAZA  
ANDREA DEL PILAR MORALES FALLA

Proyecto para optar al título de Ingeniero de Petróleos

Director(a):  
SANDRA CONSTANZA MURILLO TELLEZ  
Ingeniero de Petróleos

Co-Director(a):  
LUZ MARINA BOTERO ROJAS  
Ingeniero Químico, MSc

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
NEIVA  
2016

NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

Firma del director, codirector

---

Firma de Jurado

---

Firma de Jurado

Neiva 20 de Mayo de 2016

*A Dios por ser el guía constante de todos y cada uno de mis logros.*

*A mi madre quien con su compañía, comprensión, apoyo y amor me dio la fortaleza para perseguir mis sueños y metas; por no desfallecer en los momentos difíciles y luchar siempre junto a mí. Gracias mamá.*

*A mi padre y hermano, por brindarme su apoyo y extenderme su mano cuando más lo necesité, y por mostrarme que, a pesar de los inconvenientes, siempre han creído en mí. Gracias a los hombres más importantes de mi vida.*

*A mi familia por su constante ayuda, unión, atención e interés.*

*A todos mis amigos y compañeros, porque siempre estuvieron en el lugar preciso; a Jeison Rosero, Julieth Ramírez y Alejandro Osorio, amigos incondicionales, por su paciencia, consejos y total apoyo durante el transcurso de mi carrera, porque junto a ustedes crecí como persona, gracias chicos.*

*Kenia Marcela Gonzalez Pedraza*

*Agradezco desde el fondo de mi corazón  
A Dios, por la vida  
A mi mamá, por su amor y su apoyo incondicional  
A mi papá, por su ejemplo de fortaleza y por su confianza  
A mis hermanos, por el ejemplo de arduo trabajo  
A Sergio, por enseñarme tanto  
A mis amigos y compañeros, por el cariño y la compañía.*

*Gracias a todos por hacer parte de mi vida. Pongo en manos de Dios mi futuro.*

*Andrea del Pilar Morales Falla*



## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus más sinceros agradecimientos a:

Nuestras familias por el apoyo incondicional en el transcurso de nuestra carrera.

Sandra Constanza Murillo Téllez, Ingeniera de Petróleos de la Universidad de América, directora del trabajo de grado, quien siempre estuvo dispuesta y nos brindó la posibilidad de adquirir nuevos conocimientos, nos orientó y colaboró para la realización de este proyecto.

Luz Marina Botero Rojas, docente adscrita al programa de Ingeniería de Petróleos de la Universidad Surcolombiana, por su disposición y aportes dados para la ejecución y culminación de este trabajo.

Lenin Peña Cardozo, Ingeniero de Petróleos de la Universidad Surcolombiana, por su paciencia, acompañamiento y asesorías durante el proceso para llevar a cabo el presente proyecto de grado.

Los ingenieros de Optimización, Levantamiento Artificial, Yacimientos y Operaciones de Meta Petroleum Corp., unidad de negocio de Pacific Exploration & Production, por su soporte y constante colaboración.

La compañía Pacific Exploration & Production, por permitir el desarrollo del proyecto en uno de sus campos petrolíferos.

La Universidad Surcolombiana, por formarnos como profesionales y seres humanos íntegros.

A todas aquellas personas que de una u otra forma hicieron parte de esto y contribuyeron para que se finalizara de una manera exitosa.

## TABLA DE CONTENIDO

|   |    |
|---|----|
| INTRODUCCIÓN .....  | 20 |
| OBJETIVOS .....   | 21 |
| OBJETIVO GENERAL .....  | 21 |
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....  | 21 |
| 1. MARCO TEÓRICO .....  | 22 |
| 1.1 PRINCIPIOS BÁSICOS DE PETROFÍSICA.....  | 22 |
| 1.1.1 Porosidad ( $\Phi$ ).....   | 22 |
| 1.1.2 Permeabilidad (K).....  | 23 |
| 1.1.3 Tensión superficial e interfacial .....   | 24 |
| 1.1.4 Humectabilidad.....   | 25 |
| 1.1.5 Compresibilidad de la roca (Cr).....  | 25 |
| 1.1.6 PRESIÓN CAPILAR .....   | 25 |
| 1.1.7 SATURACIÓN DE AGUA (SW).....  | 25 |
| 1.2 REGISTROS UTILIZADOS PARA LA INTERPETRACIÓN PETROFÍSICA... 28                     |    |
| 1.2.1 Registros Resistivos .....  | 28 |
| 1.2.2 Potencial Espontáneo (SP) .....   | 29 |
| 1.2.3 Registro Gamma Ray .....  | 30 |
| 1.2.4 Registros de Porosidad .....  | 31 |
| 1.2.5 Registro de Densidad .....  | 31 |
| 1.3 YACIMIENTOS.....  | 32 |
| 1.3.1 Clasificación de los yacimientos de hidrocarburo .....                          | 33 |
| 1.3.3 Propiedades de los fluidos .....  | 34 |
| 1.3.4 Presión de fondo fluyente (Pwf) .....   | 35 |
| 1.3.4 Caída de presión (DD).....  | 36 |
| 1.4 REGISTROS DE CEMENTACIÓN .....  | 37 |
| 1.4.1 Cement bolt log (CBL) .....   | 37 |
| 1.4.1.1 Principios.....   | 37 |
| 1.4.2 Variable density log (VDL).....   | 37 |
| 1.4.2.1 Interpretación básica del VDL .....   | 37 |
| 1.4.3 Congruencia de los resultados CBL y VDL .....                                   | 38 |
| 1.5 SISTEMAS DE LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL (ALS).....                                   | 39 |
| 1.5.1 Unidades Hidráulicas de Bombeo Mecánico .....                                   | 39 |
| 1.5.1.1 Generalidades .....   | 39 |
| 1.5.1.2 Características importantes de una Unidad Hidráulica de Bombeo Mecánico ..... | 40 |
| 1.5.1.3 Partes importantes de la Unidad .....   | 41 |
| 1.5.1.4 Principales Aplicaciones de la Unidad.....                                    | 41 |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 1.5.2   | Bombeo Electrosumergible (ESP) .....  | 42 |
| 1.5.2.1 | Equipo de superficie .....  | 44 |
| 1.5.2.2 | Equipos de subsuelo .....   | 44 |
| 1.5.2.3 | Ventajas .....  | 45 |
| 1.5.2.4 | Desventajas.....  | 45 |
| 1.5.3   | Bombeo por cavidades progresivas (PCP).....                                     | 46 |
| 1.5.3.1 | Equipo de Fondo .....   | 48 |
| 1.5.3.2 | Equipo de Superficie .....  | 48 |
| 1.6     | INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN .....  | 49 |
| 1.6.1   | Índice de Productividad .....   | 49 |
| 1.6.2   | Curvas de producción.....   | 51 |
| 1.6.3   | Pruebas de pozo .....   | 52 |
| 1.6.3.1 | Pruebas periódicas de producción .....  | 52 |
| 1.6.3.2 | Pruebas de presión de fondo .....   | 52 |
| 1.6.3.3 | Pruebas de productividad.....   | 52 |
| 1.7     | FACILIDADES DE PRODUCCIÓN .....   | 53 |
| 1.7.1   | Definición de batería de producción .....                                       | 53 |
| 1.7.2   | Elementos de una batería de producción .....                                    | 54 |
| 1.8     | OPTIMIZACIÓN.....   | 55 |
| 1.9     | ÁNÁLISIS ECONÓMICOS .....   | 58 |
| 1.9.1   | Metodología para la evaluación de proyectos de petróleos.....                   | 58 |
| 1.9.1.1 | Índices financieros.....  | 59 |
| 1.9.2   | Ingresos.....   | 59 |
| 1.9.3   | Egresos .....   | 60 |
| 2.      | GENERALIDADES DEL CAMPO.....  | 62 |
| 2.1     | RESEÑA HISTÓRICA.....   | 62 |
| 2.2     | CARACTERIZACIÓN DE LA GEOLOGÍA.....   | 63 |
| 2.2.1   | Caracterización general.....  | 63 |
| 2.2.2   | Estratigrafía .....   | 64 |
| 2.2.3   | Roca generadora.....  | 68 |
| 2.2.4   | Migración y entrapamiento .....   | 69 |
| 2.2.5   | Reservorios o trampas .....   | 69 |
| 2.2.6   | Roca sello vertical y sello lateral.....  | 69 |
| 2.2.7   | Sistemas de fallas y estilo estructural.....                                    | 69 |
| 2.2.8   | Características de la acumulación en el campo .....                             | 71 |
| 2.3     | HISTÓRICO DE PRODUCCIÓN DEL CAMPO .....   | 78 |
| 3.      | DESCRIPCIÓN PRINCIPAL A NIVEL DE YACIMIENTO DE LOS POZOS DEL SECTOR ÁGATA ..... | 80 |
| 3.1     | CLÚSTER ÁGATA 3D.....   | 81 |
| 3.1.1   | Pozo Ágata 1D .....   | 82 |
| 3.1.2   | Pozo Ágata 2D .....   | 83 |
| 3.1.3   | Pozo Ágata 3D .....   | 85 |
| 3.1.4   | Pozo Ágata 4D .....   | 86 |

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 3.1.5  | Pozo Ágata 5D .....  | 87  |
| 3.1.6  | Pozo Ágata 006 .....   | 88  |
| 3.1.7  | Pozo Ágata 7H .....  | 89  |
| 3.1.8  | Pozo Ágata 8D .....  | 90  |
| 3.2    | CLÚSTER ÁGATA 9D .....   | 91  |
| 3.2.1  | Pozo Ágata 9DST .....  | 92  |
| 3.2.2  | Pozo Ágata 11D .....   | 93  |
| 3.2.3  | Pozo Ágata 12D .....   | 95  |
| 3.2.4  | Pozo Ágata 13D .....   | 96  |
| 3.2.5  | Pozo Ágata 14D .....   | 97  |
| 3.2.6  | Pozo Ágata 17D .....   | 98  |
| 3.3    | CLÚSTER ÁGATA 10.....  | 99  |
| 3.3.1  | Pozo Ágata 10ST .....  | 100 |
| 3.4    | RESULTADOS DEL ANÁLISIS REALIZADO A NIVEL DE YACIMIENTO .....  | 102 |
| 4.     | ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LOS POZOS DEL SECTOR ÁGATA .....                               | 106 |
| 4.1    | EVALUACIÓN DE HISTÓRICOS DE PRODUCCIÓN DE CADA POZO ...  | 106 |
| 4.1.1  | Pozo Ágata 1D .....  | 106 |
| 4.1.2  | Pozo Ágata 2D .....  | 108 |
| 4.1.3  | Pozo Ágata 3D .....  | 110 |
| 4.1.4  | Pozo Ágata 4D .....  | 111 |
| 4.1.5  | Pozo Ágata 5D .....  | 112 |
| 4.1.6  | Pozo Ágata 006.....  | 114 |
| 4.1.7  | Pozo Ágata 7H .....  | 116 |
| 4.1.8  | Pozo Ágata 8D .....  | 117 |
| 4.1.9  | Pozo Ágata 9DST.....   | 119 |
| 4.1.10 | Pozo Ágata 10ST .....  | 120 |
| 4.1.11 | Pozo Ágata 11D .....   | 122 |
| 4.1.12 | Pozo Ágata 12D .....   | 124 |
| 4.1.13 | Pozo Ágata 13D .....   | 125 |
| 4.1.14 | Pozo Ágata 14D .....   | 127 |
| 4.1.15 | Pozo Ágata 16D .....   | 128 |
| 4.1.16 | Pozo Ágata 17D .....   | 130 |
| 4.2    | ANÁLISIS DEL PETRÓLEO PRODUCIDO ACUMULADO DEL SECTOR   | 132 |
| 4.2.1  | Petróleo producido acumulado (Np) Clúster Ágata 3D.....  | 132 |
| 4.2.2  | Petróleo producido acumulado (Np) Clúster Ágata 9D.....  | 132 |
| 4.2.3  | Petróleo producido acumulado (Np) Clúster Ágata 10 .....   | 133 |
| 4.2.4  | Petróleo producido, petróleo producido acumulado (Np) y relación agua-aceite (WOR) en el sector Ágata..... | 134 |
| 4.3    | ANÁLISIS DE LA HISTORIA DE PRODUCCIÓN Y DE LAS CONDICIONES ÓPTIMAS DE OPERACIÓN DE LOS POZOS.....          | 136 |
| 4.4    | ANÁLISIS DE SISTEMAS DE LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL .....   | 140 |
| 4.5    | SELECCIÓN DE POZOS CANDIDATOS PARA REDISEÑO.....   | 142 |

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 4.5.1   | Curvas de declinación .....  | 144 |
| 4.5.1.1 | Pozo Ágata 4D .....  | 144 |
| 4.5.1.3 | Pozo Ágata 7H .....  | 146 |
| 4.5.1.4 | Pozo Ágata 8D .....  | 147 |
| 4.5.1.5 | Pozo Ágata 12D .....   | 147 |
| 4.5.1.6 | Pozo Ágata 13D .....   | 148 |
| 5.      | EVALUACIÓN ECONÓMICA .....   | 150 |
| 5.1     | EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL TRANSPORTE DE CRUDO POR TRACTOCAMIÓN..... | 150 |
| 5.1.1   | Perfil del precio del crudo .....                                  | 151 |
| 5.1.2   | Producción de fluidos .....  | 152 |
| 5.1.3   | Análisis de Indicadores Económicos .....                           | 152 |
| 5.2     | COMPARATIVO LÍNEA DE FLUJO VS TRACTOCAMIÓN.....                    | 153 |
| 5.2.1   | Perfil del precio de crudo.....                                    | 153 |
| 5.2.2   | Costos Variables .....   | 154 |
| 5.2.3   | Producción de fluidos .....  | 154 |
| 5.2.4   | Transporte por líneas de flujo.....                                | 155 |
| 5.2.5   | Transporte con Tractocamión .....                                  | 156 |
| 5.2.6   | Análisis comparativo .....   | 157 |
| 5.3     | EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LOS REDISEÑOS .....                        | 158 |
| 5.3.1   | Pozo Ágata 4D .....  | 159 |
| 5.3.2   | Pozo Ágata 5D .....  | 161 |
| 5.3.3   | Pozo Ágata 7H .....  | 162 |
| 5.3.4   | Pozo Ágata 8D .....  | 163 |
| 5.3.5   | Pozo Ágata 12D .....   | 164 |
| 5.3.6   | Pozo Ágata 13D .....   | 165 |
|         | CONCLUSIONES.....  | 167 |
|         | RECOMENDACIONES .....  | 170 |
|         | ANEXOS .....   | 174 |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Esquema del sistema poral. ....  | 23 |
| Figura 2. Esquema Ley de Darcy .....   | 24 |
| Figura 3. Ascenso capilar interfase agua-petróleo e idealización medio poroso heterogéneo. ....                        | 27 |
| Figura 4. Definición de contacto agua aceite y nivel de agua libre. ....   | 27 |
| Figura 5. Representación de potencial espontáneo en un pozo. ....  | 30 |
| Figura 6. Relativo grado de radioactividad de las rocas sedimentarias más comunes. ....                                | 31 |
| Figura 9. Registros de cementación. ....   | 38 |
| Figura 10. Congruencia registros de cementación. ....  | 39 |
| Figura 11. Carrera ascendente y descendente de una unidad hidráulica de bombeo mecánico .....                          | 40 |
| Figura 12. Partes importantes de la unidad de Bombeo Mecánico .....  | 41 |
| Figura 13. Componentes del Sistema Electrosumergible. ....   | 44 |
| Figura 14. Esquema sistema PCP. ....   | 47 |
| Figura 15. Curvas de producción. ....  | 51 |
| Figura 16. Diagrama de flujo de una batería .....  | 54 |
| Figura 17. Sectores campo Apolo .....  | 62 |
| Figura 18. Columna estratigráfica generalizada para los Llanos Orientales. ....  | 65 |
| Figura 19. Sección estratigráfica llanos orientales .....  | 66 |
| Figura 20. Mapa estructural al tope de la unidad areniscas basales con las 6 áreas discretizadas. ....                 | 73 |
| Figura 21. Sectorización esquemática de la acumulación área 5. ....  | 75 |
| Figura 22. Sección estructural área 5. ....  | 76 |
| Figura 23. Sección estructural área 5. ....  | 77 |
| Figura 24. Sección estructural clúster Ágata 3D. ....  | 81 |
| Figura 25. Identificación de las características petrofísicas, de cementación y completamiento del pozo Ágata 1D. .... | 83 |
| Figura 26. Identificación de las características petrofísicas, de cementación y completamiento del pozo Ágata 2D. .... | 84 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 27. Identificación de las características petrofísicas, de cementación y completamiento del pozo Ágata 3D.....    | 85  |
| Figura 28. Identificación de las características petrofísicas, de cementación y completamiento del pozo Ágata 4D.....    | 86  |
| Figura 29. Identificación de las características petrofísicas, de cementación y completamiento del pozo Ágata 5D.....    | 87  |
| Figura 30. Identificación de las características petrofísicas, de cementación y completamiento del pozo Ágata 006 .....  | 88  |
| Figura 31. Identificación de las características petrofísicas, de cementación y completamiento del pozo Ágata 7H.....    | 89  |
| Figura 32. Identificación de las características petrofísicas, de cementación y completamiento del pozo Ágata 8D.....    | 90  |
| Figura 33. Sección estructural clúster Ágata 9D .....  | 91  |
| Figura 34. Identificación de las características petrofísicas, de cementación y completamiento del pozo Ágata 9SDT ..... | 93  |
| Figura 36. Identificación de las características petrofísicas, de cementación y completamiento del pozo Ágata 12D.....   | 95  |
| Figura 37. Identificación de las características petrofísicas, de cementación y completamiento del pozo Ágata 13D.....   | 96  |
| Figura 38. Identificación de las características petrofísicas, de cementación y completamiento del pozo Ágata 14D.....   | 97  |
| Figura 39. Identificación de las características petrofísicas, de cementación y completamiento del pozo Ágata 17D.....   | 98  |
| Figura 40. Sección estructural clúster Ágata 10.....   | 99  |
| Figura 41. Identificación de las características petrofísicas, de cementación y completamiento del pozo Ágata 10ST.....  | 100 |
| Figura 42. Identificación de las características petrofísicas, de cementación y completamiento del pozo Ágata 16D.....   | 101 |

## LISTA DE GRÁFICAS

|  |     |
|--|-----|
| Gráfica 1. Producción diaria promedio 2010-2015 Campo Apolo..... | 78  |
| Gráfica 2. Producción neta mensual 2010-2015 Campo Apolo.....    | 78  |
| Gráfica 3. BPD vs SPM pozo Ágata 1D .....                        | 107 |
| Gráfica 4. %BSW vs SPM pozo Ágata 1D.....                        | 107 |
| Gráfica 5. BPD vs SPM pozo Ágata 2D .....                        | 108 |
| Gráfica 6. %BSW vs SPM pozo Ágata 2D.....                        | 109 |
| Gráfica 7. BPD vs SPM pozo Ágata 3D .....                        | 110 |
| Gráfica 8. %BSW vs SPM pozo Ágata 3D.....                        | 110 |
| Gráfica 9. BPD vs SPM pozo Ágata 4D. ....                        | 112 |
| Gráfica 10. %BSW vs SPM pozo Ágata 4D.....                       | 112 |
| Gráfica 11. BPD vs SPM pozo Ágata 5D .....                       | 113 |
| Gráfica 12. %BSW vs SPM pozo Ágata 5D.....                       | 113 |
| Gráfica 13. BPD vs SPM pozo Ágata 006. ....                      | 114 |
| Gráfica 14. %BSW vs SPM pozo Ágata 006. ....                     | 115 |
| Gráfico 15. BPD vs hz pozo Ágata 7H. ....                        | 116 |
| Gráfico 16. %BSW vs Hz pozo Ágata 7H.....                        | 116 |
| Gráfico 17. BPD vs Hz pozo Ágata 8D.....                         | 117 |
| Gráfica 18. %BSW vs Hz pozo Ágata 8D.....                        | 118 |
| Gráfica 19. BPD vs SPM pozo Ágata 9DST.....                      | 119 |
| Gráfica 20. %BSW vs SPM pozo Ágata 9DST .....                    | 120 |
| Gráfica 21. BPD vs SPM pozo Ágata 10ST .....                     | 121 |
| Gráfica 22. %BSW vs SPM pozo Ágata 10ST.....                     | 121 |
| Gráfica 23. BPD vs SPM pozo Ágata 11D. ....                      | 123 |
| Gráfica 24. %BSW vs SPM pozo Ágata 11D.....                      | 123 |
| Gráfica 25. BPD vs SPM pozo Ágata 12D. ....                      | 124 |
| Gráfica 26. BSW vs SPM pozo Ágata 12D.....                       | 125 |
| Gráfica 27. BPD vs SPM pozo Ágata 13D. ....                      | 126 |
| Gráfica 28. %BSW vs SPM pozo Ágata 13D.....                      | 126 |
| Gráfica 29. BPD vs SPM pozo Ágata 14D. ....                      | 128 |



|   |     |
|---|-----|
| Gráfica 30. %BSW vs SPM pozo Ágata 14D.....                       | 128 |
| Gráfica 31. BPD vs SPM pozo Ágata 16D. ....                       | 129 |
| Gráfica 32. %BSW vs SPM pozo Ágata 16D.....                       | 130 |
| Gráfica 33. BPD vs SPM pozo Ágata 17D. ....                       | 130 |
| Gráfica 34. %BSW vs SPM pozo Ágata 17D.....                       | 131 |
| Gráfica 35. Np clúster Ágata 3D.....                              | 132 |
| Gráfica 36. Np clúster Ágata 9D.....                              | 133 |
| Gráfica 37. Np clúster Ágata 10. ....                             | 133 |
| Gráfica 38. BOPD pozos sector Ágata. ....                         | 134 |
| Gráfica 39. Np pozos sector Ágata.....                            | 135 |
| Gráfica 40. Petróleo Producido Acumulado de los pozos Ágata. .... | 135 |
| Gráfica 41. WOR inicial y actual de los pozos sector Ágata.....   | 136 |
| Gráfica 42. Curva de declinación pozo Ágata 4D.....               | 145 |
| Gráfica 43. Curva de declinación pozo Ágata 5D.....               | 145 |
| Gráfica 44. Curva de declinación pozo Ágata 7H.....               | 146 |
| Gráfica 45. Curva de declinación pozo Ágata 8D.....               | 147 |
| Gráfica 46. Curva de declinación pozo Ágata 12D.....              | 148 |
| Gráfica 47. Curva de declinación pozo Ágata 13D.....              | 149 |
| Gráfica 48. Incremento de producción. ....                        | 160 |
| Gráfica 49. Tiempo de recuperación de la inversión. ....          | 161 |

## LISTA DE TABLAS

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 1. Densidades de matriz de litologías comunes usadas en la fórmula de densidad porosidad. ....          | 32  |
| Tabla 2. Clasificación de los yacimientos de hidrocarburo. ....   | 33  |
| Tabla 3. Propiedades del gas natural y el agua. ....  | 34  |
| Tabla 4. Propiedades del petróleo. ....   | 35  |
| Tabla 5. Características de yacimiento, producción y pozo para bombeo mecánico<br>.....                       | 42  |
| Tabla 6. Características de los fluidos producidos para bombeo mecánico .....                                 | 43  |
| Tabla 7. Características de las facilidades de superficie para bombeo mecánico.                               | 43  |
| Tabla 8. Características de yacimiento, producción y pozo para bombeo electrosumergible. ....                 | 46  |
| Tabla 9. Características de los fluidos producidos para bombeo electrosumergible.<br>.....                    | 47  |
| Tabla 10. Características de las facilidades de superficie para bombeo electrosumergible. ....                | 47  |
| Tabla 11. Características de yacimiento, producción y pozo para bombeo por cavidades progresivas.....         | 49  |
| Tabla 12. Características de las propiedades de los fluidos producidos para bombeo cavidades progresivas..... | 50  |
| Tabla 13. Características de las facilidades de superficie para bombeo cavidades progresivas.....             | 50  |
| Tabla 14. Pruebas de pozos.....   | 53  |
| Tabla 15. Características favorables y desfavorables según tipo de als. ....                                  | 57  |
| Tabla 16. Extensión de cada área.....   | 71  |
| Tabla 17. Profundidades promedio de cada área.....  | 72  |
| Tabla 18. Porosidad promedio por área. ....   | 72  |
| Tabla 19. Saturación inicial promedio por área. ....  | 72  |
| Tabla 20. Resumen de las características de las seis áreas discretizadas del campo. ....                      | 73  |
| Tabla 21. Pozos perforados hasta el WOC .....   | 102 |
| Tabla 22. Pozos no perforados hasta el WOC .....  | 103 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 23. Pozos considerados prospectivos teniendo en cuenta las características de yacimiento evaluadas..... | 105 |
| Tabla 24. Historia de producción de los pozos del sector Ágata.....   | 137 |
| Tabla 25. Resumen de producción con su diagnóstico de los 5 mejores pozos del sector. ....                    | 138 |
| Tabla 26. Condiciones óptimas de operación.....   | 140 |
| Tabla 27. Características generales según el tipo de sistema de levantamiento artificial. ....                | 141 |
| Tabla 28. Selección de pozos para rediseño.....   | 143 |
| Tabla 29. Ingresos y egresos asociados a la producción de fluidos de los pozos del sector. ....               | 151 |
| Tabla 30. Costos variables.....   | 151 |
| Tabla 31. Producción de aceite.....   | 152 |
| Tabla 32. Producción de agua.....   | 152 |
| Tabla 33. Indicadores económicos nivel Asociación. ....   | 152 |
| Tabla 34. Indicadores económicos nivel Pacific E&P.....   | 153 |
| Tabla 35. Ingresos y egresos asociados a la producción de fluidos de los pozos del sector. ....               | 153 |
| Tabla 36. Costos variables.....   | 154 |
| Tabla 37. Producción de aceite.....   | 155 |
| Tabla 38. Producción de agua.....   | 155 |
| Tabla 39. Indicadores económicos nivel asociación con línea de flujo.....                                     | 155 |
| Tabla 40. Indicadores económicos nivel pacific E&P con línea de flujo. ....                                   | 156 |
| Tabla 41. Indicadores económicos nivel Asociación con tractocamión.....                                       | 157 |
| Tabla 42. Indicadores económicos nivel pacific E&P con tractocamión.....                                      | 157 |
| Tabla 43. Rediseños propuestos.....   | 158 |
| Tabla 44. Precio del crudo asociado a la producción de fluido.....  | 159 |
| Tabla 45. Costos fijos.....   | 159 |
| Tabla 46. Costos variables.....   | 159 |
| Tabla 47. Incremento de producción mensual de aceite.....   | 159 |
| Tabla 48. Incremento de producción mensual de agua.....   | 160 |
| Tabla 49. Indicadores económicos rediseño pozo 4D.....  | 160 |
| Tabla 50. Incremento de producción mensual de aceite.....   | 161 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 51. Incremento de producción mensual de agua.....   | 161 |
| Tabla 52. Indicadores económicos rediseño pozo 5D.....    | 162 |
| Tabla 53. Incremento de producción mensual de aceite..... | 162 |
| Tabla 54. Incremento de producción mensual de agua.....   | 162 |
| Tabla 55. Indicadores económicos rediseño pozo 7H.....    | 162 |
| Tabla 56. Incremento de producción mensual de aceite..... | 163 |
| Tabla 57. Incremento de producción mensual de agua.....   | 163 |
| Tabla 58. Indicadores económicos rediseño pozo 8D.....    | 163 |
| Tabla 59. Incremento de producción mensual de aceite..... | 164 |
| Tabla 60. Incremento de producción mensual de agua.....   | 164 |
| Tabla 61. Indicadores económicos rediseño pozo 12D.....   | 164 |
| Tabla 62. Incremento de producción mensual de aceite..... | 165 |
| Tabla 63. Incremento de producción mensual de agua.....   | 165 |
| Tabla 64. Indicadores económicos rediseño pozo 13D.....   | 165 |

## LISTA DE ECUACIONES

|   |     |
|---|-----|
| Ecuación 1. Porosidad. ....                         | 22  |
| Ecuación 2. Porosidad total.....                    | 23  |
| Ecuación 3. Caudal. ....                            | 24  |
| Ecuación 4. Saturación de la fase x. ....           | 25  |
| Ecuación 5. Saturación. ....                        | 26  |
| Ecuación 6. Saturación de agua.....                 | 26  |
| Ecuación 7. Resistividad de la formación.....       | 28  |
| Ecuación 8. Saturación de agua.....                 | 29  |
| Ecuación 9. Densidad porosidad.....                 | 32  |
| Ecuación 10. Presión de fondo fluyente (Pwf).....   | 36  |
| Ecuación 11. Presión de fondo fluyente mínima. .... | 36  |
| Ecuación 12. Drawdown.....                          | 50  |
| Ecuación 13. Índice de productividad.....           | 51  |
| Ecuación 14. Flujo de caja. ....                    | 59  |
| Ecuación 15. Caudal. ....                           | 142 |
| Ecuación 16. Capacidad mensual de la bomba. ....    | 249 |

## LISTA DE ANEXOS

|   |     |
|---|-----|
| Anexo 1. Abreviaturas .....   | 175 |
| Anexo 2. Glosario.....  | 178 |
| Anexo 3. Análisis de parámetros petrofísicos de los pozos Ágata. ....   | 181 |
| Anexo 4. Análisis de parámetros de yacimientos de los pozos Ágata.....  | 182 |
| Anexo 5. Análisis de parámetros de sistemas de levantamiento artificial de los pozos Ágata. ....  | 185 |
| Anexo 6. Análisis de parámetros de optimización de los pozos Ágata.....   | 186 |
| Anexo 7. Data de producción por prueba del pozo Ágata 1D.....   | 187 |
| Anexo 8. Data de producción por prueba del pozo Ágata 2D. ....  | 193 |
| Anexo 9. Data de producción por prueba del pozo Ágata 3D.....   | 195 |
| Anexo 10. Data de producción por prueba del pozo Ágata 4D.....  | 201 |
| Anexo 11. Data de producción por prueba del pozo Ágata 5D.....  | 204 |
| Anexo 12. Data de producción por prueba del pozo Ágata 6D.....  | 207 |
| Anexo 13. Data de producción por prueba del pozo Ágata 7H.....  | 208 |
| Anexo 14. Data de producción por prueba del pozo Ágata 8D.....  | 210 |
| Anexo 15. Data de producción por prueba del pozo Ágata 9DST.....  | 211 |
| Anexo 16. Data de producción por prueba del pozo Ágata 10ST.....  | 215 |
| Anexo 17. Data de producción por prueba del pozo Ágata 11D.....   | 218 |
| Anexo 18. Data de producción por prueba del pozo Ágata 12D.....   | 221 |
| Anexo 19. Data de producción por prueba del pozo Ágata 13D.....   | 224 |
| Anexo 20. Data de producción por prueba del pozo Ágata 14D.....   | 227 |
| Anexo 21. Data de producción por prueba de pozo Ágata 16D. ....   | 230 |
| Anexo 22. Data de producción por prueba del pozo Ágata 17D.....   | 232 |
| Anexo 23. Gráficas de IP vs %DD e IP vs Pwf de los pozos Ágata. ....  | 234 |
| Anexo 24. Data de producción antes y después del rediseño.....  | 249 |
| Anexo 25. Gráficas de incrementos de la producción y tiempo de recuperación de la inversión de los pozos seleccionados para rediseño..... | 257 |

## INTRODUCCIÓN

“En Colombia se ha hecho cada vez más difícil encontrar yacimientos con grandes reservas, por lo que se hace importante obtener reservas adicionales de los campos existentes. Así como se habla de la ‘eficiencia energética’ como una nueva fuente de energía, el aumento de la productividad en los campos que ya se encuentran produciendo resultaría en un incremento real de las reservas”<sup>1</sup>.

El objetivo básico al aumentar la productividad de los pozos es lograr un incremento en la cantidad de hidrocarburos recuperables, con lo cual se extiende la vida útil del campo y se mejora la rentabilidad del mismo. En vista de que algunos pozos pertenecientes al campo Apolo tienen bajos niveles de producción con respecto a otros y ya que este campo tiene una infraestructura existente, no es necesario hacer grandes inversiones en sistemas de levantamiento, tratamiento y transporte que se necesitarían en nuevos desarrollos, o adelantar costosas campañas de perforación de nuevos pozos, lo cual justifica el análisis que se llevará a cabo.

Por tal razón, el presente proyecto se enfoca en la realización de una evaluación que integre características principales del yacimiento y de producción con el fin de optimizar la producción del sector Ágata perteneciente al Campo Apolo; este análisis incluye variables tales como, cementación, identificación de presencia de acuíferos activos, saturaciones presentes en la roca, caudales de aceite, agua y gas producidos, índice de productividad, entre otros; dicha optimización está basada en las condiciones actuales que presenta el bloque Ágata y tienen características tales que permiten llevar la producción a su potencial logrando así, predecir una producción a futuro y tomar medidas desde ahora.

Además, se efectúa una evaluación económica que permite analizar las condiciones presentes y futuras del sector y la viabilidad en términos de rentabilidad de los proyectos que se encuentran en ejecución y aquellos que se desean implementar.

---

<sup>1</sup> GIL, Edinson y CHAMORRO, Alexander. Técnicas recomendadas para el aumento de la producción en campos maduros. 2009.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Diagnosticar e identificar las variables que permitan optimizar la producción de los pozos del sector Ágata del campo Apolo basándose en estudios realizados por la compañía.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Identificar las características principales a nivel de yacimiento de los pozos Ágata-Campo Apolo.
2. Analizar el comportamiento de la producción de los pozos Ágata evaluando históricos de producción y curvas de producción a través del uso de modelos y/o herramientas que faciliten la interpretación de dicho comportamiento.
3. Evaluar la producción de los pozos desde el punto de vista de optimización (velocidades, frecuencias) y de los Sistemas de Levantamiento Artificial utilizados.
4. Realizar una evaluación económica de los pozos a condiciones actuales y a condiciones futuras con los resultados de producción predichos al llevarse a cabo la optimización.



## 1. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se abordarán los temas que fueron necesarios para la comprensión completa de la temática a trabajar en el proyecto. Los temas que se mencionaran son: principios básicos de petrofísica, ingeniería de yacimientos, Sistemas de Levantamiento Artificial, Ingeniería de Producción y principios básicos de economía.

### 1.1 PRINCIPIOS BÁSICOS DE PETROFÍSICA

#### 1.1.1 Porosidad ( $\Phi$ )

Es la medida del volumen de espacios porosos en la roca que tiene la capacidad de almacenar fluidos en cualquier condición. Se expresa por el porcentaje de volumen de poros respecto al volumen total de la roca (porosidad total o bruta). La porosidad total es considera como el volumen poroso del total de poros estén o no interconectados. La ecuación para determinar la porosidad es:

**Ecuación 1.** Porosidad.

$$\Phi = \frac{Vp}{Vt} = \frac{Vp}{Vg + Vp}$$

**Fuente.** Tesis. Modelamiento geoestadístico de los depósitos fluviales de la zona C-Formación Mugrosa en el área La Cira-Este del Campo La Cira.

Donde:

$\Phi$  = Porosidad.

$Vp$  = Volumen Poroso.

$Vt$  = Volumen Total.

$Vg$  = Volumen de granos.

La porosidad se mide en laboratorio sobre muestras de núcleos de pozos corazonados y esta medida se usa para calibrar los cálculos de porosidad hechos desde registros eléctricos. Sin embargo, no todo el espacio poroso está disponible para almacenar fluidos, por esta razón cuando se cuantifica volumen de fluidos móviles se trabaja con porosidad efectiva.

Dependiendo de cómo sea la comunicación de estos poros, la porosidad se puede clasificar de la siguiente manera:

- Interconectada o efectiva: La porosidad efectiva se refiere al porcentaje de poros interconectados mediante gargantas que permiten la circulación de fluidos (fluidos móviles).
- No interconectada o no efectiva. La porosidad no interconectada o no efectiva es aquella que representa la fracción del volumen total de la roca que está conformada por los espacios que pueden contener fluidos, pero no están comunicados entre sí (fluidos no móviles)<sup>2</sup>.
- La porosidad Total o absoluta se define como:

**Ecuación 2.** Porosidad total

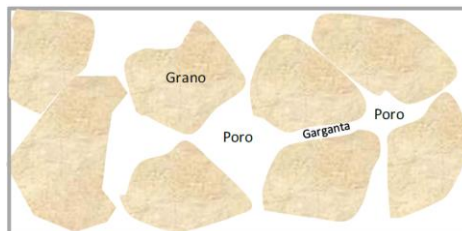
$$\phi_{Total} = \phi_{efectiva} + \phi_{no\ efectiva}$$

**Fuente.** Tesis. Modelamiento geoestadístico de los depósitos fluviales de la zona C-Formación Mugrosa en el área La Cira-Este del Campo La Cira.

### 1.1.2 Permeabilidad (K)

Se define como la capacidad que tiene una roca de permitir el flujo de fluidos a través de sus poros interconectados. El sistema poral efectivo está constituido por poros y espacios reducidos que conectan a los poros llamados gargantas (Ver Figura 1). La permeabilidad es una función directa del radio de la garganta que caracteriza la roca. Entre más grande y despejada la garganta mejor es el paso de los fluidos.

**Figura 1.** Esquema del sistema poral.



**Fuente.** Tesis. Modelamiento geoestadístico de los depósitos fluviales de la zona C-Formación Mugrosa en el área La Cira-Este del Campo La Cira.

<sup>2</sup> SUÁREZ ROJAS, César Augusto. Modelamiento geoestadístico de los depósitos fluviales de la zona C-Formación Mugrosa en el área La Cira-Este del Campo La Cira. Bucaramanga, Santander: Universidad Nacional de Colombia. 2011.

La permeabilidad está determinada por la ecuación que define la “Ley de Darcy”. La Figura 2 muestra una gráfica que esquematiza la “Ley de Darcy”. Darcy estableció que el caudal que atraviesa un medio poroso es proporcional al gradiente hidráulico y al área de flujo.

**Ecuación 3.** Caudal.

$$Q = \frac{k * \Delta P * A}{\mu * L}$$

**Fuente.** Tesis. Modelamiento geostadístico de los depósitos fluviales de la zona C-Formación Mugrosa en el área La Cira-Este del Campo La Cira.

Donde:

Q = flujo (CC/seg)

$\Delta P$  = Delta de presión (atm/cm)

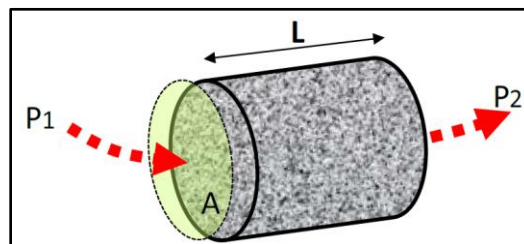
A = área (cm<sup>2</sup>)

$\mu$  = viscosidad (centipoise)

L = longitud (cm)

k = constante de proporcionalidad = permeabilidad (Darcies).

**Figura 2.** Esquema Ley de Darcy



**Fuente.** Tesis. Modelamiento geostadístico de los depósitos fluviales de la zona C-Formación Mugrosa en el área La Cira-Este del Campo La Cira.

La permeabilidad se mide en laboratorio sobre muestras de núcleos de pozos corazonados y esta medida se usa para calibrar los cálculos de permeabilidad hechos desde registros eléctricos.

### 1.1.3 Tensión superficial e interfacial

En las regiones limítrofes entre dos fluidos inmiscibles siempre existirá un desbalance de fuerzas moleculares en la interfase, cuyo resultado neto es una

tendencia a reducir el área de contacto. Cuando estos dos fluidos son líquido y gas, se utiliza el término tensión superficial para definir estas fuerzas; y, cuando son líquidos, se denomina tensión interfacial.

#### 1.1.4 Humectabilidad

Tendencia de un fluido a adherirse a una superficie sólida en presencia de otro fluido inmiscible, tratando de ocupar la mayor área de contacto posible.

#### 1.1.5 Compresibilidad de la roca (Cr)

La compresibilidad de cualquier material (sólido, líquido o gaseoso) para un intervalo de producción dado y a una temperatura dada es el cambio de volumen por unidad de volumen inicial, causado por una variación de presión que ocurre en el material en cuestión. Las compresibilidades típicas de las rocas reservorio se encuentran en el rango de 3 a 30 x 10<sup>-6</sup> psi<sup>-1</sup>.

#### 1.1.6 Presión Capilar

Cuando dos fluidos inmiscibles están en contacto existe una discontinuidad en la presión entre ellos que dependerá de la curvatura de la interfase que los separa. Esta diferencia de presión se denomina presión capilar<sup>3</sup>.

#### 1.1.7 Saturación de agua (Sw)

La saturación de un medio poroso con respecto a un fluido se define como la fracción del volumen poroso de una roca que está ocupada por dicho fluido.

**Ecuación 4.** Saturación de la fase x.

$$S_x = \frac{V_x}{V_T}$$

**Fuente.** Modelamiento geoestadístico de los depósitos fluviales de la zona C-Formación Mugrosa en el área La Cira-Este del Campo La Cira.

---

<sup>3</sup> PARIS DE FERRER, Magdalena. Fundamentos de Ingeniería de yacimientos. Maracaibo: Astro Data S.A. 2009.

Donde:

$S_x$  = Saturación de la fase X.

$V_x$  = Volumen que ocupa la fase X.

$V_T$  = Volumen poroso total de la roca.

La sumatoria de las saturaciones de todos los fluidos que se encuentran presentes en el espacio poroso de una roca, debe ser igual a 1. Si consideramos un medio poroso saturado por petróleo, agua y gas, entonces:

**Ecuación 5.** Saturación.

$$S_o + S_w + S_g = 1$$

**Fuente.** Modelamiento geoestadístico de los depósitos fluviales de la zona C-Formación Mugrosa en el área La Cira-Este del Campo La Cira.

Donde:

$S_o$  = Saturación de petróleo.

$S_w$  = Saturación de agua.

$S_g$  = Saturación de gas.

La determinación de la saturación de agua a partir de registros eléctricos en formaciones limpias con una porosidad intergranular homogénea está basada en la ecuación de saturación de Archie's:

**Ecuación 6.** Saturación de agua.

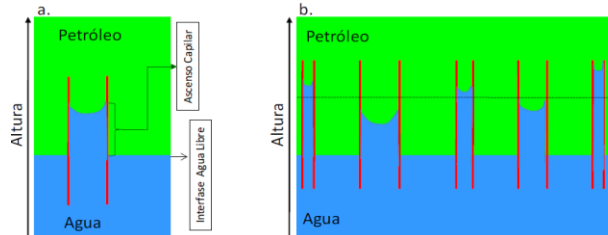
$$S_w = \sqrt[n]{\frac{a * R_w}{\phi^m * R_T}}$$

**Fuente.** Modelamiento geoestadístico de los depósitos fluviales de la zona C-Formación Mugrosa en el área La Cira-Este del Campo La Cira.

La Figura 3 muestra el fenómeno de introducción de un capilar en una interfase agua-petróleo, donde se genera el denominado ascenso capilar. En este diagrama se observa que por encima del nivel de agua libre (interfase plana entre el agua y el petróleo) en un nivel genérico (Z) existen capilares con agua y capilares con petróleo dependiendo del diámetro de los mismos y del nivel elegido. Las saturaciones residuales e irreducibles de los fluidos obtenidas durante las

mediciones de presión capilar se usan para estimar la cantidad de aceite recuperable y la saturación esperada de agua inicial, pues permiten definir los contactos de los fluidos y el nivel de agua libre (FWL).

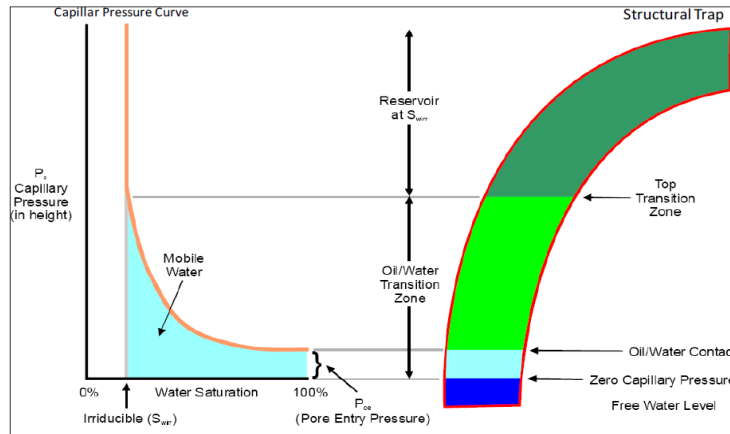
**Figura 3.** Ascenso capilar interfase agua-petróleo e idealización medio poroso heterogéneo.



**Fuente.** Modelamiento geostadístico de los depósitos fluviales de la zona C-Formación Mugrosa en el área La Cira-Este del Campo La Cira.

La figura 4 muestra un esquema donde se puede observar como la curva de presión capilar permite definir el contacto agua aceite, nivel de agua libre y la saturación de agua irreducible y saturación de agua en la zona de agua móvil en un yacimiento.

**Figura 4.** Definición de contacto agua aceite y nivel de agua libre.



**Fuente.** Modelamiento geostadístico de los depósitos fluviales de la zona C-Formación Mugrosa en el área La Cira-Este del Campo La Cira.

En el laboratorio la presión capilar ( $P_c$ ) es convertida desde presión a altura sobre el nivel cero (pies o metros). La saturación de agua irreducible ( $S_{wirr}$ ) se define como la saturación de agua que no puede ser reducida sin importar cuanto más aumente la presión capilar. La presión de entrada al poro ( $P_{ce}$ ) se define como la mínima presión requerida antes de que el aceite pueda comenzar a invadir la estructura porosa. Es importante definir también la zona de transición que

corresponde al intervalo del yacimiento sobre el cual tanto el aceite como el agua fluyen<sup>4</sup>.

## 1.2 REGISTROS UTILIZADOS PARA LA INTERPETRACIÓN PETROFÍSICA

Existen numerosos tipos de registros que permiten determinar características litológicas, de porosidad, de fluidos presentes en el yacimiento. A continuación se mencionan únicamente los registros utilizados en el presente proyecto para la interpretación petrofísica realizada.

### 1.2.1 Registros Resistivos

Un registro resistivo, es un registro eléctrico que puede ser usado para determinar resistividad, porosidad e hidrocarburos versus zonas con fluidos, y puede definir zonas permeables. Para deducir la resistividad de la formación en la zona no invadida, las medidas de resistividad se usan solas o en combinación. Debido a que la matriz de las rocas reservorio no es conductiva, la capacidad de la roca para transmitir corriente es principalmente una función del agua en los poros. Al igual que los hidrocarburos, la matriz de la roca, es no conductiva; así donde la saturación de hidrocarburos de los poros incrementa, disminuye la saturación de agua y por lo tanto la resistividad de la roca incrementa. La resistividad es medida en ohm-metros.

La resistividad puede ser usada por las herramientas de logging para detectar hidrocarburos y estimar la porosidad del reservorio.

Archie presento un experimento en el que la resistividad de una formación llena de agua ( $R_0$ ), con resistividad del agua  $R_w$ , pueden ser relacionadas por el factor de resistividad de formación:

**Ecuación 7.** Resistividad de la formación

$$R_o = F_x * R_w \text{ ó } F = \frac{R_o}{R_w}$$

**Fuente.** Tesis: Reinterpretación litológica a partir de registros de pozo, Cuenca Llanos.

---

<sup>4</sup> SUÁREZ ROJAS, César Augusto. Modelamiento geoestadístico de los depósitos fluviales de la zona C-Formación Mugrosa en el área La Cira-Este del Campo La Cira. Bucaramanga, Santander: Universidad Nacional de Colombia. 2011.

Donde:

$R_o$  = resistividad de formación llenada con agua (saturada 100% de agua),

$F$  = factor de resistividad de formación,

$R_w$  = resistividad del agua de formación.

Los registros de resistividad pueden ser usados para determinar la saturación de agua de de formación ( $S_w$ ) aplicando la ecuación de Archie:

**Ecuación 8.** Saturación de agua.

$$S_w = \frac{[(F * R_w)^{\frac{1}{n}}]}{R_t}$$

**Fuente.** Tesis: Reinterpretación litológica a partir de registros de pozo, Cuenca Llanos.

Donde:

$S_w$  = saturación de agua,

$F$  = factor de formación ( $1/\phi m$ ),

$m$  = factor de cementación,

$R_w$  = resistividad de agua de formación,

$R_t$  = resistividad verdadera de formación medida por un lector de resistividad profundidad.

$n$  = exponente de saturación ( $\sim 2$ ).

### 1.2.2 Potencial Espontáneo (SP)

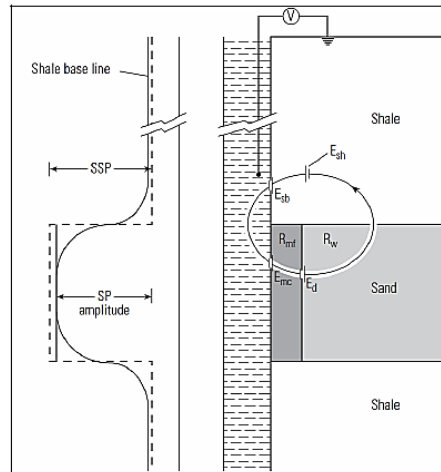
La ocurrencia natural del potencial eléctrico es observada en la superficie y subsuelo. Estos potenciales, usualmente llamados potencial espontaneo, han sido usados en exploración de minerales. Ellos son asociados con alteración de cuerpos minerales, variación de las propiedades de las rocas para determinar contactos geológicos. El valor medido, el cual es un gradiente potencial, varía con la profundidad.

Es un registro de la diferencia entre el potencial eléctrico natural de un electrodo móvil en el pozo y el potencial eléctrico de un electrodo fijo en la superficie medido en milivoltios. La curva del registro SP responderá manteniéndose como una línea



constante o deflectándose, la magnitud de la deflexión es debido a la diferencia de la resistividad entre el agua de formación ( $R_w$ ) y la resistividad del lodo filtrado ( $R_{mf}$ ) y no de la permeabilidad. La deflexión será a la izquierda (negativa) o a la derecha (positiva), fenómeno que depende fundamentalmente de la diferencia de salinidad entre el agua de formación y el filtrado.

**Figura 5.** Representación de potencial espontáneo en un pozo.



**Fuente.** Tesis: Reinterpretación litológica a partir de registros de pozo, Cuenca Llanos.

Como aplicaciones podemos tener la identificación de zonas permeables y porosas, determinación del valor de  $R_w$ , para determinar la arcillosidad de la formación y correlacionar las unidades litológicas.

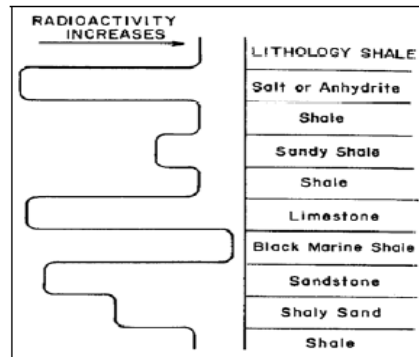
### 1.2.3 Registro Gamma Ray

El registro Gamma Ray GR, mide de manera continua la radioactividad natural de las formaciones penetradas por un pozo vs la profundidad. Todas las rocas tienen alguna radioactividad. La fuente más común de radioactividad es el K y los elementos radioactivos uranio y torio. El material original radioactivo es producido en rocas ígneas. Estas son posteriormente distribuidas por procesos de meteorización en formaciones sedimentarias durante la erosión, transporte y deposición. La figura 6 muestra un relativo grado de radioactividad de las rocas sedimentarias más comunes.

Las aplicaciones principales de este perfil son:

- Correlación,
- Determinar el contenido de arcillas de la formación,
- Análisis mineralógico.

**Figura 6.** Relativo grado de radioactividad de las rocas sedimentarias más comunes



**Fuente.** Tesis: Reinterpretación litológica a partir de registros de pozo, Cuenca Llanos.

El perfil GR puede correrse en huecos abiertos o entubados, ya sean vacíos o llenos de fluido de cualquier tipo. La curva de rayos gamma se presenta a escala lineal en el primer track y es usualmente corrido con registros de porosidad (densidad, neutrón y sónico). Las lecturas incrementaran la radioactividad hacia la derecha indicando la presencia de lutitas.

El perfil GR se mide en unidades API, generalmente, las arenas limpias y los carbonatos tienen niveles de radioactividad que varían entre 15 a 20 unidades API, mientras que en las lutitas la fluctuación es entre 120 y 140 unidades API.

#### 1.2.4 Registros de Porosidad

Los registros de porosidad incluyen el registro sónico, densidad y neutrón. El sónico registra la porosidad de la matriz, mientras los nucleares (densidad o neutrón) determinan la porosidad total.

#### 1.2.5 Registro de Densidad

Este registro es usado principalmente para determinar la porosidad de la formación, sin embargo, conjuntamente con otros perfiles se emplea también para

evaluar formaciones de litología compleja, evaluación de formaciones arcillosas, identificación de minerales y para detección de gas en los yacimientos.

La densidad aparente  $\rho_b$  está en función de la densidad de matriz, porosidad y densidad de fluido en los poros (lodo o hidrocarburos). Para determinar la densidad porosidad por cálculo, la densidad de la matriz y el tipo de fluido en el pozo deben ser conocidos (Ver Tabla 1), la fórmula para el cálculo de la densidad porosidad es:

**Ecuación 9.** Densidad porosidad

$$\phi_{den} = \frac{\rho_{ma} - \rho_b}{\rho_{ma} - \rho_f}$$

**Fuente.** Tesis: Reinterpretación litológica a partir de registros de pozo, Cuenca Llanos.

Donde:

$\phi_{den}$  = densidad porosidad calculada,  
 $\rho_{ma}$  = densidad de matriz,  
 $\rho_b$  = densidad aparente de formación,  
 $\rho_f$  = densidad de fluido (1.1 lodo, 0.7 gas).

**Tabla 1.** Densidades de matriz de litologías comunes usadas en la fórmula de densidad porosidad.

| Matriz    | $\rho_{ma}$ (g/cc) |
|-----------|--------------------|
| Arenisca  | 2.648              |
| Caliza    | 2.710              |
| Dolomita  | 2.876              |
| Anhidrita | 2.977              |
| Sal       | 2.0                |

**Fuente.** Tesis: Reinterpretación litológica a partir de registros de pozo, Cuenca Llanos.

### 1.3 YACIMIENTOS

Se entiende por yacimiento una unidad geológica de volumen limitado, poroso y permeable que contiene hidrocarburos en estado líquido y/o gaseoso. Los cinco ingredientes básicos que deben estar presentes para tener un yacimiento de

hidrocarburos son: (1) fuente, (2) Camino migratorio, (3) Trampa, (4) Almacenaje/porosidad, (5) Transmisibilidad/ Permeabilidad<sup>5</sup>.

### 1.3.1 Clasificación de los yacimientos de hidrocarburo

Tabla 2. Clasificación de los yacimientos de hidrocarburo.

| Clasificación Geológica   | Punto de burbuja  | Estado de los fluidos  | Mecanismos de producción  | Variaciones del volumen originalmente disponible   |
|---|---|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Estratigráficos.</li> <li>Estructurales.</li> <li>Combinados.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Subsaturados (<math>P_i &gt; P_b</math>)</li> <li>Saturados (<math>P_i &lt; P_b</math>)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>PETRÓLEO: Negro y volátil.</li> <li>GAS: Condensado, húmedo y seco.</li> <li>Asfáltenicos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Hidráulico.</li> <li>Gas en solución.</li> <li>Capa de gas.</li> <li>Expansión líquida y de roca.</li> <li>Gravedad o segregación</li> <li>Combinado.</li> <li>Yacimientos de gas: Depleción o expansión gaseosa.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Volumétrico: Cuando existe un acuífero adyacente al yacimiento. <ul style="list-style-type: none"> <li>No volumétrico: El volumen disponible a hidrocarburos se reduce por la intrusión de agua procedente de un acuífero aledaño.</li> </ul> </li> </ul> |

Fuente. Modificado de Fundamentos de Ingeniería de Yacimientos.

### 1.3.2 Presión estática ( $P_{ws}$ )

Esta presión es la que se encuentra en el yacimiento, antes de empezar la producción, que para un tiempo  $t_0$  es la presión inicial  $P_i$ , lo que implica que no hay movimiento de fluidos a través del medio poroso siendo esta una presión estática. Tras haber empezado la producción, la presión estática es la que se obtiene al cerrar el pozo y esperar un tiempo hasta que la presión se estabilice, una vez estabilizada la presión, se puede medir la presión estática para un tiempo  $t_1$ , posteriormente se puede volver a producir y realizar el mismo proceso para determinar la presión estática a un tiempo  $t_2$  y así sucesivamente hasta un tiempo  $t_n$ <sup>6</sup>.

<sup>5</sup> ESCOBAR MACUALO, Freddy Humberto. Fundamentos de Ingeniería de Yacimientos. Neiva: Universidad Surcolombiana. 2004.

<sup>6</sup> VELASCO MORALES, José Martín. Balance de materia dinámico. México D.F: Universidad Nacional Autónoma de México.

### 1.3.3 Propiedades de los fluidos

Tabla 3. Propiedades del gas natural y el agua

| GAS NATURAL   | AGUA   |
|---|--|
| <p><b>Gravedad específica de una mezcla de gases:</b> Se denota como <math>\gamma_g</math>. La gravedad específica de un gas, se define como la relación entre su densidad y la densidad de al aire.</p> <p><b>Propiedades críticas:</b> Es el conjunto de condiciones físicas de presión, temperatura y volumen, a las cuales la densidad y otras propiedades del líquido y gas se vuelven idénticas.</p> <p><b>Factor de compresibilidad del gas:</b> Valor numérico que representa la medida de la desviación del comportamiento ideal del gas.</p> <p><b>Factor volumétrico de formación del gas:</b> Se denota como <math>\beta_g</math>. Es un factor que relaciona el número de barriles de gas que se necesita en el yacimiento para producir un pie cúbico de gas a condiciones normales (pcn).</p> <p><b>Compresibilidad del gas:</b> Cambio fraccional en volumen cuando la presión es cambiada a temperatura constante.</p> | <p><b>Factor volumétrico del agua de formación (<math>\beta_w</math>):</b> Se define como el volumen que ocupa en el yacimiento la unidad volumétrica de agua en condiciones estándar más su gas en solución. Este factor depende de la presión y la temperatura, sus unidades son BY/BN.</p> <p><b>Densidad del agua:</b> Se expresa en masa por unidad de volumen; esto es, en lb/pie<sup>3</sup>.</p> <p><b>Compresibilidad del agua:</b> Esta propiedad es afectada con la presión, temperatura y solubilidad del gas en el agua pura, la cual a su vez es afectada por la salinidad.</p> <p><b>Gravedad específica del agua:</b> Relaciona la densidad de la salmuera con la densidad del agua pura, ambas tomadas a la misma presión y temperatura (usualmente presión atmosférica y 60°F).</p> <p><b>Viscosidad del agua:</b> Es una medida de la resistencia a fluir, disminuye al incrementar a la temperatura.</p> <p><b>Solubilidad del gas en el agua (<math>R_{sw}</math>):</b> La solubilidad del gas natural en agua, expresa los pies cúbicos de gas a 14.7 psi y 60°F (PCN) que pueden disolverse en un barril de agua a 60°F (BN).</p> |

Fuente. Modificado de Propiedades Físicas de los fluidos de yacimientos.

**Tabla 4.** Propiedades del petróleo.

| PETRÓLEO   |
|--|
| <p><b>Presión de burbuja:</b> Se denota como <math>P_b</math>. Es la presión a la cual la primera burbuja de gas comienza a liberarse del petróleo. También es llamada presión de saturación.</p>  |
| <p><b>Relación gas en solución-petróleo: Se denota como <math>R_s</math>.</b> Se define como la cantidad de gas medido a condiciones de superficie, que se disuelven en un barril de petróleo, también medido a condiciones de superficie.</p>   |
| <p><b>Factor de compresibilidad: Se denota como <math>C_o</math>.</b> Cuando la presión es mayor que la presión del punto de burbuja, el petróleo en el yacimiento tiene todo el gas en solución. Cuando se aplica presión en exceso a éste sistema, el líquido sufre una disminución no lineal en su volumen que depende de la temperatura y composición del petróleo. Esta pequeña variación en el volumen es lo que se conoce como factor de compresibilidad.</p> |
| <p><b>Factor volumétrico de formación:</b> Se denota como <math>\beta_t</math>. Es un factor que representa el volumen de petróleo en el yacimiento a determinada presión y temperatura de la unidad volumétrica de petróleo a condiciones normales más su gas disuelto.</p>   |
| <p><b>Viscosidad del petróleo:</b> Se denota como <math>\mu_o</math>. Se define como la medida de la resistencia del petróleo al flujo. Es usualmente medida en centipoises, cp.</p>   |
| <p><b>Gravedad del petróleo:</b> Masa por unidad de volumen de crudo a determinada temperatura y presión, generalmente se expresa en <math>\text{lb}/\text{pie}^3</math>.</p>  |
| <p><b>Gravedad específica:</b> Se define como la relación entre la densidad del petróleo y la densidad del agua, ambas medidas a <math>60^\circ\text{F}</math> y a presión atmosférica.</p>  |

**Fuente.** Modificado de Propiedades Físicas de los fluidos de yacimientos.

### 1.3.4 Presión de fondo fluyente ( $P_{wf}$ )

Esta es la presión leída en el fondo del pozo al nivel de la zona de los disparos, la cual es medida en el momento en que el pozo está produciendo. Esta presión puede ser medida mediante algún dispositivo medidor de presión, aunque en ocasiones no se cuenta con la herramienta necesaria para hacer tal medición, por lo que es necesario recurrir a otros métodos para determinar tal presión. Una alternativa para estimar dicha presión, es a través de correlaciones de flujo multifásico en tuberías, con las que se puede determinar la presión de fondo a partir de la presión medida en la cabeza del pozo, calculando las caídas de presión que se generan a lo largo del mismo<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> VELASCO MORALES, José Martín. Balance de materia dinámico. México D.F: Universidad Nacional Autónoma de México.

**Ecuación 10.** Presión de fondo fluyente (Pwf)

$$P_{wf} = PIP + (Prof. zona abierta - Prof. de la bomba) * \text{gradiente de presión}$$

**Fuente.** Análisis nodal y el flujo en un sistema de producción.

La presión de fondo fluyente mínima se calcula como sigue:

**Ecuación 11.** Presión de fondo fluyente mínima.

$$P_{wf_{mín}} = 0,052 * 8,33 * GE * (Prof. Zona abierta (TVD) - Nivel Fluido mín)$$

**Fuente.** META PETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Base de datos Campo Apolo. [Libro Excel].

Donde:

$PIP$  = Presión de entrada de la bomba.

$P_{wf_{mín}}$  = Presión Fluyente en el fondo del pozo mínima.

$GE$  = Gravedad específica del fluido.

### 1.3.4 Caída de presión (DD)

La disminución de presión, DD, del inglés Draw -Down representa el cambio de energía o presión que experimentan o impulsan fluidos desde la formación al fondo del pozo. Para una formación específica el caudal aumenta en la medida que se incrementa esta caída de presión y de igual forma disminuye hasta agotarse cuando este diferencial de presión baja hasta hacerse cero; por lo tanto:

Para una presión fluyente constante,  $P_{wf}$ , el caudal entregado por la formación disminuye cuando la presión del yacimiento disminuye debido al agotamiento natural de la formación con el tiempo de producción.

Para un tiempo definido o presión de formación constante, el caudal baja con el aumento de  $P_{wf}$  y en forma inversa aumenta cuando cae el valor de la presión

fluyente  $P_{wf}$ . Un gráfico de  $P_{wf}$  en función del caudal  $q_i$ , debe mostrar, entonces, una pendiente negativa<sup>8</sup>.

## **1.4 REGISTROS DE CEMENTACIÓN**

Los registros eléctricos de cementación para el campo Apolo estarán compuestos por: Registro sínico (CBL-VDL), y el registro ultrasónico (URS), acompañado por Gamma Ray, CCL.

### **1.4.1 Cement bolt log (CBL)**

Registro de atenuación de señales sínicas. El propósito principal de estas mediciones consiste en: Determinar la presencia o ausencia de cemento en el espacio anular entre el casing en el pozo y las formaciones circundantes; determinar si el cemento se ha adherido al casing.

#### **1.4.1.1 Principios**

- Una elevada amplitud indica que el casing puede vibrar con relativa libertad; por lo tanto, la adherencia o sostén no son buenos.
- Una amplitud baja indica que el casing está más confinado o adherido, lo que provoca la atenuación de la energía de la onda por parte de los medios circundantes.

### **1.4.2 Variable density log (VDL)**

Presentación de energía total (espectro sínico completo).

#### **1.4.2.1 Interpretación básica del VDL**

- Casing libre.
- Buen cemento.
- Adhesión Parcial.

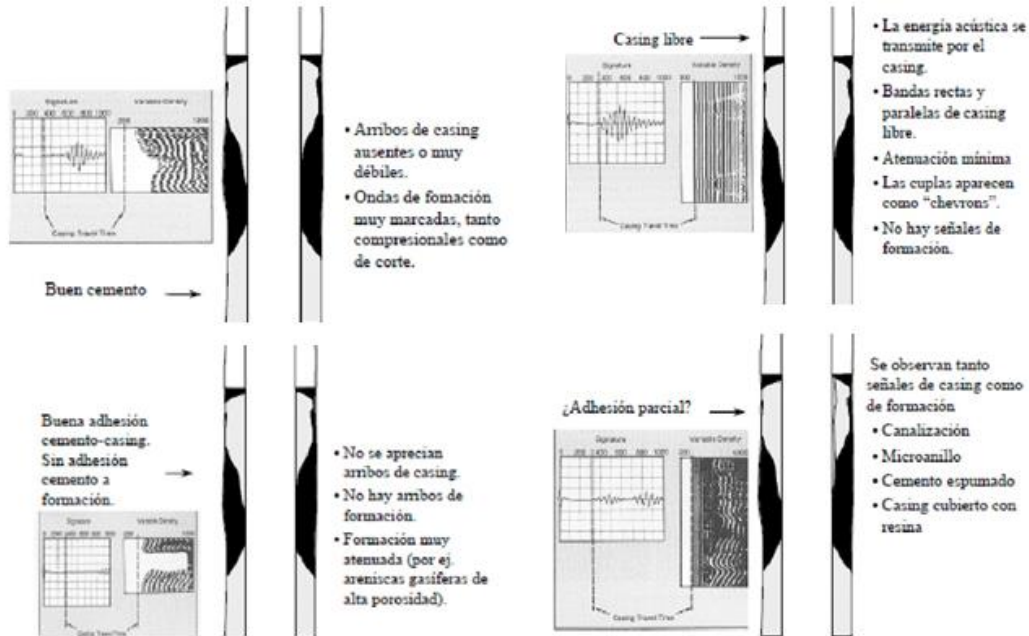
---

<sup>8</sup> RUÍZ SERNA, Marco Antonio. Análisis nodal y el flujo en un sistema de producción. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional. 1999.



- Falta de sello cemento-formación<sup>9</sup>.

**Figura 9.** Registros de cementación.



**Fuente.** Registros de Adherencia.

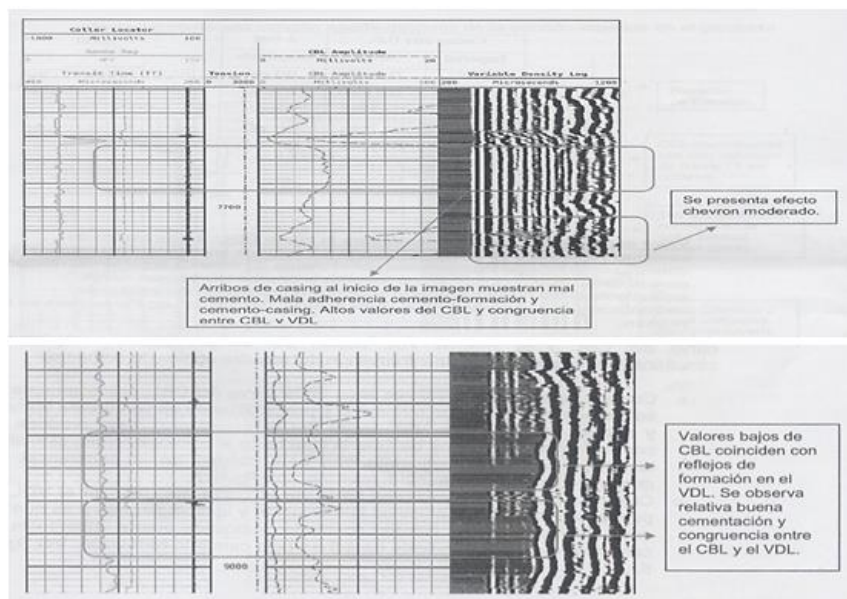
### 1.4.3 Congruencia de los resultados CBL y VDL

- Cuando se encuentran valores altos de la curva del CBL, prácticamente no se encuentran reflejos de formación y principalmente se ven barras blancas y negras en la imagen de VDL (ecos del revestimiento). Esto produce un comportamiento similar al de tubería libre tan al comienzo como al final de la imagen del VDL, indicando una baja calidad en la adherencia cemento-casing y/o cemento formación.
- Cuando se encuentran valores bajos en la curva CBL, en el VDL se pueden observar los reflejos de la formación y la litología, mientras que los ecos del revestimiento pierden contraste; indicando una buena adherencia cemento-revestidor e indicios de adherencia cemento-formación<sup>10</sup>.

<sup>9</sup> PALIZA ARAÚJO, Marco Antonio. Registros de Adherencia. [Presentación]

<sup>10</sup> MUÑOZ, Iván y CASTRO, Gabriel. Manual para control de calidad registros de cementación. Bogotá: Pacific Rubiales Energy. 2013.

**Figura 10.** Congruencia registros de cementación.



**Fuente.** Manual para control de calidad registros de cementación.

## 1.5 SISTEMAS DE LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL (ALS)

Algunos de los Sistemas de Levantamiento Artificial utilizados en la industria petrolera son Bombeo Mecánico (BM), Bombeo Electrosumergible (ESP), Bombeo por Cavidades Progresivas (PCP), Bombeo Neumático (Gas Lift) y Bombeo Hidráulico.

En esta sección serán descritas las principales características de los Sistemas de Levantamiento Artificial presentes en los pozos estudiados y los que fueron de interés para la realización del presente proyecto.

### 1.5.1 Unidades Hidráulicas de Bombeo Mecánico

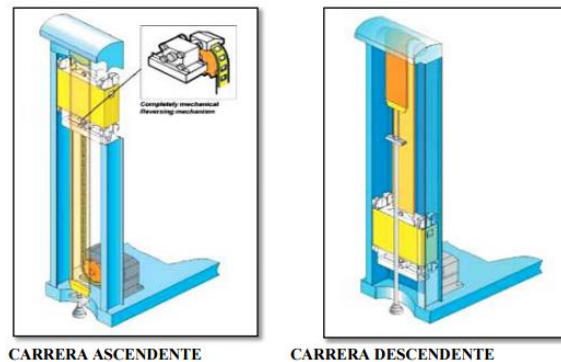
#### 1.5.1.1 Generalidades

Son unidades de bombeo de carrera larga diseñadas para ser usadas con bombas a pistón. Con la tecnología e innovaciones en su diseño permiten a ésta unidad de

bombeo ofrecer un bombeo eficiente y rentable en pozos profundos, complejos y de alto caudal.

Su larga carrera de hasta 30,5 pies posee la posibilidad de trabajar a muy bajos ciclos por minuto permiten un completo llenado de la bomba y una menor carga dinámica. En la Figura 11 se puede observar cómo se mueven las cargas en una unidad de este tipo.

**Figura 11.** Carrera Ascendente y Descendente de una Unidad Hidráulica de Bombeo Mecánico



**Fuente.** Tesis. Estudio y aplicación de un programa de optimización de la producción en sistemas de Bombeo Mecánico con balancín convencional y otras tecnología en pozos del oriente ecuatoriano.

### 1.5.1.2 Características Importantes de una Unidad Hidráulica de Bombeo Mecánico

Una de las características importantes de éste sistema de bombeo es su longitud de carrera y por lo tanto es mucho más eficiente en comparación con otras unidades de bombeo, debido a que una longitud de carrera más larga genera un mayor coeficiente de compresión en la bomba, minimizando así los problemas de bloqueo por gas. Los ahorros de los costos de energía de ésta unidad oscilan entre un 15 y un 25 por ciento.

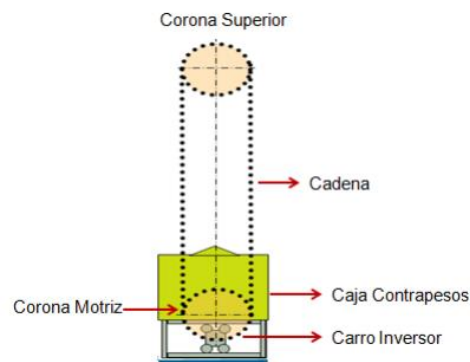
Otras características que destacan a ésta unidad:

- La velocidad constante y una menor cantidad de ciclos por minuto alargan la vida útil de la unidad de bombeo, de la bomba de fondo de pozo y de la sarta de varillas.

- La longitud de carrera da lugar a menos ciclos y movimientos de reversa, lo que otorga mayor eficiencia y confiabilidad en el sistema.
- Su larga carrera y la posibilidad de trabajar a muy bajos ciclos por minuto permiten un completo llenado de la bomba y una menor carga dinámica.
- Una longitud de carrera más larga genera un mayor coeficiente de compresión en la bomba, lo que minimiza los problemas de bloqueo por gas.
- La banda de carga para servicio pesado que conecta el sistema de potencia con la sarta de varillas de bombeo, actúa como amortiguador de choques, lo que reduce eficazmente la fatiga de todo el sistema, alargando su vida útil.
- El pequeño radio de la corona, reduce notablemente la demanda de torque necesaria y permite el uso de un motor y de un reductor de engranaje más pequeños, y por consiguiente son más económicos de operar.

### 1.5.1.3 Partes importantes de la Unidad

**Figura 12.** Partes importantes de la unidad de BM



**Fuente.** Tesis. Estudio y aplicación de un programa de optimización de la producción en sistemas de Bombeo Mecánico con balancín convencional y otras tecnología en pozos del oriente ecuatoriano.

### 1.5.1.4 Principales Aplicaciones de la Unidad

- Pozos de alto caudal y alta carga dinámica.
- Pozos desviados y horizontales.

- Pozos con alta frecuencia de intervención por problemas de fondo.
- Operaciones que requieren de ahorro de energía<sup>11</sup>.

**Tabla 5.** Características de yacimiento, producción y pozo para Bombeo Mecánico

| VARIABLE   | Rangos       |               |              |                     |                      |          |
|--|--------------|---------------|--------------|---------------------|----------------------|----------|
|  | No aplicable | Limitado      | Aceptable    | Bueno               | Excelente            | Óptimo   |
| Número de pozos  |              |               |              |                     | 1                    | >1       |
| Tasa de producción (BPD)                                     | <10000       | 4001 a 10000  | 1001 a 4000  | 1 a 10 y 501 a 1000 | 11 a 50 y 301 a 500  | 50 a 300 |
| Profundidad del pozo (ft)                                    | >14000       | 10001 a 14000 | 7001 a 10000 | 3001 a 7000         | 2501 a 3000q         | 1 a 2500 |
| Tamaño de casing (In ID)                                     | > 9 5/8      | 2 3/8 y 9 5/8 | 7            |                     | 5 1/2                | 4 1/2    |
| Grado de inclinación del pozo con respecto a la vertical (°) | >45          |               | 21 a 45      | 11 a 20             | 6 a 10               | 0 a 5    |
| Severidad Dogleg ft/100ft)                                   | > 20         | 11 a 20       | 6 a 10       |                     | 4 a 5                | 0 a 3    |
| Temperatura (°F)   | >600         | 551 a 600     | 401 a 550    | 251 a 400           | 151 a 250            | 1 a 150  |
| Presión de fondo fluyendo Pwf (psi)                          | >4000        | 501 a 4000    | 301 a 500    | 201 a 300           | 14 a 50 uy 101 a 200 | 51 a 100 |
| Tipo de completamiento                                       |              |               | Múltiple     |                     |                      | Simple   |
| Tipo de recobro  |              |               | Terciario    |                     | Secundario           | Primario |

**Fuente.** Modificado de Tesis. Evaluación técnica de las estrategias de levantamiento artificial implementada en campos maduros. Diseño de una herramienta software de selección.

### 1.5.2 Bombeo Electrosomergible (ESP)

El principio de este sistema de bombeo es la operación basada en la manipulación continua de una bomba centrífuga multi-etapa cuyos requerimientos de potencia son suministrados por un motor eléctrico de inducción, alimentado desde la superficie a través de un cable de potencia por una fuente de tensión primaria.

<sup>11</sup> ESTRADA BENALCÁZAR, Melina del Carmen. Estudio y aplicación de un programa de optimización de la producción en sistemas de Bombeo Mecánico con balancín convencional y otras tecnología en pozos del oriente ecuatoriano. Quito, Ecuador: Universidad Central de Ecuador. 2014.

**Tabla 6.** Características de los fluidos producidos para Bombeo Mecánico

| VARIABLE                             | Rangos       |             |             |                        |                         |                 |
|--------------------------------------|--------------|-------------|-------------|------------------------|-------------------------|-----------------|
|                                      | No aplicable | Limitado    | Aceptable   | Bueno                  | Excelente               | Óptimo          |
| Presencia de fluidos corrosivos      | Si           |             |             |                        |                         | No              |
| %BSW                                 | >95          | 61 a 95     | 46 a 60     | 26 a 45                | 16 a 25                 | 0.1 a 15        |
| Viscosidad del fluido producido (cp) | >7000        | 5001 a 7000 | 3001 a 5000 | 0.1 a 20 y 1001 a 3000 | 21 a 100 y 601 a 1000   | 101 a 500       |
| Presencia de contaminantes           |              | Severa      | Media       | Leve                   |                         | Nula            |
| Contenido de arena abrasiva (ppm)    | >1000        | 501 a 1000  | 201 a 500   | 51 a 200               | 11 a 50                 | 0 a 10          |
| GOR (scf/stb)                        | >700         | 401 a 700   | 301 a 400   | 201 a 300              | 101 a 200               | 0 a 100         |
| Tratamiento aplicado                 |              | Ácidos      |             |                        | Inhibidores y solventes | Sin tratamiento |

**Fuente.** Modificado de Tesis. Evaluación técnica de las estrategias de levantamiento artificial implementada en campos maduros. Diseño de una herramienta software de selección.

**Tabla 7.** Características de las facilidades de superficie para Bombeo Mecánico.

| VARIABLE          | Rangos       |          |           |          |           |          |
|-------------------|--------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
|                   | No aplicable | Limitado | Aceptable | Bueno    | Excelente | Óptimo   |
| Tipo de locación  |              |          | Remoto    |          | Offshore  | Onshore  |
| Energía eléctrica | Generada     |          |           |          |           | Comprada |
| Espacio           |              | Limitado |           | Standard |           | Amplio   |

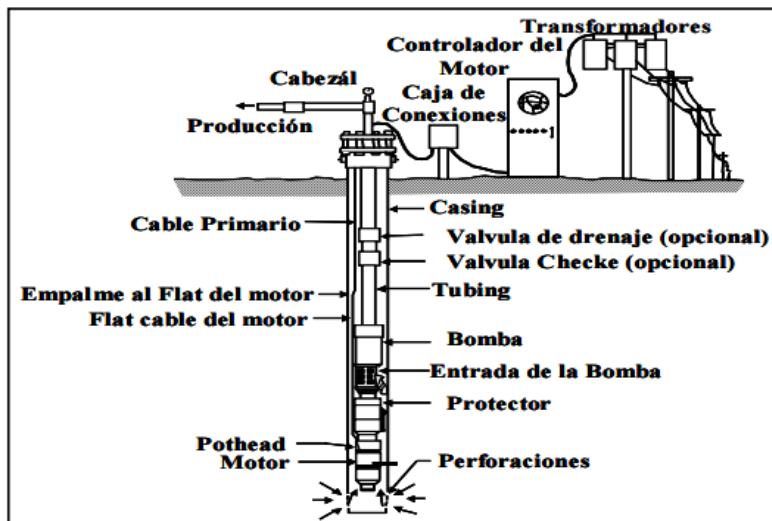
**Fuente.** Modificado de Tesis. Evaluación técnica de las estrategias de levantamiento artificial implementada en campos maduros. Diseño de una herramienta software de selección.

Una vez se transforma la tensión primaria la energía requerida es transmitida a través del cable de potencia hasta el motor de subsuelo desde el transformador. El motor genera la fuerza para que transmita a la bomba, compuesta por etapas cada una de las cuales consta de un impulsor que rota y difusor estacionario los cuales imparten un movimiento rotacional al líquido para llevarlo hasta superficie.

### 1.5.2.1 Equipo de superficie

- Ensamblaje de cabeza de pozo.
- Caja de empalme.
- Panel de controles.
- Transformador.
- Variador de frecuencia.
- Cable eléctrico.

Figura 13. Componentes del Sistema Electrosumergible.



Fuente. Proyecto de grado en la modalidad de práctica empresarial Bombeo Electrosumergible. Descripción, diseño y monitoreo. Schlumberger-WCP-Artificial Lift System.

### 1.5.2.2 Equipos de subsuelo

- Unidad de bombeo centrifugo.
- Camisa de la bomba.
- Separador de gas (opcional).
- Unidad sellante protectora del motor.
- Motor eléctrico.
- Herramienta de monitoreo de fondo (opcional).

### 1.5.2.3 Ventajas

- Permite el levantamiento de volúmenes extremadamente altos sin dificultad, y a bajo costo.
- Elevado aporte de energía al fluido.
- Presenta una alta eficiencia (70%).
- El sistema no se ve afectado por la desviación.
- Sistema fácil de controlar.
- No ocupa grandes espacios en superficie. Igualmente es aplicable a plataformas costa afuera.
- Permite una fácil aplicación de tratamientos contra la corrosión e inhibidores de escamas.
- Disponibilidad de unidades de diversos tamaños.

### 1.5.2.4 Desventajas

- Tolerancia limitada a la arena.
- Baja tolerancia a las altas relaciones Gas-liquido (sin separador).
- Se requiere de taladro o estructura en caso de falla.
- Posibles fallas eléctricas, principalmente asociadas al cable.
- El cable eléctrico puede ocasionar problemas con la tubería.
- Tolerancia limitada a las altas temperaturas.
- No aplicable a completamientos múltiples.
- Poco práctico en pozos someros.
- Solo es aplicable con energía eléctrica, y para tal caso, requiere de altos voltajes.
- Las unidades son costosas, para ser remplazadas a medida que el yacimiento declina.
- Presenta cierto grado de limitación por profundidad, debido a costos de cable y capacidad de la bomba<sup>12</sup>.

---

<sup>12</sup> PEÑA SUESCÚN, Fredy Alonso. Proyecto de grado en la modalidad de práctica empresarial Bombeo Electrosumergible. Descripción, diseño y monitoreo. Schlumberger-WCP-Artificial Lift System. Bucaramanga, Santander: Universidad Industrial de Santander. 2005.



**Tabla 8.** Características de yacimiento, producción y pozo para Bombeo Electrosumergible.

| VARIABLE   | Rangos        |               |                          |                            |                              |               |
|--|---------------|---------------|--------------------------|----------------------------|------------------------------|---------------|
|  | No aplicable  | Limitado      | Aceptable                | Bueno                      | Excelente                    | Óptimo        |
| Número de pozos  |               |               |                          |                            | 1                            | >1            |
| Tasa de producción (BPD)                                     | <100 Y >60000 | 100 a 200     | 201 a 300 y 5001 a 60000 | 301 a 1000 y 30001 a 50000 | 1001 a 10000 y 20001 a 30000 | 10001 a 20000 |
| Profundidad del pozo (ft)                                    | >15000        | 12501 a 15000 | 10001 a 12000            | 7501 a 10000               | 5001 a 7500                  | 1 a 5000      |
| Tamaño de casing (In ID)                                     | 2 3/8         | 4 1/2         |                          | 5 ½                        | 7                            | >7            |
| Grado de inclinación del pozo con respecto a la vertical (°) | >80           |               | 71 a 80                  | 41 a 70                    | 11 a 40                      | 0 a 10        |
| Severidad Dogleg ft/100ft)                                   |               |               | >10                      |                            | 4 a 10                       | 0 a 3         |
| Temperatura (°F)   | >450          | 351 a 450     | 326 a 350                | 251 a 325                  | 1 a 70 y 151 a 250           | 71 a 150      |
| Presión de fondo fluyendo Pwf (psi)                          |               |               |                          | 14 a 300                   | 301 a 500                    | >500          |
| Tipo de completamiento                                       | Múltiple      |               |                          |                            |                              | Simple        |
| Tipo de recobro  |               |               | Terciario                | Secundario                 |                              | Primario      |

**Fuente.** Modificado de Tesis. Evaluación técnica de las estrategias de levantamiento artificial implementada en campos maduros. Diseño de una herramienta software de selección.

### 1.5.3 Bombeo por cavidades progresivas (PCP)

El principio de las PCP principio está bien adecuado a los requerimientos de bombeo de los fluidos de un pozo. En el corazón de la PCP se encuentra el elemento de bombeo consistente de un rotor de acero endurecido, usualmente en forma de sección helicoidal circular simple y un estator con la forma interna de helicoidal doble, fabricado de elastómero resistente al desgaste insertado dentro de un tubo de acero aleado. Este último se selecciona de acuerdo al fluido del

pozo. Cuando el rotor es ubicado dentro del estator se forma una serie de cavidades selladas.

**Tabla 9.** Características de los fluidos producidos para Bombeo Electrosumergible.

| VARIABLE                             | Rangos       |             |                                      |            |           |                 |
|--------------------------------------|--------------|-------------|--------------------------------------|------------|-----------|-----------------|
|                                      | No aplicable | Limitado    | Aceptable                            | Bueno      | Excelente | Óptimo          |
| Presencia de fluidos corrosivos      |              |             | Si                                   |            |           | No              |
| %BSW                                 |              |             |                                      | 91 a 99.99 | 71 a 90   | 0.1 a 70        |
| Viscosidad del fluido producido (cp) | >5000        | 201 a 5000  | 101 a 200                            | 51 a 100   | 11 a 50   | 0.1 a 10        |
| Presencia de contaminantes           |              |             | Severa                               | Media      | Leve      | Nula            |
| Contenido de arena abrasiva (ppm)    | >200         | 101 a 200   | 51 a 100                             | 16 a 50    | 6 a 15    | 0 a 5           |
| GOR (scf/stb)                        | >5000        | 4001 a 5000 | 1501 a 4000                          | 501 a 1500 | 51 a 500  | 0 a 50          |
| Tratamiento aplicado                 |              |             | Ácidos<br>Inhibidores<br>y solventes |            |           | Sin tratamiento |

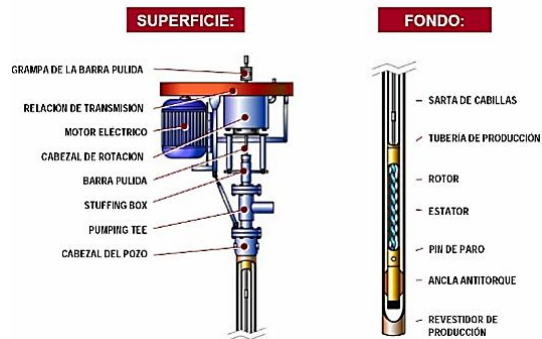
**Fuente.** Modificado de Tesis. Evaluación técnica de las estrategias de levantamiento artificial implementada en campos maduros. Diseño de una herramienta software de selección.

**Tabla 10.** Características de las facilidades de superficie para Bombeo Electrosumergible.

| VARIABLE          | Rangos       |          |           |          |           |          |
|-------------------|--------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
|                   | No aplicable | Limitado | Aceptable | Bueno    | Excelente | Óptimo   |
| Tipo de locación  |              |          |           | Remoto   | Offshore  | Onshore  |
| Energía eléctrica | Generada     |          |           |          |           | Comprada |
| Espacio           |              |          |           | Reducido | Amplio    | Standard |

**Fuente.** Modificado de Tesis. Evaluación técnica de las estrategias de levantamiento artificial implementada en campos maduros. Diseño de una herramienta software de selección.

**Figura 14.** Esquema sistema PCP.



**Fuente.** Optimización de la producción por sistema PCP en Campo Pacaya.

Cuando el rotor gira estas cavidades progresan desde la succión hasta la descarga, transportando de manera positiva el fluido del pozo por la columna de producción hasta la superficie sin pulsaciones. El caudal es directamente proporcional a la velocidad de rotación. Por ello la bomba puede ajustarse al influjo del pozo para una producción óptima.

El barrido constante de la línea de sellaje entre el estator y el rotor evita la acumulación de sólidos dentro de la bomba. El gas y los sólidos que entren a la bomba pueden pasar la bomba sin causar obstrucciones o bloqueos.

### 1.5.3.1 Equipo de Fondo

- Tubería de producción
- Sarta de Varillas
- Estator
- Rotor
- Niple de paro
- Niple intermedio
- Elastómeros

### 1.5.3.2 Equipo de Superficie

- Cabezal de rotación
- Motor
- Variadores de frecuencia
- Sistema de correas y poleas<sup>13</sup>

<sup>13</sup> MATOS GUTIERREZ, Jaime Aquiles. Optimización de la producción por sistema PCP en Campo Pacaya. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. 2009.

**Tabla 11.** Características de yacimiento, producción y pozo para Bombeo por Cavidades Progresivas

| VARIABLE   | Rangos        |             |             |                       |                          |             |
|--|---------------|-------------|-------------|-----------------------|--------------------------|-------------|
|  | No aplicable  | Limitado    | Aceptable   | Bueno                 | Excelente                | Óptimo      |
| Número de pozos  |               |             |             |                       | 1                        | >1          |
| Tasa de producción (BPD)                                     | 1 a 5 y >5500 | 4501 a 5500 | 3501 a 4500 | 6 a 100 y 2501 a 2500 | 101 a 1500 y 2001 a 2500 | 1501 a 2000 |
| Profundidad del pozo (ft)                                    | >9800         | 7501 a 9800 | 5001 a 7500 | 3501 a 5000           | 2501 a 3500              | 1 a 2500    |
| Tamaño de casing (In ID)                                     | > 9 5/8       | 9 5/8       | 7           |                       | 5 ½ y 2 3/8              | 4 1/2       |
| Grado de inclinación del pozo con respecto a la vertical (°) | 11 a 90       |             | 9 a 10      |                       | 4 a 8                    | 0 a 3       |
| Severidad Dogleg (ft/100ft)                                  | > 10          | 5 a 10      |             |                       | 3 a 4                    | 0 a 2       |
| Temperatura (°F)   | >350          | 281 a 350   |             | 251 a 280             | 1 a 70 y 151 a 250       | 71 a 150    |
| Presión de fondo fluyendo Pwf (psi)                          |               |             | 14 a 100    | 101 a 200             | 201 a 500 y >1000        | 500 a 1000  |
| Tipo de completamiento                                       |               |             | Múltiple    |                       |                          | Simple      |
| Tipo de recobro  |               |             | Terciario   |                       | Secundario               | Primario    |

**Fuente.** Modificado de Tesis. Evaluación técnica de las estrategias de levantamiento artificial implementada en campos maduros. Diseño de una herramienta software de selección.

## 1.6 INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN

### 1.6.1 Índice de Productividad

La presión de producción en el fondo del pozo, Pwf, se conoce como FBHP (flowing bottom hole pressure) y la diferencia entre ésta y la presión estática del pozo Ps se conoce como drawdown.

### Ecuación 12. Drawdown

$$Drawdown = \Delta P = P_s - P_{wf}$$

**Fuente.** Tesis. Evaluación técnica de las estrategias de levantamiento artificial implementada en campos maduros. Diseño de una herramienta software de selección.

**Tabla 12.** Características de las propiedades de los fluidos producidos para Bombeo Cavidades Progresivas

| VARIABLE                             | Rangos       |                         |                          |                          |             |                 |
|--------------------------------------|--------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|-----------------|
|                                      | No aplicable | Limitado                | Aceptable                | Bueno                    | Excelente   | Óptimo          |
| Presencia de fluidos corrosivos      |              | Si                      |                          |                          |             | No              |
| %BSW                                 | >90          | 56 a 90                 | 41 a 55                  | 16 a 40                  | 7 a 15      | 0.1 a 6         |
| Viscosidad del fluido producido (cp) | >12000       | 0 a 100 y 10001 a 12000 | 101 a 500 y 8001 a 10000 | 501 a 1000 y 6001 a 8000 | 1001 a 5000 | 5001 a 6000     |
| Presencia de contaminantes           |              |                         |                          | Severa                   | Media Leve  | Nula            |
| Contenido de arena abrasiva (ppm)    | >10000       | 8001 a 10000            | 501 a 8000               | 201 a 500                | 51 a 200    | 0 a 50          |
| GOR (scf/stb)                        | >500         | 301 a 500               |                          | 151 a 300                | 51 a 150    | 0 a 50          |
| Tratamiento aplicado                 | Solventes    | Ácidos                  | Inhibidores              |                          |             | Sin tratamiento |

**Fuente.** Modificado de Tesis. Evaluación técnica de las estrategias de levantamiento artificial implementada en campos maduros. Diseño de una herramienta software de selección.

**Tabla 13.** Características de las facilidades de superficie para Bombeo Cavidades Progresivas

| VARIABLE          | Rangos       |          |           |          |           |          |
|-------------------|--------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
|                   | No aplicable | Limitado | Aceptable | Bueno    | Excelente | Óptimo   |
| Tipo de locación  |              | Offshore |           | Remoto   |           | Onshore  |
| Energía eléctrica | Generada     |          |           |          | Comprada  |          |
| Espacio           |              |          |           | Reducido | Amplio    | Standard |

**Fuente.** Modificado de Tesis. Evaluación técnica de las estrategias de levantamiento artificial implementada en campos maduros. Diseño de una herramienta software de selección.

La relación entre la tasa de producción de un pozo y el drawdown para esta tasa en particular se denomina índice de productividad, IP que se simboliza con la letra J.

La capacidad de producción de un pozo está definida por el IP que es medido mediante de pruebas de producción del pozo. El pozo se cierra hasta  $P_{wf} = P_{ws}$ , luego se abre con  $Q$  cte hasta alcanzar  $P_{wf}$  estable. La presión de fondo debe registrarse permanentemente mientras el pozo fluya. Entonces se calcula IP:

**Ecuación 13.** Índice de productividad

$$IP = \frac{Q_t}{P_{ws} - P_{wf}}$$

**Fuente.** Tesis. Evaluación técnica de las estrategias de levantamiento artificial implementada en campos maduros. Diseño de una herramienta software de selección.

Donde:

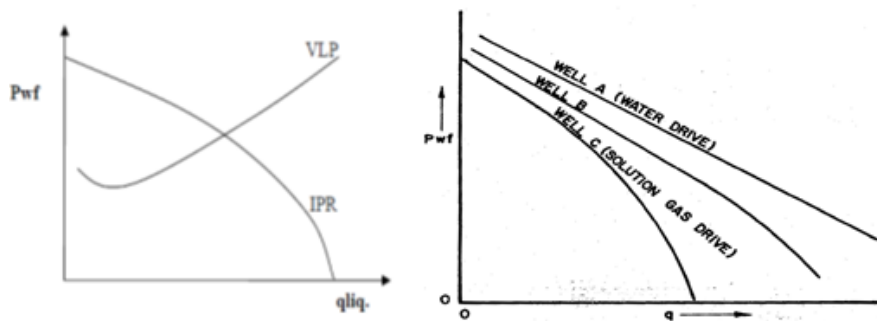
$Q_t$  : Caudal total.

$P_{ws}$  : Presión estática.

$P_{wf}$  : Presión de fondo.

### 1.6.2 Curvas de producción

**Figura 15.** Curvas de producción.



**Fuente.** Tesis. Evaluación técnica de las estrategias de levantamiento artificial implementada en campos maduros. Diseño de una herramienta software de selección.

### **1.6.3 Pruebas de pozo**

#### **1.6.3.1 Pruebas periódicas de producción**

Se utilizan para controlar y verificar las condiciones normales de flujo en pozos en cualquier etapa de producción. Para este efecto se programa para cada pozo períodos de control de flujo, a fin de detectar las variaciones que pueden presentarse en los valores del caudal y presión en boca de pozo e introducir los correctivos necesarios de acuerdo a los resultados que se obtengan con las operaciones de choqueo y estabilizar las presiones, los caudales y los parámetros relacionados con la RGP.

#### **1.6.3.2 Pruebas de presión de fondo**

Se practican después de largos períodos de explotación, puede ser cada 12 meses, 18 ó 24 meses y tiene como objetivo principal el de controlar después de cada período el grado de declinación de las presiones de pozo y sus efectos en los factores de recuperación.

En general mediante las pruebas de restitución se lleva el control de la vida del yacimiento y las arenas productoras mediante la confección de las curvas de declinación vs caudales de producción anual, para determinar en qué período el pozo va alcanzar el límite de su explotación por flujo natural y para ingresar a programar en unos casos los métodos artificiales y en otros casos la recuperación secundaria, que consiste en restaurar presiones mediante inyección de energías artificiales como la energía hidráulica o de gas por ejemplo, y restituir presiones para continuar con los sistemas de producción.

#### **1.6.3.3 Pruebas de productividad**

Su objetivo es realizar mediciones de parámetros relacionado con la identidad y la cantidad de fluidos moviéndose dentro de un pozo. Estas medidas se realizan en el fondo del pozo y en cada intervalo productor del mismo. Estos registros tienen como intención principal establecer el comportamiento o perfil de producción en un sistema pozo-yacimiento, mediante la adquisición de información que permita,

entre otras cosas, determinar las zonas de entrada de petróleo, gas o agua y cuantificar los caudales aportados por cada una de estas zonas<sup>14</sup>.

**Tabla 14.** Pruebas de pozos.

| POZO                | TIPO DE PRUEBA  | INFORMACIÓN QUE SE OBTIENE  |
|---------------------|---|---|
| <b>Exploratorio</b> | DST (Con taladro).<br>Muestreo.<br>Prueba sin taladro.<br>Probador de formación.                        | Presión<br>Muestra de fluido para análisis PVT.<br>Permeabilidad y daño.<br>Potencial del pozo e índice de productividad.                           |
| <b>Productor</b>    | Restauración, multitasa.<br>Interferencia.<br>Sensores de presión permanentes.<br>Gradiente de presión. | Permeabilidad y daño.<br>Presión actual y promedio.<br>Tipo de límites asociados con el área de drenaje.<br>Monitoreo continuo de presión de fondo. |
| <b>Inyector</b>     | Inyectividad.<br>Fall off.  | Índice de inyectividad por capa.<br>Presión actual de área de inyección.<br>Distancia al pozo frente del banco de agua.                             |

**Fuente.** Tipos de pruebas de pozos. [Presentación].

## 1.7 FACILIDADES DE PRODUCCIÓN

### 1.7.1 Definición de batería de producción

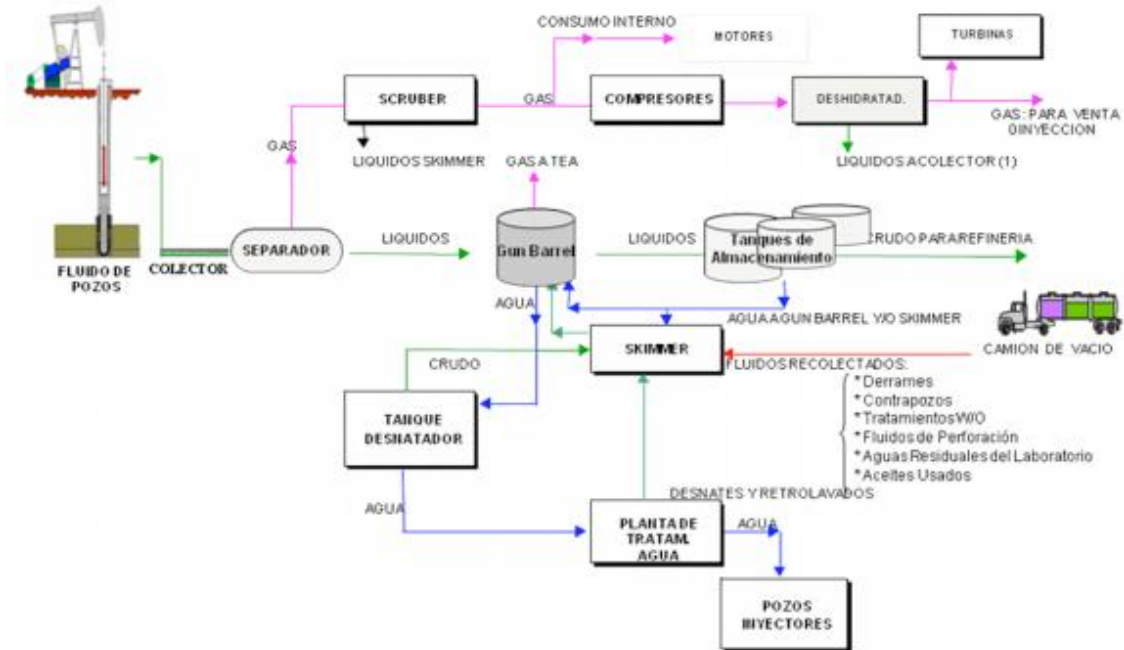
Es el conjunto de líneas, válvulas, vasijas, equipos y accesorios mediante los cuales se realiza el manejo de los fluidos provenientes de los pozos, efectuando la recolección, separación de las dos o tres fases, encausarlos al sitio de almacenamiento, medirlos y entregarlos al comprador, todo lo anterior debe realizarse con seguridad, sin alterar el equilibrio del medio ambiente y operacionalmente eficiente. Las baterías de producción son llamadas también facilidades de producción y/o estaciones de producción.

<sup>14</sup> OILANDGAS. Pruebas de Producción. www. Oilworld2008.blogspot.com.co. 2010.



## 1.7.2 Elementos de una batería de producción

Figura 16. Diagrama de flujo de una batería



Fuente. Facilidades de superficie.

- Sistema de Recolección
  - Múltiple de producción.
- Sistema de Separación
  - Separador de producción general.
  - Separador de prueba.
  - Scrubber
- Sistema de Tratamiento
  - Bombas de inyección de química.
  - Tratador térmico de producción general.
  - Tratador Electroestático.
  - Gun Barrel (Tanque de lavado).

- Sistema de almacenamiento
  - Tanques de almacenamiento de crudo.
- Sistema de Transferencia
  - Bomba de transferencia.
  - Unidad L.A.C.T.
- Sistema de Seguridad y Contraincendios
  - Muros de contención.
  - Extintores
  - Sistema de espuma
- Otras Facilidades
  - Caseta del operador.
  - Laboratorio.
  - Compresor de aire.
  - Skimmer (Desnatador)<sup>15</sup>.

## 1.8 OPTIMIZACIÓN

Existen varias opciones para aumentar la producción y por ende la recuperación de hidrocarburos, cada una con diferentes costos, grado de dificultad y tiempo de respuesta. Lo ideal es que se formen equipos de trabajo que evalúen cada una de ellas para luego compararlas y emprender la mejor acción.

Entre las principales alternativas están:

- **Mejorar el conocimiento del yacimiento.** Empleando técnicas como sísmica y perfilaje de pozos se puede tener una mejor idea de las características de la formación, por ejemplo, la presencia de heterogeneidades como la presencia de fallas, capas con diferente permeabilidad, etc. También, al tenerse una historia de producción y presiones se puede refinar el cálculo de las reservas originales de hidrocarburos usando balance de materiales, que además permite corroborar los

---

<sup>15</sup> ARANDA ARANDA, Ervin. Facilidades de superficie. Barrancabermeja: SENA y Ecopetrol. 2010.

mecanismos de producción asociados al yacimiento e identificar la presencia de acuíferos.

- **Perforar más pozos.** Al hacerse una revisión de datos geológicos y de producción se puede mejorar la descripción del yacimiento y así recomendar nuevos pozos en áreas antes ignoradas. Los nuevos pozos pueden incluso perforarse horizontalmente o con multi-laterales para drenar mejor el yacimiento y llegar hasta zonas aisladas.

- **Ejecutar proyectos de recuperación secundaria o terciaria:** en esta categoría se encuentran procesos como la inyección de fluidos (gas, agua, vapor, y CO<sub>2</sub>), de polímeros y la combustión in-situ, entre otras.

- **Mejorar la productividad de los pozos existentes.** Con el paso del tiempo la producción de cada pozo se puede ver disminuida por problemas mecánicos, depositación de escamas o parafinas, daño o skin en perforaciones y alrededores del pozo y por disminución en la eficiencia de métodos de levantamiento artificial por daños de equipos o aumentos en la producción de gas o de agua.

- **Instalar sistemas de levantamiento artificial.** Los principales métodos de levantamiento ayudan a mejorar la producción de dos formas: suministrando una energía extra en el fondo del pozo (por ejemplo, bombas BES) o disminuyendo la densidad del fluido a producir, por ejemplo, con inyección de gas, haciendo que una presión de fondo baja sea aun económica y operativamente apta para la producción.

- **Revisión del sistema de tuberías y equipos de superficie,** los cuales pueden estar restringiendo la producción si no están bien diseñados para los cambios que puedan presentarse.

Una forma rápida de lograr aumentos en la producción sin incurrir en inversiones iniciales muy altas es mejorando la producción en los pozos existentes y eliminando las restricciones al flujo que se puedan tener en la superficie. A continuación, se discuten estas dos opciones.

- **Análisis nodal:** Una de las mejores alternativas para incrementar la producción de los campos, por costo y tiempo de ejecución y respuesta, es asegurarse que los pozos estén operando a su máximo potencial. Una técnica reconocida y

confiable que ayuda en esta tarea es el análisis nodal, la cual es una herramienta muy flexible que permite analizar las condiciones en las cuales está operando un pozo, y luego evaluar diferentes alternativas para mejorar su productividad. También permite estimar algunos parámetros desconocidos del pozo (permeabilidad, factor de daño, presión de yacimiento, área de drenaje, etc.) al comparar y ajustar valores calculados de presión y caudal con valores medidos.

- **Modelamiento total del sistema:** Aunque el modelamiento individual es fundamental para optimizar cada pozo, es necesario también hacer un análisis global del sistema, analizando el flujo desde la formación hasta un punto de entrega, agrupando todos los pozos, líneas de superficie y equipos en la red.

El análisis de redes permite entonces encontrar cuellos de botella, mejorar condiciones de operación de equipos (separadores, compresores, bombas, etc.), y evaluar el impacto de cambios en la operación en los pozos como la presión y el caudal. Si se está pensando en aumentar la producción de los pozos, es importante verificar que las instalaciones de superficie sean adecuadas para manejar la nueva producción.

- **Levantamiento artificial:** La escogencia de un sistema en particular dependerá de condiciones de operación como el caudal, el corte de agua, la relación gas-líquido, la profundidad del pozo, etc., y de características de los fluidos, como la cantidad de CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S y la viscosidad<sup>16</sup>.

**Tabla 15.** Características favorables y desfavorables según tipo de ALS.

| PARÁMETROS                | BM | ESP | PCP |
|---------------------------|----|-----|-----|
| Producción                |    |     |     |
| Alto Caudal               | X  | ✓   | ✓   |
| Alto corte de agua        | ✓  | ✓   | ✓   |
| Alta relación gas-líquido | X  | ✓   | X   |
| Crudo pesado              | ✓  | X   | ✓   |
| Producción de arena       | X  | X   | ✓   |

**Fuente.** Modificado de Técnicas recomendadas para el aumento de la producción en campos maduros.

<sup>16</sup> GIL, Edinson y CHAMORRO, Alexander. Técnicas recomendadas para el aumento de la producción en campos maduros. 2009.

## 1.9 ANÁLISIS ECONÓMICOS

**Los resultados de las empresas dependen de las buenas decisiones.** La empresa representa el medio para hacer negocios y su fin deber ser la generación de valor para los accionistas, el estado y la sociedad a través de una actividad determinada; en nuestro caso, la exploración y explotación de hidrocarburo. Para que la empresa sea sostenible en el tiempo debe lograr el equilibrio entre sus ingresos y sus costos, considerando una dinámica adecuada entre los proveedores de bienes y servicios, los empleados y las comunidades, y el respeto al medio ambiente.

Cada proyecto requiere ser evaluado desde el punto de vista técnico, económico y de riesgo; la evaluación económica aplicada a las propuestas de inversión proporciona a los gerentes y directivos información útil para la toma de decisiones con mejor base, incrementando la certidumbre de los posibles resultados futuros y por ende contribuye a la sostenibilidad y crecimiento de la empresa. (Moix,2014, p.10)

### 1.9.1 Metodología para la evaluación de proyectos de petróleos

Todo negocio desarrolla diferentes procesos técnicos, operacionales, administrativos y comerciales, dirigidos a la generación de ingresos. Para realizar estos procesos es necesario incurrir en desembolsos para inversiones, costos y gastos.

La proyección de los resultados económicos de un proyecto se conoce como evaluación económica, y la metodología utilizada se conoce como **flujo de caja descontada**. Dicha metodología consiste en la elaboración de un modelo matemático-financiero para simular las variables económicas y financieras asociadas a la operación futura de un proyecto durante su tiempo de vida económica, para finalmente calcular el valor que genera a los accionistas, considerando el valor del dinero en el tiempo.

Este método relaciona los tres grupos de elementos básicos del negocio: la inversión, los ingresos y los costos y gastos, bajo ciertas condiciones financieras de costo de capital a fin de estimar el flujo de dinero o flujo de caja, que queda al final de cada período y entonces calcular su rendimiento económico bajo ciertas condiciones de riesgo.

### 1.9.1.1 Índices financieros

Son fórmulas matemáticas que permiten interpretar los resultados de la evaluación económica. El resultado de cada uno de ellos complementa la información del proyecto. Los mayormente utilizados son los siguientes:

- **Valor presente neto (VPN):** Ofrece información del monto de dinero a valor presente que rinde un negocio después de recuperar la inversión.
- **Tasa de interna de retorno:** Ofrece información sobre el rendimiento económico del proyecto expresado en valor porcentual.
- **Eficiencia de la inversión:** Es un indicador que calcula el VPN generado por cada unidad monetaria invertida.
- **Tiempo de pago:** Es un índice que calcula el período de tiempo en el cual se paga la inversión inicial.
- **Tiempo de pago dinámico:** Índice que corrige el tiempo de pago, utilizando los flujos de caja descontados.
- **Flujo de caja:** Resultado de la diferencia entre la cantidad de dinero que ingresa y egresa de las arcas del negocio para cada período de tiempo específico.

**Ecuación 14.** Flujo de caja.

$$\text{Flujo de caja} = \text{Ingresos} - \text{Egresos}$$

**Fuente.** Evaluación económica de proyectos petroleros.

### 1.9.2 Ingresos

Los ingresos de un negocio están determinados por el volumen de bienes o servicios a vender, multiplicado por su precio de venta. El volumen de ventas en la industria manufacturera está gobernado por su capacidad de producción instalada

y la demanda. En la industria petrolera se tiene una complicación adicional en la estimación del volumen a vender, dada por la incertidumbre geológica. En la medida que se obtiene mayor información del bloque o campo petrolero, se reducirá la incertidumbre y se podrán estimar con mayor certeza los riesgos del negocio.

Para estimar el volumen de ventas de hidrocarburos en el negocio de Exploración y Producción de Petróleo (E&P), es necesario delinear un plan de desarrollo que permita producir el crudo y/o gas del yacimiento mediante un programa de perforación de pozos durante el horizonte económico del proyecto. En consecuencia, la primera tarea consiste en estimar el volumen y tipo de petróleo que se encuentra en el yacimiento, la cantidad que se puede extraer y bajo cuales condiciones.

- **Producción neta:** Producción de hidrocarburo a la cual se le descuenta el consumo propio, el pago de regalías, participaciones adicionales de las entidades que otorgan los contratos y otras participaciones. El volumen de producción después de realizar todas esas distribuciones será la que genera los ingresos de la empresa.

- **Precio de venta del hidrocarburo:** El crudo es un commodity (bien transable mundialmente cuyas características son similares o comparables con un patrón de referencia) que se transporta y se transa a nivel mundial con facilidad. Existe la tendencia a equilibrar los precios del mercado mundial, ajustando los valores con los costos de transporte y ajustes relativos a la calidad y usando como referencia ciertos crudos llamados marcadores, siendo los mayormente utilizados el crudo West Texas Intermediate (WTI) y el Brent, para el gas el marcador de referencia es el Henry Hub. En el caso colombiano los precios de venta son relacionados a los crudos Castilla y Vasconia (a su vez correlacionados con los marcadores internacionales).

### 1.9.3 Egresos

Los egresos de la empresa tienen diferentes causas y son tratados contablemente de forma diferente. Cuando un egreso se destina a la compra de un equipo u otros bienes que pasan a formar parte de los activos de la empresa, se considera que contribuye al capital de la empresa. En el medio de la industria petrolera nos

referimos a este tipo de egreso como **CAPEX**, por su abreviatura en inglés Capital Expenses.

Cuando el egreso no es capitalizable, pero está directamente relacionado con la operación nos referimos a él como **OPEX**, por su abreviación en inglés de “Operational expenses”. El OPEX a su vez puede estar directamente relacionado a las unidades producidas y se clasifica como **Costo Variable**, y en caso de que se incurra en un OPEX independiente de las unidades producidas lo clasificamos como OPEX Fijo.

Adicionalmente la empresa requerirá incurrir en egresos para cubrir sus gastos administrativos y generales, tales como obligaciones bancarias, cumplir con los pagos relacionados con condiciones contractuales, y deberá pagar las contribuciones establecidas por el estado por la vía de **Regalías e impuestos**<sup>17</sup>.

---

<sup>17</sup> MOIX MUNTÓ, Rigoberto. Evaluación económica de proyectos petroleros. Bogotá: Hipergraph. 2014.



## 2. GENERALIDADES DEL CAMPO

En éste capítulo se puede encontrar la reseña histórica, ubicación geográfica, geología, geología estructural y geología del petróleo para Campo Apolo

### 2.1 RESEÑA HISTÓRICA

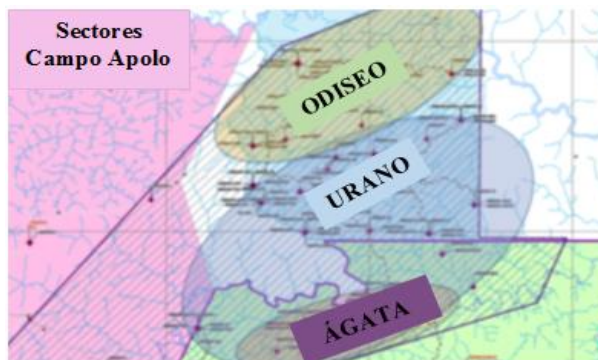
A partir del 15 de agosto de 2012, Pacific Exploration & Production recibió la aprobación del comité ejecutivo de la Asociación Cronos para comercializar una porción del bloque Cronos N. Esta área que cubre una extensión de 15.000 hectáreas se denominó Campo Apolo. Para el desarrollo inicial del campo se dispuso de la capacidad de tratamiento en las instalaciones de Cronos SO para manejar el volumen incremental producido por campo Apolo.

Durante el segundo trimestre de 2012 se perforó un total de nueve pozos de evaluación en el área Cronos N, obteniendo un resultado exitoso en todos, para dar arranque a las pruebas iniciales de producción del área.

En 2014 la actividad de exploración en el bloque Cronos incluyó 23 pozos productores para Apolo. La producción total bruta del campo fue de 4.041BOPD en el 4T14 y de 4.226 BOPD durante todo el año 2014.

Campo Apolo se encuentra subdividido en tres sectores (Ver Figura 17) denominados de la siguiente manera: Odiseo, Urano y Ágata.

**Figura 17.** Sectores Campo Apolo



**Fuente.** Análisis paramétrico del comportamiento pasado y futuro del Campo Apolo. META PETROLEUM CORP. PACIFIC E&P.

El Sector de interés en este caso, el Sector Ágata, consta de 3 clúster, el Clúster Ágata 3D, 9D y 10, en los cuales se cuenta con pozos de tipo vertical, desviado y horizontal. A la fecha se cuenta con un total perforado de 16 pozos que delimitan el área de exploración del sector Ágata.

El manejo de la producción en Campo Apolo se ha visto limitado desde sus inicios, debido a la logística de transporte que requiere el campo por la limitante de restricción en el licenciamiento ambiental que no permitió realizar el tendido de líneas de flujo. Durante el desarrollo de áreas como Odiseo y Urano, se instalaron diferentes sistemas de levantamiento entre ellos Bombas Electrosumergibles y de Cavidades Progresivas. Sin embargo, los diseños iniciales de las mismas contemplaron en su momento llegar a producir pozos con 8K BFPD. Teniendo en cuenta que la fase inicial de explotación del campo se realizó a tanques ubicados en cada una de las plataformas, los pozos nunca llegaron a ser evaluados a su potencial debido a limitación por almacenamiento en tanques y logística de transporte.

Es por tal motivo que para el desarrollo del área Ágata, se decide instalar sistema de levantamiento Bombeo Mecánico, que permitió en su momento manejar caudales máximos de 700 BFPD y que permitió optimizar los pozos de una manera diferente a las experiencias obtenidas en Odiseo y Urano.

A la fecha (31/03/2015) se han perforado 101 pozos en Campo Apolo, de los cuales 41 se encuentran activos, 54 inactivos y 6 fueron abandonados; 30 pozos con sistema de levantamiento Bombeo Mecánico, 14 pozos con PCP y 56 pozos con Bombeo Electrosumergible. En el sector Ágata se encuentran perforados 16 pozos, 1 vertical, 1 horizontal y 14 desviados, a la fecha se encuentran 14 pozos activos. En estos pozos se tienen instalados 14 Unidades Hidráulicas de Bombeo Mecánico y 2 Bombas Electrosumergibles.

## **2.2 CARACTERIZACIÓN DE LA GEOLOGÍA**

### **2.2.1 Caracterización general**

Geológicamente, Campo Apolo se encuentra ubicado en una porción de cuenca antepaís, donde algunos sedimentos Paleógenos y Neógenos están descansando sobre rocas Precámbricas y Paleozoicas del escudo de Guayana.

La Cuenca de los Llanos Orientales presenta un desarrollo correspondiente a una megasecuencia de *Synrift*, relacionada con la separación del norte y el sur de América en el Protocaribe.

### **2.2.2 Estratigrafía**

La Cuenca de los Llanos Orientales se extiende desde el cabalgamiento frontal de la Cordillera Oriental de Colombia, al oeste, hasta los afloramientos precámbricos del Escudo Guayanés (río Orinoco-Guaviare) al este. Se trata de una cuenca asimétrica constituida por sedimentos Cretáceos y Terciarios que descansan discordantemente sobre el Paleozoico y el Basamento.

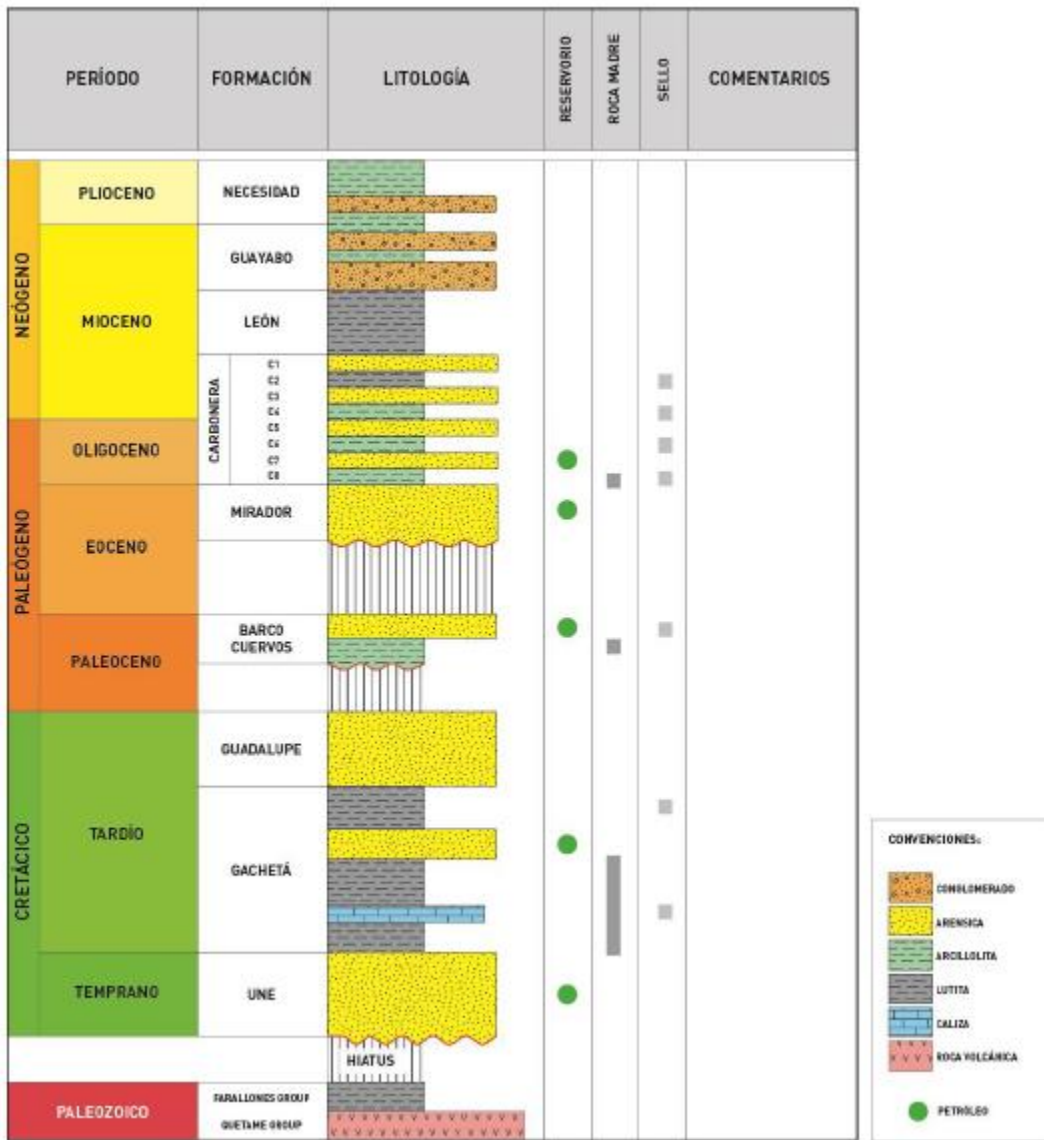
La secuencia sedimentaria de edad Paleozoica-Pleistoceno sobrepasa los 25000 pies en las proximidades de la Cordillera Oriental y disminuye progresivamente en dirección este-sureste, donde alcanza aproximadamente de 2000 a 3000 pies.

La secuencia estratigráfica en la cuenca está constituida por rocas que van desde el Precámbrico, pasando por el Paleozoico Inferior, Cretácico y Terciario (Formaciones Carbonera y León, Guayabo y Necesidad) separadas por discordancias regionales.

En el área del Bloque Apolo, la secuencia estratigráfica está constituida por rocas del Paleozoico, en contacto discordante con rocas del Terciario.

Una de las formaciones encontradas en el bloque es la Formación Carbonera. El nombre de esta formación procede de la quebrada La Carbonera, en el flanco Oriental del Anticlinal Petrólea de la Concesión Barco. Consiste en una serie gruesa de arcillolita gris a gris verdosa, marrón y areniscas asociadas con carbones, en la parte superior inferior. En la región de Táchira Occidental, en Venezuela, esta Unidad es descrita por Trump y como “una secuencia alternante de areniscas, limonitas, lutitas y carbones”. La arenisca es más frecuente en la parte inferior de la sección y las capas son más masivas que en la parte superior. Las secciones de la Formación Carbonera en la Concesión Barco y en Táchira Occidental, presentan un espesor que varía entre 410-560 m. Los contactos son graduales en el tope con la Formación León y en la base con la Formación Mirador. La amplia distribución de mantos de carbón y de fósiles vegetales indica un ambiente de sedimentación continental a parálisis. La edad de esta formación se puede ubicar entre el Terciario Inferior y el Oligoceno.

**Figura 18.** Columna Estratigráfica Generalizada para los Llanos Orientales.



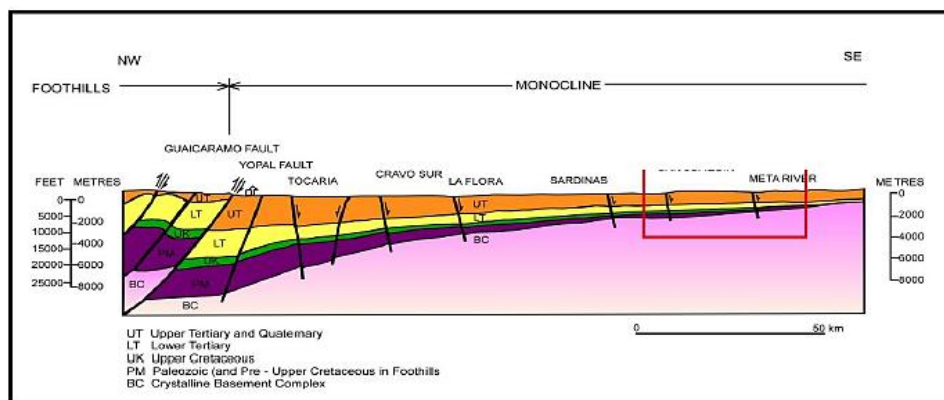
**Fuente.** Análisis paramétrico del comportamiento pasado y futuro del Campo Apolo. META PETROLEUM CORP. PACIFIC E&P.

En el Bloque Apolo la Formación Carbonera presenta una secuencia incompleta, debido al acuñamiento de las diferentes unidades sobre el basamento pre-Terciario (Figura 18). Las unidades presentes en el área y de interés por su posible contenido son:

- **Formación Carbonera: Unidad de Areniscas Basales**

La Unidad Areniscas Basales de la Formación Carbonera constituye el reservorio productor de interés en el área. Está compuesta por cuarzo-arenitas, arenitas subarcóicas, gris claras, de grano fino a grueso, regularmente seleccionadas, disgregables, con porosidades que varían entre 29 y 33% y permeabilidades del orden de 5 a 10 Darcys. Dichas areniscas están constituidas principalmente por cuarzo monocristalino y en menor proporción cuarzo policristalino y feldespato potásico. El espesor varía entre 180 y 200 pies. El contacto inferior con el Paleozoico es discordante y gradual hacia el techo con la unidad de Arenas Intermedias de la Formación Carbonera.

**Figura 19.** Sección Estratigráfica Llanos Orientales



**Fuente.** Análisis paramétrico del comportamiento pasado y futuro del Campo Apolo. META PETROLEUM CORP. PACIFIC E&P.

Esta Unidad es estratigráficamente compleja, debido a estar caracterizada por un sistema depositacional de tipo fluvial. La interpretación ambiental sugiere depósitos fluviales trenzados, con canales de baja sinuosidad. Las curvas de perfiles y la descripción de corazones disponibles soportan la interpretación que indica el ambiente de sedimentación correspondiente a un dominio fluvial de poca preservación de depósitos de inundación.

Los análisis más recientes de corazones presentan asociaciones palinológicas que dan un rango general posible de edad entre el Eoceno Tardío y el Oligoceno Temprano, no quedando descartado que la parte inferior de esta unidad podría pertenecer al Eoceno Tardío (subzona de *Echitrisporites trianguliformis*).

- **Formación Carbonera: Unidad “Carbonera Intermedio”**

Esta secuencia estratigráfica, la cual suprayace a la Unidad de Areniscas Basales e infrayace a la Unidad C-2 de Carbonera, se denomina operacionalmente como Unidad Carbonera Intermedio de la Formación Carbonera. Dicho intervalo está constituido por una serie de intercalaciones de arenisca gris clara, de grano fino a medio, regularmente seleccionado, friable y arcillolitas gris verdosas, subfísiles, moderadamente compactas. Localmente ocurren delgadas capas de carbón. El espesor oscila entre los 360 y 415 pies. Los contactos, inferior con las areniscas basales y superior con la unidad C-2, son gradacionales. Análisis palinológicos indican una edad Oligoceno (zona de *Cicatricosisporitis dorogensis*)-Mioceno Inferior (zona de *Magnastriatites grandiosus*, *Retitricolporites elegans*) y un ambiente costanero bajo para esta unidad.

- **Formación Carbonera: Unidad C-2**

Suprayace a la Unidad Carbonera Intermedio e infrayace a la Unidad Carbonera C-1. Está compuesta por lutita gris verdoso, fisil, laminar, astilloso moderadamente compacto, lustre ceroso localmente con inclusiones de pirita. El espesor varía entre los 100 y 110 pies. Los contactos inferior y superior de esta unidad son gradacionales. Las asociaciones de microfauna (foraminíferos bentónicos) y microflora (polen, esporas y dinoflagelados) indican una edad Mioceno Temprano y un ambiente de depositación marino somero.

- **Formación Carbonera Unidad C-1**

Esta unidad corresponde al tope de la Formación Carbonera y está constituida por areniscas gris claras, blancas, de grano fino a grueso, sub-angular sub-redondeado regularmente seleccionadas, friables, con intercalaciones delgadas de lutitas gris verdosas claro, astilloso. El espesor está en el orden de los 70 y 80 pies. Los contactos, tanto inferior como superior con C-2 y con la Formación León, son gradacionales. Palinológicamente se determinó que estos sedimentos se depositaron durante el Mioceno Temprano en un ambiente costanero bajo.

- **Formación León**

La sedimentación de la parte superior de la Formación Carbonera fue seguida de una transgresión marina que depositó una secuencia gruesa de lutitas sobre toda la cuenca de los Llanos que se denomina Formación León. Dicha formación en el

área, está compuesta por una secuencia monótona de lutita (“*shale*”) gris verdoso, físil, laminar, astillosa, moderadamente compacta. El espesor oscila entre los 550 y 580 pies. El contacto con la Formación Guayabo (que la suprayace) es transicional. Las asociaciones de microfauna y microflora permiten indicar que estos sedimentos se depositaron durante el Mioceno Medio (zona de *Crassoretitietes vanaadshooveni*) en un ambiente marino somero.

- **Formación Guayabo**

Luego de la depositación de las lutitas de la Formación León, se presentan movimientos orogénicos que generan un retiro de los mares de la cuenca de Los Llanos e inician el levantamiento de la Cordillera Oriental; al mismo tiempo que se depositó una gruesa sección de sedimentos en toda la cuenca, la cual se conoce como Formación Guayabo.

En la región, la Formación Guayabo presenta una parte superior constituida en su mayoría por areniscas de grano medio a grueso de color gris, carmeli claro, regularmente seleccionada, friables, con delgadas intercalaciones de arcillolitas y limolitas moteadas. Asociaciones palinológicas indican una edad Mioceno Tardío (zona *Bombacacidites ciriloencis*), y un ambiente continental para esta parte de la formación. La parte inferior es predominantemente arcillosa y está constituida por arcillolitas y limolitas abigarradas, con intercalaciones de areniscas y carbones. Estudios palinológicos sugieren una edad Mioceno Tardío (zona de *Crassoretitilettes vanraadshooveni*) y un ambiente de depósito de aguas salobres para esta parte del Guayabo. El espesor de la formación en el área está entre los 1100 y 1300 pies.

### **2.2.3 Roca generadora**

La roca generadora del petróleo almacenado en la cuenca de los Llanos Orientales se ha atribuido a la Formación Gachetá, de origen marino y edad Cretácico Tardío, la misma se encuentra al occidente, en el área del Piedemonte Llanero, donde alcanzó el enterramiento y madurez térmica necesaria para la generación y expulsión de hidrocarburos. El área del Piedemonte Llanero se constituye en el principal sitio de generación de los hidrocarburos de la cuenca. Análisis geoquímicos del aceite del Campo Rubiales, que se encuentra adyacente, indican que la roca generadora de estos hidrocarburos es la Formación Gachetá.

#### **2.2.4 Migración y entrapamiento**

El petróleo atrapado en la parte central y oriental de la Cuenca de los Llanos migró desde el Piedemonte al sitio de acumulación. El hidrocarburo migró lateralmente siguiendo el buzamiento regional, hasta alcanzar las condiciones estructurales y/o estratigráficas adecuadas para la acumulación. El petróleo de los Llanos representa dos fases de migración. La primera durante el Oligoceno-Mioceno Tardío y la segunda durante el Mioceno Tardío-Plioceno. Se interpreta que los hidrocarburos del Campo Apolo migraron desde el occidente hasta encontrar el *pinch-out* de las Areniscas Basales de la Formación Carbonera contra el Basamento Preterciario.

#### **2.2.5 Reservorios o trampas**

En la Cuenca de los Llanos se tienen varias formaciones que actúan como reservorios o trampas de hidrocarburos; entre ellas están las formaciones del Cretácico Superior (Gachetá y Guadalupe) y Terciario (Barco-Los Cuervos, Mirador y Carbonera). En el Bloque Apolo el reservorio lo constituye la parte superior de las Areniscas Basales de la Formación Carbonera, con porosidades entre el 25 y 32% y permeabilidades del orden de 5 a 10 Darcy. El espesor total de dicha unidad en el campo varía entre 150 y 300 pies.

#### **2.2.6 Roca sello vertical y sello lateral**

En el Bloque Apolo el principal sello vertical para la acumulación de hidrocarburos en las Areniscas Basales de la Formación Carbonera, está constituido por un sello intra-formacional y también asociado a la serie lutítica denominada C4 de la Unidad Carbonera Intermedio que alcanza espesores entre 10 y 20 pies. El sello lateral está conformado por el acuñaamiento de la Unidad contra el Paleozoico, aunque pueden existir sellos laterales estratigráficos intraformacionales y en algunos casos pequeñas fallas intrabloque que tengan suficiente desplazamiento para constituirse en sellos laterales, aunque fuesen parciales.

#### **2.2.7 Sistemas de fallas y estilo estructural**

La interpretación geológica del Bloque muestra un sistema de fallas con rumbo N55°E que constituyen la familia principal en el área. Todas son fallas normales de



alto ángulo y son la tendencia principal de deformación discontinua en el Bloque, las cuales son coincidentes con el rumbo preferencial de las fallas interpretadas en el Campo Rubiales. Esta familia de fallas controla la distribución de los reservorios en el área, y explica la posible separación estructural entre los mismos, donde pueden constituirse diferentes compartimientos para la acumulación de hidrocarburos.

Aunque la última deformación mayor en la cuenca es producto de la Orogenia Andina que se inició en el Mioceno Medio y que originó el sistema de fallas de cabalgamiento hacia las áreas del Piedemonte Andino, por el predominio de un ambiente tectónico compresivo en ese sector, el estilo estructural presente en Apolo y sus alrededores se muestra más bien característico de la porción media a distal de una cuenca de antepaís. En ese dominio, el basamento responde a las cargas del cinturón orogénico flexionándose y, en consecuencia, se deforma esencialmente mediante estructuras de deformación frágil, originadas por tracción. En resumen, el estilo estructural de Apolo parece ser el producto de la propagación de estructuras de tracción, las cuales afectan desde el basamento hasta las secuencias del Terciario y Cuaternario, como lo sugieren las siguientes evidencias:

- La existencia de fallas normales de alto ángulo en el campo, típicas de un ambiente extensivo .
- El rumbo preferencial de estas fallas, en concordancia con la orientación del alto de basamento paleozoico (NE-SW).
- La distancia que separa el área de estudio del dominio de fallas del Piedemonte Llanero (más de 150 km).
- El paralelismo entre el rumbo de las estructuras compresivas al oeste y las estructuras extensivas en las porciones distales de la cuenca de antepaís.

El levantamiento del basamento es la respuesta al hundimiento generado por la carga aplicada por el sistema de cabalgamiento sobre la cuenca en el frente montañoso, y se denomina *peripheral bulge*, *flexural bulge* o *forebulge*, que ha sido traducido en varias publicaciones como alto / domo / bulbo / promontorio periférico<sup>18</sup>.

---

<sup>18</sup> ESSENFELD, Martín, et.al. Análisis paramétrico del comportamiento pasado y futuro del Campo Apolo. Bogotá, Colombia: Pacific Rubiales Energy. 2014.

## 2.2.8 Características de la acumulación en el campo

Campo Apolo presenta una acumulación conformada por un conjunto de áreas o regiones, en comunicación de presión a través de acuíferos comunes, pero altamente lenticulares en su sección vertical, y con continuidad lateral restringida por rasgos sedimentológicos y/o un extenso sistema de fallas de salto variable.

Por lo anterior, Campo Apolo se explota con planes de desarrollo por área o sector, adecuados a sus características propias, sin generalizaciones posibles, salvo el uso de las mejores prácticas demostradas por el comportamiento histórico a nivel de pozo-tipo por Área.

Con una extensión areal de cerca de 110.000 acres, para el total de área del campo, (corresponde al sector Ágata el 64% de la misma) la sectorización requerida corresponde, cuando menos a seis (6) áreas así:

**Tabla 16.** Extensión de cada área.

| Área | Acres | Área | Acres  |
|------|-------|------|--------|
| 1    | 7.047 | 4    | 9.775  |
| 2    | 1.730 | 5    | 14.718 |
| 3    | 6.326 | 6    | 70.356 |

**Fuente.** Modificado de Análisis paramétrico del comportamiento pasado y futuro del Campo Apolo. META PETROLEUM CORP. PACIFIC E&P.

Es importante destacar que la investigación para sectorizar el campo y caracterizar las áreas fue realizada en años anteriores por el área de Petrofísica y Yacimientos de la compañía. Las casillas correspondientes al Áreas 5 son resaltadas ya que los pozos de interés se encuentran en esta área.

Como es característico de los campos ubicados en esta zona, la acumulación se encuentra a profundidades someras, con promedio volumétrico cercano a 2600 pies bajo el nivel del mar (pbnm,s.s). Sin embargo, los sectores o Áreas muestran distintas profundidades promedio individuales distribuidas de la siguiente manera:

**Tabla 17.** Profundidades promedio de cada área.

| Área | pies s.s. | Área | pies s.s. |
|------|-----------|------|-----------|
| 1    | 2.673     | 4    | 2.608     |
| 2    | 2.638     | 5    | 2.490     |
| 3    | 2.553     | 6    | 2.711     |

**Fuente.** Modificado de Análisis paramétrico del comportamiento pasado y futuro del Campo Apolo.  
META PETROLEUM CORP. PACIFIC E&P.

La arena que conforma la roca-almacén es no consolidada, y con alta porosidad cercana en promedio a 30 %. Para el sector Ágata en específico la porosidad es de 32%. Sin embargo, hay variaciones entre los diferentes sectores, y la porosidad promedio por área es como sigue:

**Tabla 18.** Porosidad promedio por área.

| Área | %  | Área | %  |
|------|----|------|----|
| 1    | 32 | 4    | 31 |
| 2    | 30 | 5    | 32 |
| 3    | 30 | 6    | 31 |

**Fuente.** Modificado de Análisis paramétrico del comportamiento pasado y futuro del Campo Apolo.

La saturación de agua inicial promedio por área varía desde 44% a 75%. Para cada área este valor es como sigue:

**Tabla 19.** Saturación inicial promedio por área.

| Área | %  | Área | %  |
|------|----|------|----|
| 1    | 63 | 4    | 51 |
| 2    | 44 | 5    | 63 |
| 3    | 39 | 6    | 75 |

**Fuente.** Modificado de Análisis paramétrico del comportamiento pasado y futuro del Campo Apolo. META PETROLEUM CORP. PACIFIC E&P.

A continuación, se muestra una tabla resumen de las características de las seis áreas discretizadas del campo cuyos datos fueron tomados del Análisis Paramétrico del Comportamiento pasado y futuro del campo Apolo elaborado en el año 2014 por la compañía llamada para entonces Pacific Rubiales Energy y que actualmente se demonina Pacific Exploration & Production.

**Tabla 20.** Resumen de las características de las seis áreas discretizadas del campo.

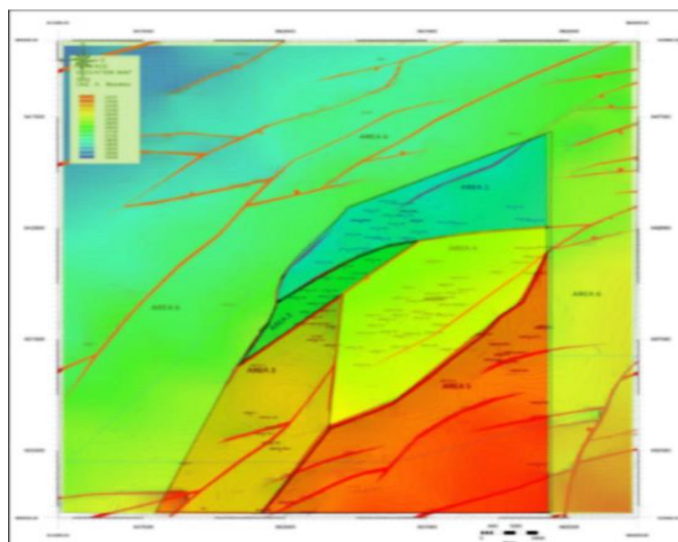
| ÁREA | ESPESOR (ft) | POES (MMBNP) | PERMEABILIDAD | POROSIDAD | SATURACIÓN INICIAL DE AGUA |
|------|--------------|--------------|---------------|-----------|----------------------------|
| 1    | 16.8         | 106.7        | 4849          | 0.32      | 0.63                       |
| 2    | 24.6         | 58.5         | 1540          | 0.3       | 0.44                       |
| 3    | 13.4         | 146.3        | 2179          | 0.3       | 0.39                       |
| 4    | 12.4         | 147.9        | 1893          | 0.31      | 0.51                       |
| 5    | 8.3          | 109.9        | 958           | 0.32      | 0.63                       |
| 6    | 7.3          | 269          | 3361          | 0.31      | 0.75                       |

**Fuente.** Modificado de Análisis paramétrico del comportamiento pasado y futuro del Campo Apolo.  
META PETROLEUM CORP. PACIFIC E&P.

Es importante tener en cuenta que los valores promedio que aquí se presentan, tanto para las arenas como para la acumulación completa, corresponden a cifras ponderadas volumétricamente ( $A_h \text{neto} \cdot \text{celda}$ ) y no a valores promedio aritméticos ni de ningún otro tipo, los cuales son menos representativos de la realidad física.

A continuación se muestra el mapa en el que se indican las 6 áreas en que fue discretizado el Campo.

**Figura 20.** Mapa Estructural al Tope de la Unidad Areniscas Basales con las 6 áreas discretizadas.



**Fuente.** Modificado de Análisis paramétrico del comportamiento pasado y futuro del Campo Apolo.  
META PETROLEUM CORP. PACIFIC E&P.

Al igual que en otras áreas de esta misma región se evidencia una combinación inusual de alta porosidad (mayor a 30%) con alta saturación inicial de agua (mayor al 35%, llegando a valores de 50%). Estudios detallados del fenómeno, atribuyen esta inusual combinación al resultado del agua asociada al tipo de arcilla que está presente, adicional al proceso de migración que incluye crudo pesado y viscoso de baja movilidad, donde la escasa diferencia de densidades petróleo/agua se suma a la arcillosidad y su naturaleza. Adicionalmente, se presenta un alto grado de lenticularidad a nivel macroscópico sumado a lenticularidad microscópica, con las implicaciones resultantes en transmisibilidad vertical limitada, todo lo cual impide la segregación vertical de las fases, aun con largo tiempo disponible.

Así, además de presentarse claros contactos agua-petróleo en el sentido tradicional, se presentan intervalos con muy alta saturación de agua, en un mismo pozo, y ubicados en la sección vertical por encima del contacto petróleo/agua franco.

La sección que contiene los hidrocarburos corresponde a las Arenas Basales (C-5/C-7) de la Formación Carbonera (de edad Eoceno tardío a Oligoceno temprano) y las características arriba descritas están relacionadas con la depositación en un ambiente fluvial continental a parálico, con la presencia de laminillas de carbón y fósiles vegetales. Todo esto conforma un sistema con amplias limitaciones estratigráficas de continuidad lateral entre sectores (aun dentro de una misma Área) además de la falta de transmisibilidad vertical ya descrita.

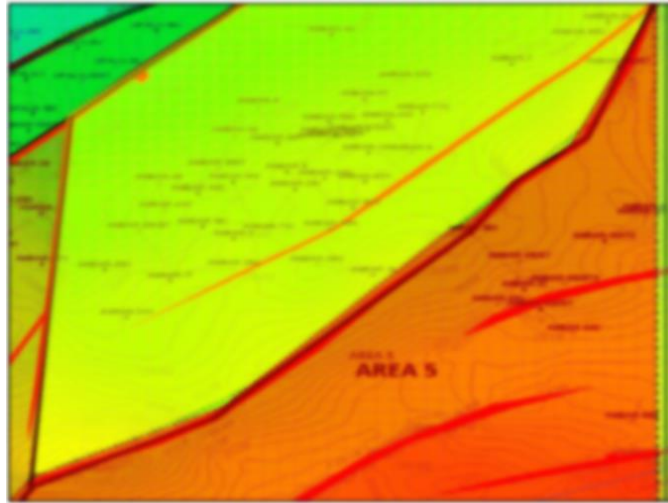
Por las características indicadas (arena somera no consolidada y alta porosidad) no debe sorprender que se presenten altas permeabilidades horizontales de hasta 5000 mds, pero altamente variable entre las diferentes áreas del campo, y variable también dentro de los intervalos de la sección vertical de cada pozo con sus múltiples facies. Para el área al que corresponden los pozos Ágata se estimó una permeabilidad promedio de 3.361 mds. Sin embargo, como se menciona anteriormente se evidencian dentro del campo valores entre 958 y 4.849 mds.

El espesor neto de arena en cada punto de información disponible que corresponde a los pozos es otro valor o característica que se debe calificar cuidadosamente en cada caso. En la sección vertical de cada pozo se presentan cuando menos tres facies (R1/R2, R3 y R4 de interferencia (distinto a R4 de sello)) donde R1/R2 representa la facie con las mejores propiedades de porosidad y permeabilidad.

Para el caso específico de este proyecto, nos enfocaremos en describir brevemente las características del Área 5 a la que corresponden los pozos del Sector Ágata.

- **Área 5**

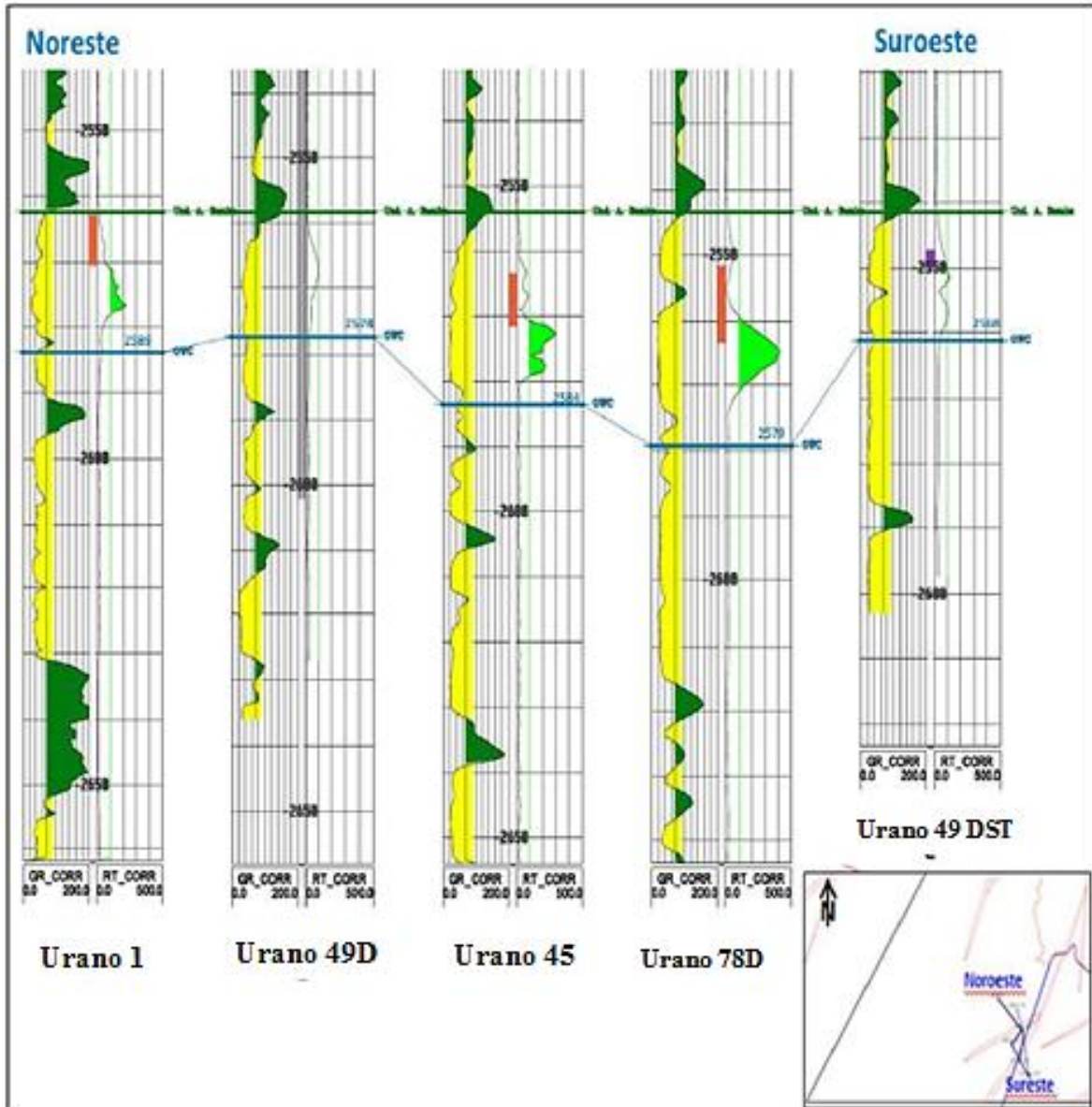
**Figura 21.** Sectorización Esquemática de la Acumulación Área 5.



**Fuente.** Modificado de Análisis paramétrico del comportamiento pasado y futuro del Campo Apolo.  
META PETROLEUM CORP. PACIFIC E&P.

El Área 5 se encuentra ubicada hacia el extremo suroeste del Campo Apolo. Los clúster existentes inicialmente en este sector fueron los clúster Urano-1, Ágata-1D y Urano-83D. Como se muestra en las secciones de las Figuras 22 y 23, las arenas del yacimiento parecen poco prospectivas y con alta arcillosidad. Además, el contacto agua-petróleo se coloca hacia la base del “Paquete Superior” de la Unidad.

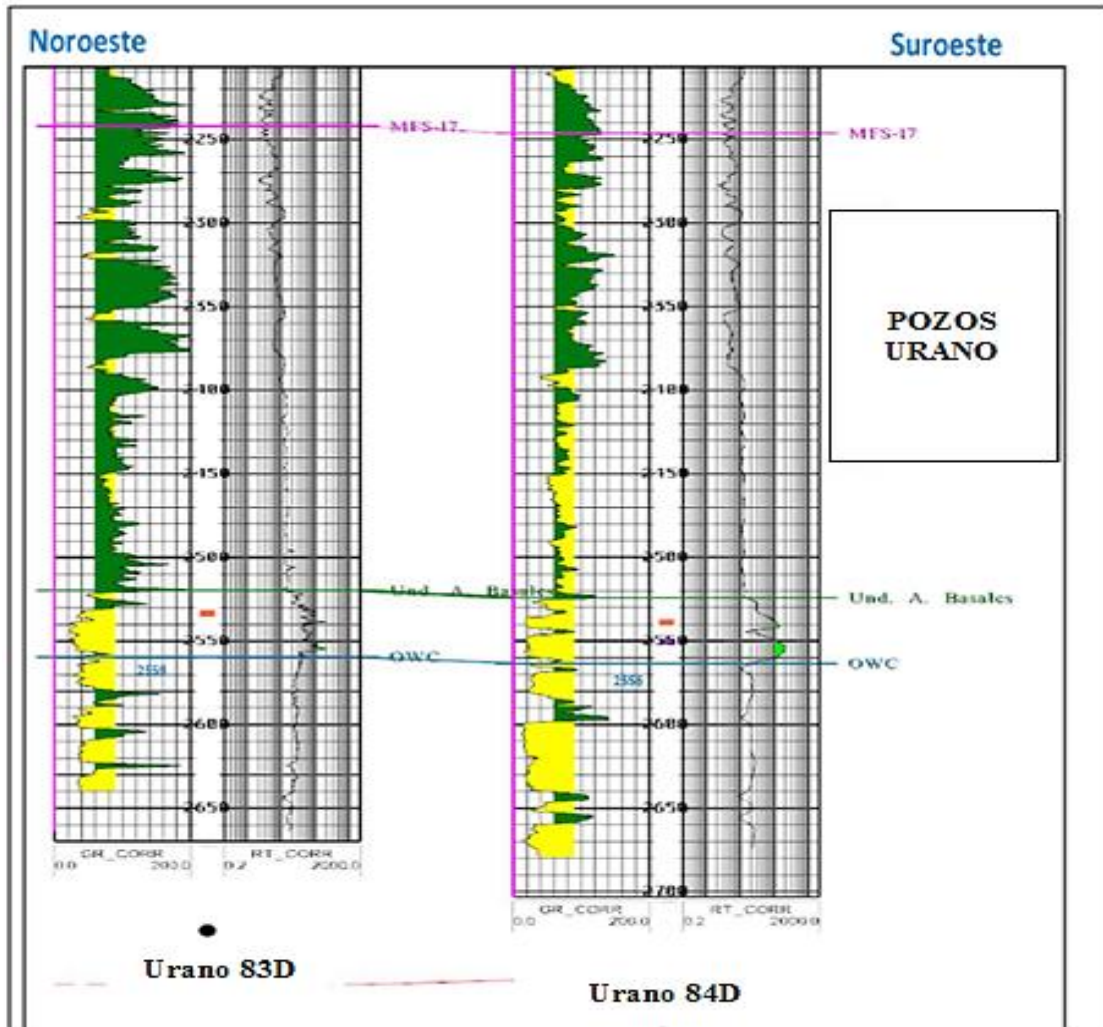
Figura 22. Sección Estructural Área 5.



Fuente. Modificado de Análisis paramétrico del comportamiento pasado y futuro del Campo Apolo.  
META PETROLEUM CORP. PACIFIC E&P.



**Figura 23.** Sección Estructural Área 5.



**Fuente.** Modificado de Análisis paramétrico del comportamiento pasado y futuro del Campo Apolo. META PETROLEUM CORP. PACIFIC E&P.

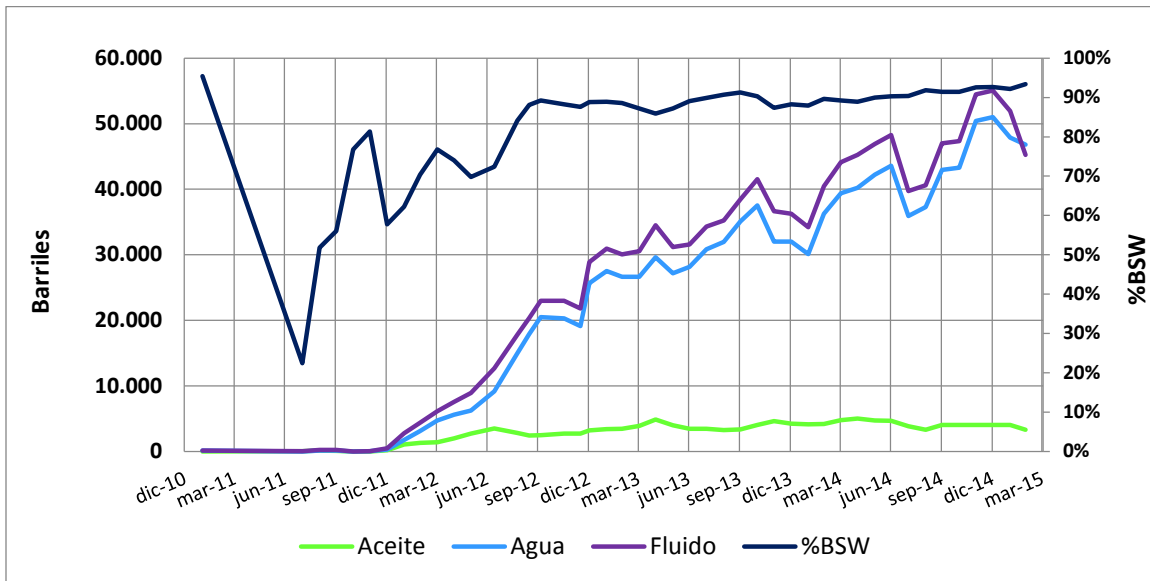
Las figuras 22 y 23 muestran la sección estructural de 7 pozos pertenecientes al Área 5 a la cual, como se ha mencionado anteriormente, pertenecen también los pozos Ágata. Las secciones estructurales muestran la continuidad de la arena en la zona así como zonas de alta saturación de agua dentro de la misma arena. Los pozos Urano 49DST, Urano 45 y Urano 83D presentan una característica muy común encontrada también en los pozos Ágata y es que el contacto agua/aceite está dentro de la arena productora<sup>19</sup>.

<sup>19</sup> ESSENFELD, Martín, et.al. Análisis paramétrico del comportamiento pasado y futuro del Campo Apolo. Bogotá, Colombia: Pacific Rubiales Energy. 2014.



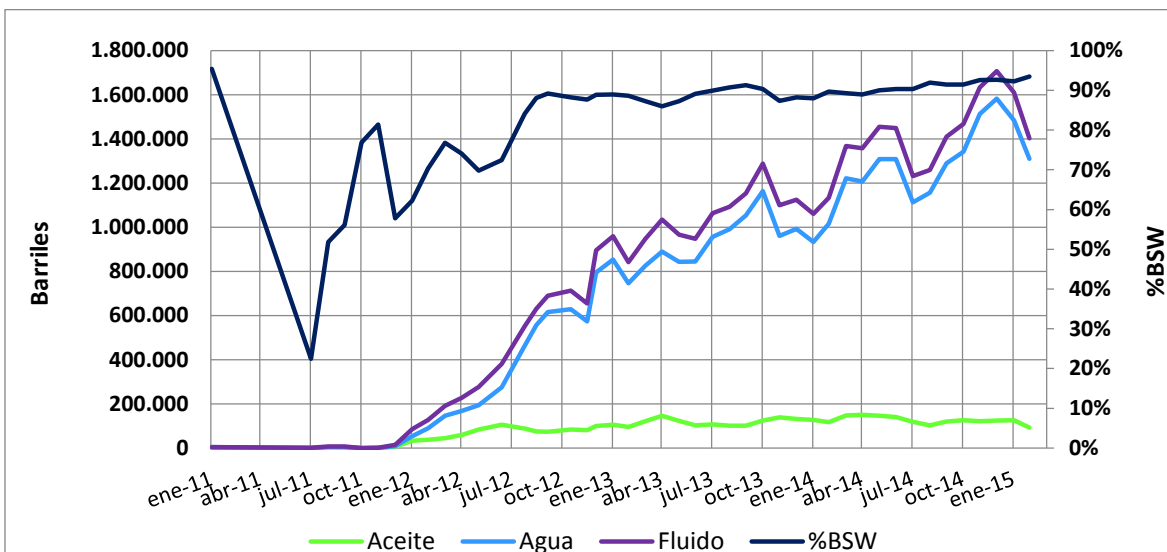
## 2.3 HISTÓRICO DE PRODUCCIÓN DEL CAMPO

**Gráfica 1.** Producción diaria promedio 2010-2015 Campo Apolo.



Fuente. Autores

**Gráfica 2.** Producción neta mensual 2010-2015 Campo Apolo.



Fuente. Autores

En enero del año 2010 Campo Apolo inicia con una producción de 7 BOPD, 145 BWPD para una producción total de fluidos de 152 barriles por día con un BSW del 95.39% y un WOR del 20,67.

En el año 2011 el campo tuvo una producción promedio de 168 BFPD manejando cortes de agua promedio de 57,71% y un WOR de 1,9.

En el año 2012 el campo arranca con una producción total de fluidos de 2.770 barriles por día con un BSW de 62,2% y un WOR de 1.65. Al finalizar el año registra una producción promedio de 1.4778 BFPD con un corte de agua de 79,31% y un WOR de 4,89.

Para el año 2013 Campo Apolo tuvo una producción promedio de 34.272 BFPD con un corte de agua de 88,73% y un WOR de 8,05. Para este año la producción aumento 2,3 veces respecto al año anterior.

En el año 2014 arranca con una producción total de fluidos de 34.231 barriles por día con un BSW de 87.95% y un WOR de 7.30. Terminado el año Campo Apolo muestra una producción promedio de 45.285 BFPD con un corte de agua de 90,53% y un WOR de 9,81.

Para marzo de 2015 registra una producción de 3.040 BOPD, 43.895 BWPD para una producción total de fluidos de 51963 barriles por día con un BSW de 93,52% y un WOR de 14,44. En promedio, en el primer trimestre de este año el campo produjo 49.703 BFPD con un BSW de 93,05 y WOR 13,49. Respecto al año anterior, el campo aumento su producción en 9,8% aproximadamente.

Durante la vida productiva del campo se observa un aumento constante en la producción de fluidos, reflejado también en el considerable incremento del WOR, el cual pasa de estar en valores menores a 5 en el primer año a estar por encima de 12 en el último año. Esto justificado por el incremento del BSW que paso de estar en 57,71% en 2011 a 93,05% en lo que va corrido del 2015. Las figuras 24 y 25 muestran el historial de producción del campo, ratificando lo descrito anteriormente. Cabe resaltar que para el año 2010 solo se cuenta con el dato de producción del mes de enero.

### **3. DESCRIPCIÓN PRINCIPAL A NIVEL DE YACIMIENTO DE LOS POZOS DEL SECTOR ÁGATA**

Campo Apolo corresponde a un yacimiento con acuífero activo, alta saturación de agua y en algunos casos el contacto agua/aceite se encuentra dentro de la arena productora trayendo como consecuencia altos cortes de agua desde la etapa temprana de producción de los pozos.

Tomando como profundidad promedio volumétrica una medida cercana a 2630 pies (datum) se estima y mide una temperatura promedio de 124 °F, que equivale a un gradiente geotérmico de 1,62 °F/100 pies.

Para esa profundidad y temperatura, las acumulaciones que conforman Campo Apolo contienen un petróleo pesado de gravedad promedio de 11 grados API, y una solubilidad inicial de gas sumamente baja (2.3 PCN/BF) lo que hace el petróleo altamente sub-saturado a la presión estática inicial del orden de 1275 lpc, como corresponde al nivel normal de presión para columnas de petróleo en equilibrio hidrostático con acuíferos rellenables. A estas condiciones iniciales de presión, temperatura y solubilidad inicial, se estima y mide en el laboratorio un factor volumétrico inicial (Boi) cercano a 1.04 BY/BNP.

El sector Ágata presenta, en concordancia a las características del Campo Apolo, características como lenticularidad, espesor limitado, crudo pesado a baja temperatura y sin gas, agua libre en el contacto y lentes con alta saturación de agua por encima del contacto en algunos pozos en su misma sección vertical, alta saturación de agua aun en los intervalos más continuos y “limpios” asociada a las arcillas y aun ante la alta porosidad; la respuesta de los pozos ha estado especialmente influenciada por las condiciones operacionales impuestas al sistema que va desde la perforación, hasta la manera de atravesar la sección productora, el completamiento, el sistema de levantamiento y las condiciones operacionales del mismo<sup>20</sup>.

En este capítulo nos referiremos a las principales características de yacimiento correspondientes a los pozos del Sector Ágata y a la perforación y tipo de completamiento que presentan con el fin de determinar qué tan influyentes son estas variables en el comportamiento de producción de los pozos. Adicionalmente

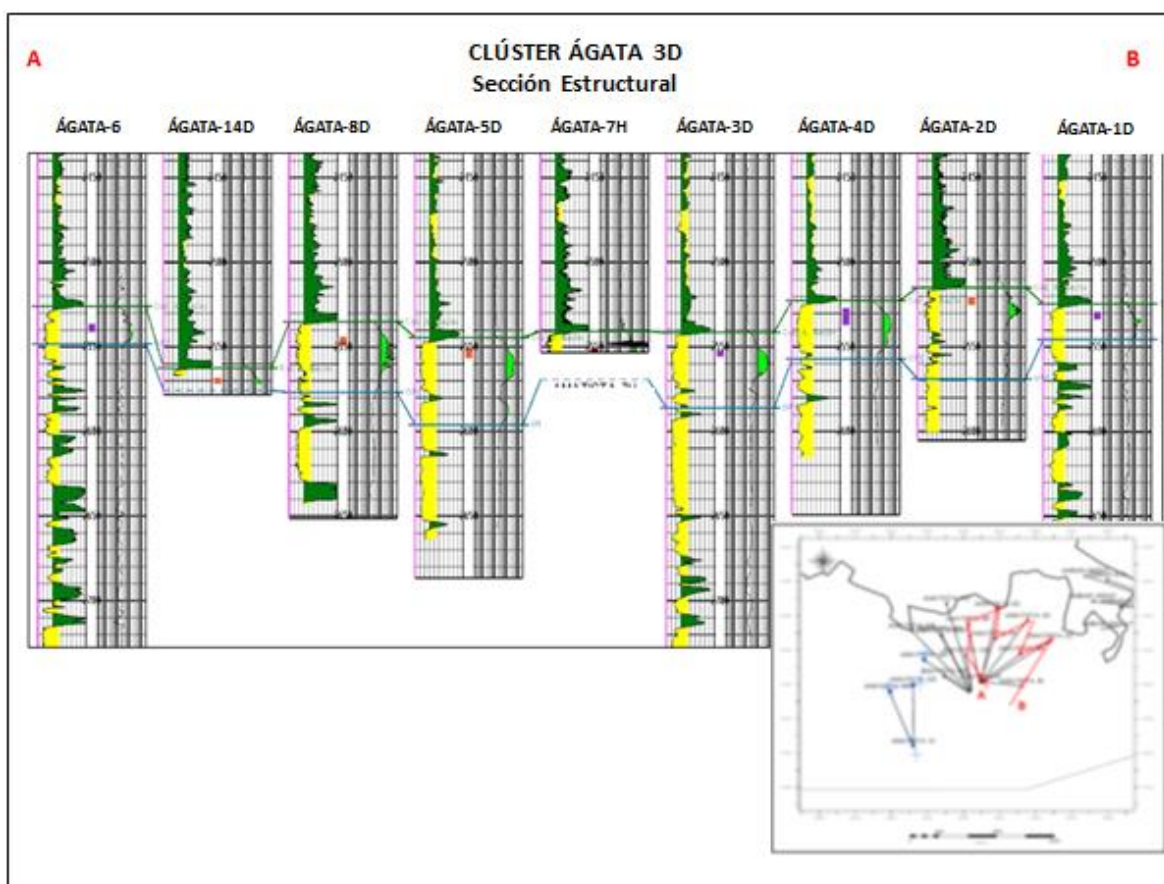
---

<sup>20</sup> Modificado de ESSENFELD, Martín, et.al. Análisis paramétrico del comportamiento pasado y futuro del Campo Apolo. Bogotá, Colombia: Pacific Rubiales Energy. 2014.

se muestra la sección estructural de los clúster que conforman el sector Ágata como son el Clúster Ágata 3D, Ágata 9D y Ágata 10 seguidos de las láminas de cada uno de los pozos que conforman cada clúster, cada una de ellas con el registro petrofísico (izquierda) y de cementación (derecha) y un breve análisis de ellos.

### 3.1 CLÚSTER ÁGATA 3D

Figura 24. Sección estructural Clúster Ágata 3D.



Fuente. Modificado de Gerencia de Yacimientos. META PETROLEUM CORP. PACIFIC E&P.  
Secciones estructurales pozos Ágata.

El Clúster Ágata 3D está conformado por los ocho primeros pozos en ser perforados en el Sector. En la sección estructural se puede observar la continuidad de la arena productora (amarillo) así como la continuidad de zonas donde la arena presenta alta saturación de agua (verde claro) algo característico de este yacimiento. El pozo Ágata 14D corresponde al Clúster Ágata 9D y

demuestra una vez más la continuidad de la arena en la zona, haciendo prospectiva la continuación de la perforación en el sector.

Otra característica de estos pozos es la presencia del contacto agua/aceite esta dentro de la arena productora lo que anticipa influjo de agua considerable desde la etapa temprana de producción. Los pozos Ágata 2D, 3D y 5D presentan una barrera entre el contacto y la arena de interés. La mayoría de los pozos fueron completados en la parte superior de la arena con el objetivo de retardar el influjo de agua, sin embargo, se debe tener en cuenta que el yacimiento presenta zonas de alta saturación de agua en la parte superior de la arena. El pozo Ágata 7H es el único pozo horizontal del clúster y no fue perforado hasta el contacto buscando de esta manera también, retardar el influjo de agua al no contactar la zona de agua libre.

### **3.1.1 Pozo Ágata 1D**

El pozo Ágata 1D es un pozo desviado y fue el primer pozo perforado del bloque. El contacto agua/aceite está dentro de la arena productora lo que puede ser una causal de un influjo temprano de agua. El registro Gamma Ray muestra una barrera (GR>150 API) en la parte superior del Tope de Arenas Basales (T.A.B) lo que resulta favorable teniendo en cuenta que una de las características del yacimiento es que la zona superior presenta alta saturación de agua, se podría decir entonces, que la mayor cantidad de agua que se produjese provendría de la parte inferior, es decir de la zona de agua libre. Se evidencia buena calidad del cemento tanto en la parte superior como inferior de la arena de interés.

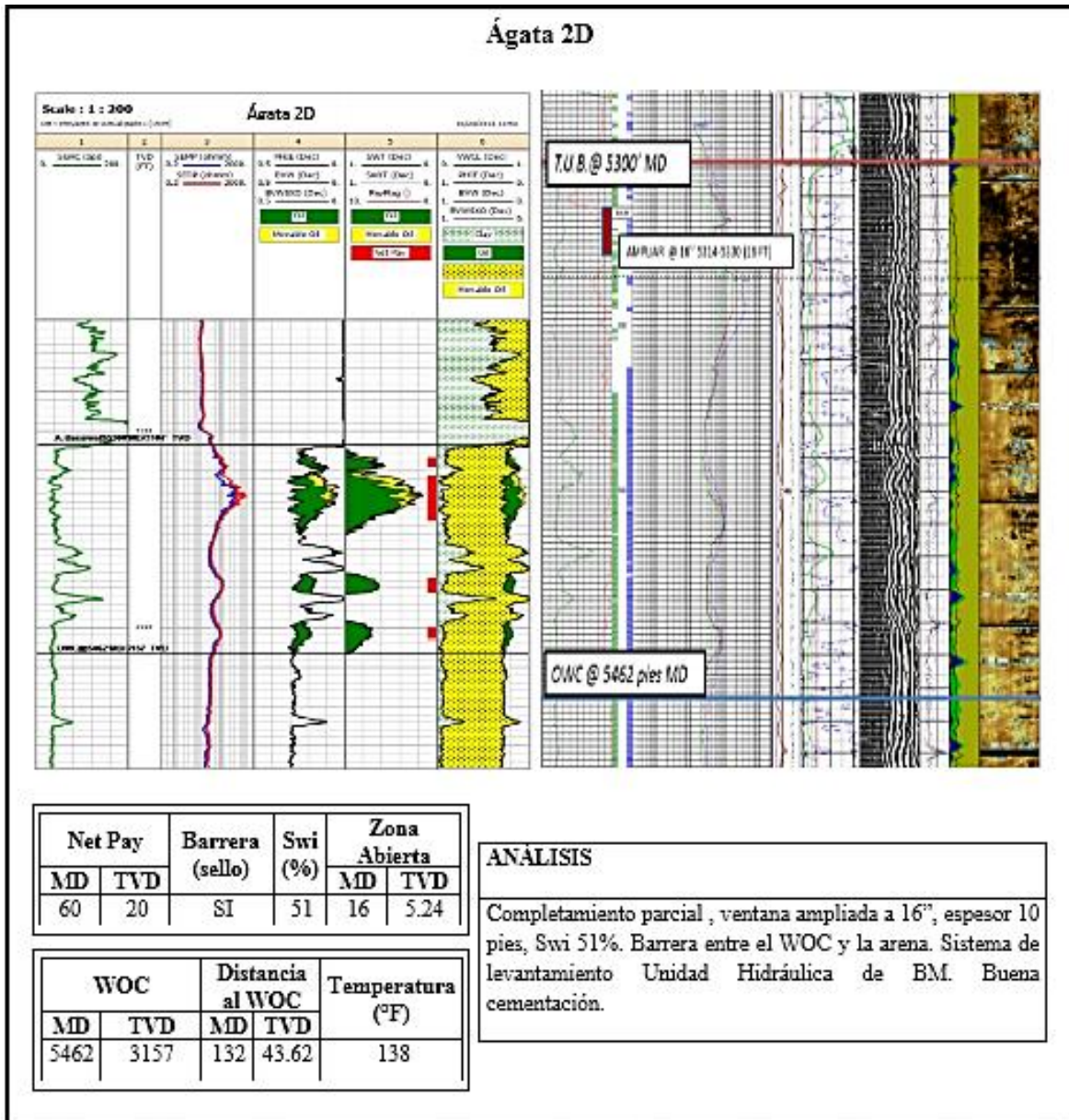
El completamiento se realizó en la parte superior de la arena con el objetivo completar el pozo lo más lejos posible del contacto agua/aceite.





retardar el influjo de agua hacia la zona de interés. El completamiento se realizó a 43.6 pies (TVD) del WOC, una distancia considerable y ventajosa si se tiene en cuenta que pozos como el Ágata 1D, 6 y 7H por ejemplo, están mucho más cerca al contacto. La cementación en forma general es buena para este pozo.

**Figura 26.** Identificación de las características Petrofísicas, de Cementación y Completamiento del pozo Ágata 2D

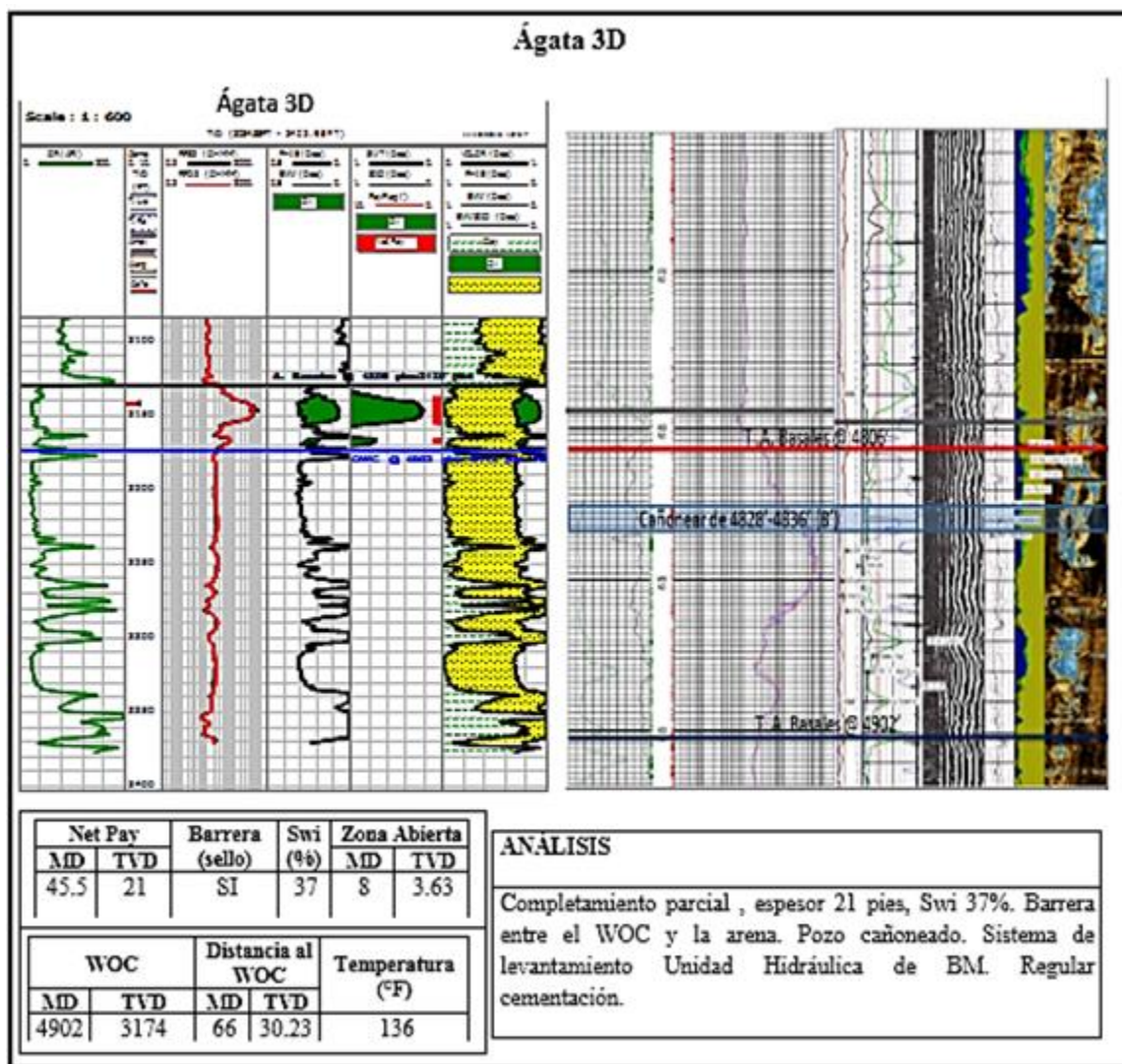


**Fuente.** Modificado de Gerencia de Yacimientos. META PETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Registros petrofísicos y de cementación pozos Ágata.

### 3.1.3 Pozo Ágata 3D

El pozo Ágata 3D como se mencionó anteriormente, hace parte del grupo de pozos con barrera entre el WOC y la arena abierta a producción lo que se tendrá en cuenta en el próximo capítulo para evaluar su comportamiento de producción ya que podría resultar ser influyente. Registra un Net Pay (Espesor Neto) de 21 pies en TVD dividido en dos cuerpos de arena. Se completa únicamente el cuerpo superior. Presenta regular cementación.

**Figura 27.** Identificación de las características Petrofísicas, de Cementación y Completamiento del pozo Ágata 3D

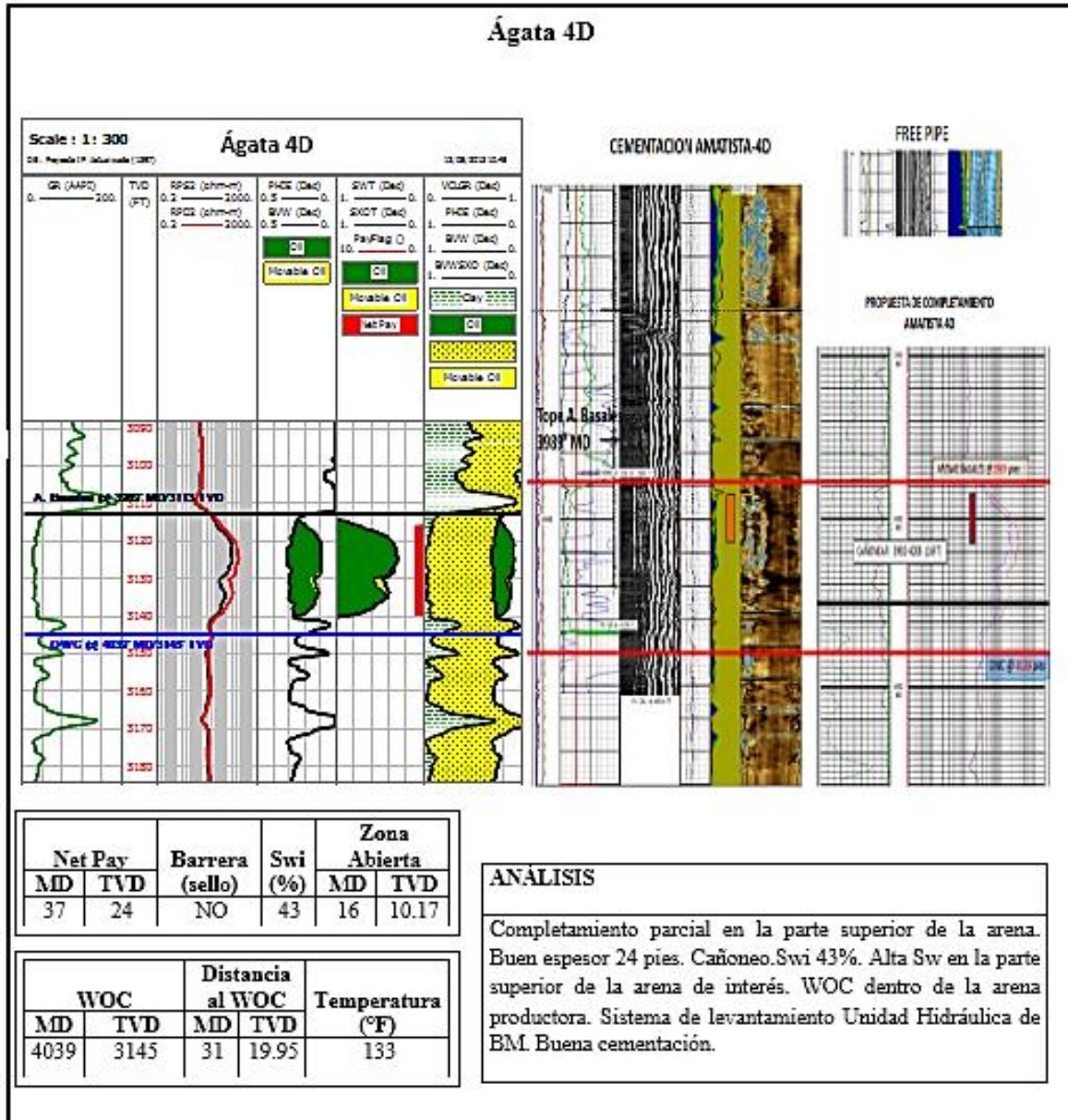


**Fuente.** Modificado de Gerencia de Yacimientos. META PETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Registros petrofísicos y de cementación pozos Ágata.



### 3.1.4 Pozo Ágata 4D

Figura 28. Identificación de las características Petrofísicas, de Cementación y Completamiento del pozo Ágata 4D



Fuente. Modificado de Gerencia de Yacimientos. META PETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Registros petrofísicos y de cementación pozos Ágata.

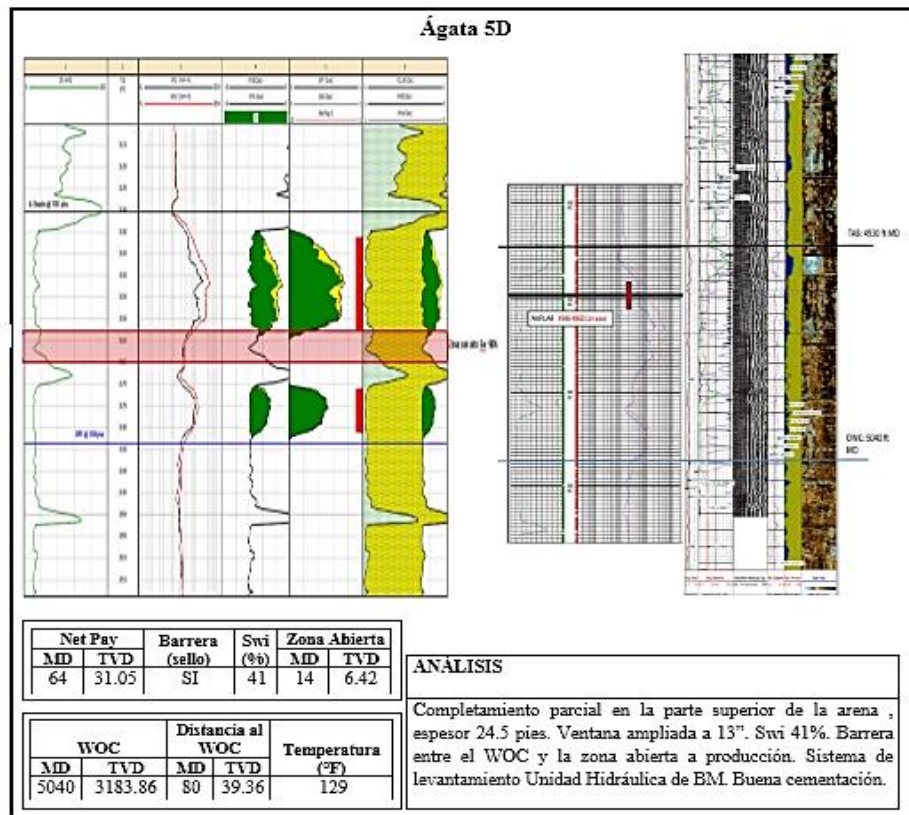
El pozo Ágata 4D hace parte de los pozos en los que el contacto está dentro de la arena productora lo cual podría incidir de manera negativa en el comportamiento de producción de los pozos ya que probablemente se generarían altos cortes de agua desde la etapa temprana de producción (3 meses).

Tiene Net Pay de 24 pies (TVD) y la arena es continua en todo este espesor; se observa un solo cuerpo de arena que es completada en la parte superior, esto con el fin de retardar el influjo de agua. Se aprecia buena calidad del cemento tanto en la parte superior como en la inferior de la arena.

### 3.1.5 Pozo Ágata 5D

El pozo Ágata 5D presenta barrera entre el WOC y la zona abierta a producción lo que podría incidir de manera positiva en el comportamiento de producción ya que la barrera permitiría que el influjo de agua proveniente del acuífero se retarde.

**Figura 29.** Identificación de las características Petrofísicas, de Cementación y Completamiento del pozo Ágata 5D.

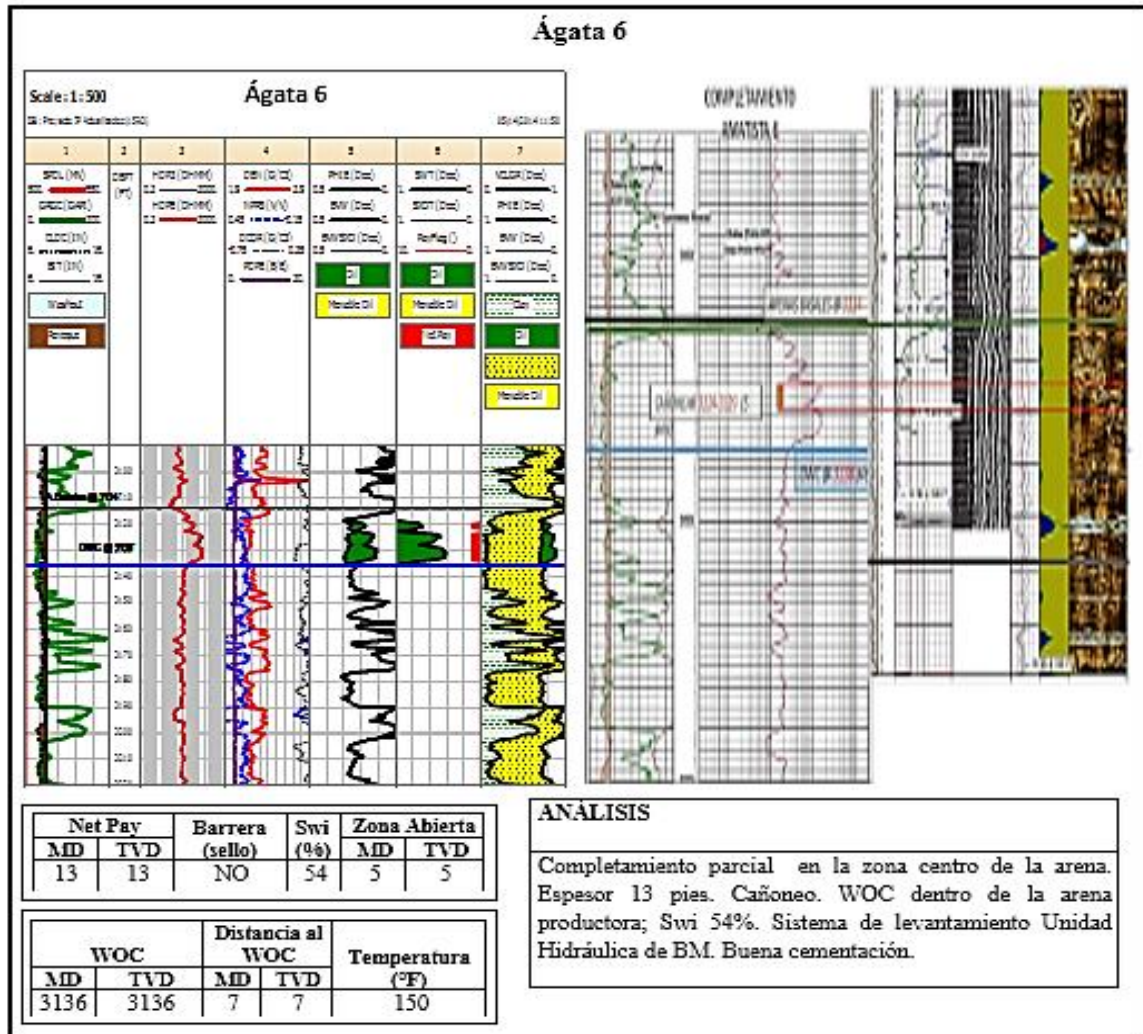


**Fuente.** Modificado de Gerencia de Yacimientos. META PETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Registros petrofísicos y de cementación pozos Ágata.

Se observa una zona de alta saturación de agua (zona resaltada en el registro petrofísico (izquierda)) entre las dos secciones de arena presentes en el pozo Ágata 5D con una Swi de 98% lo que es muy característico de este yacimiento como se indicó en el capítulo anterior.

### 3.1.6 Pozo Ágata 006

**Figura 30.** Identificación de las características Petrofísicas, de Cementación y Completamiento del pozo Ágata 006



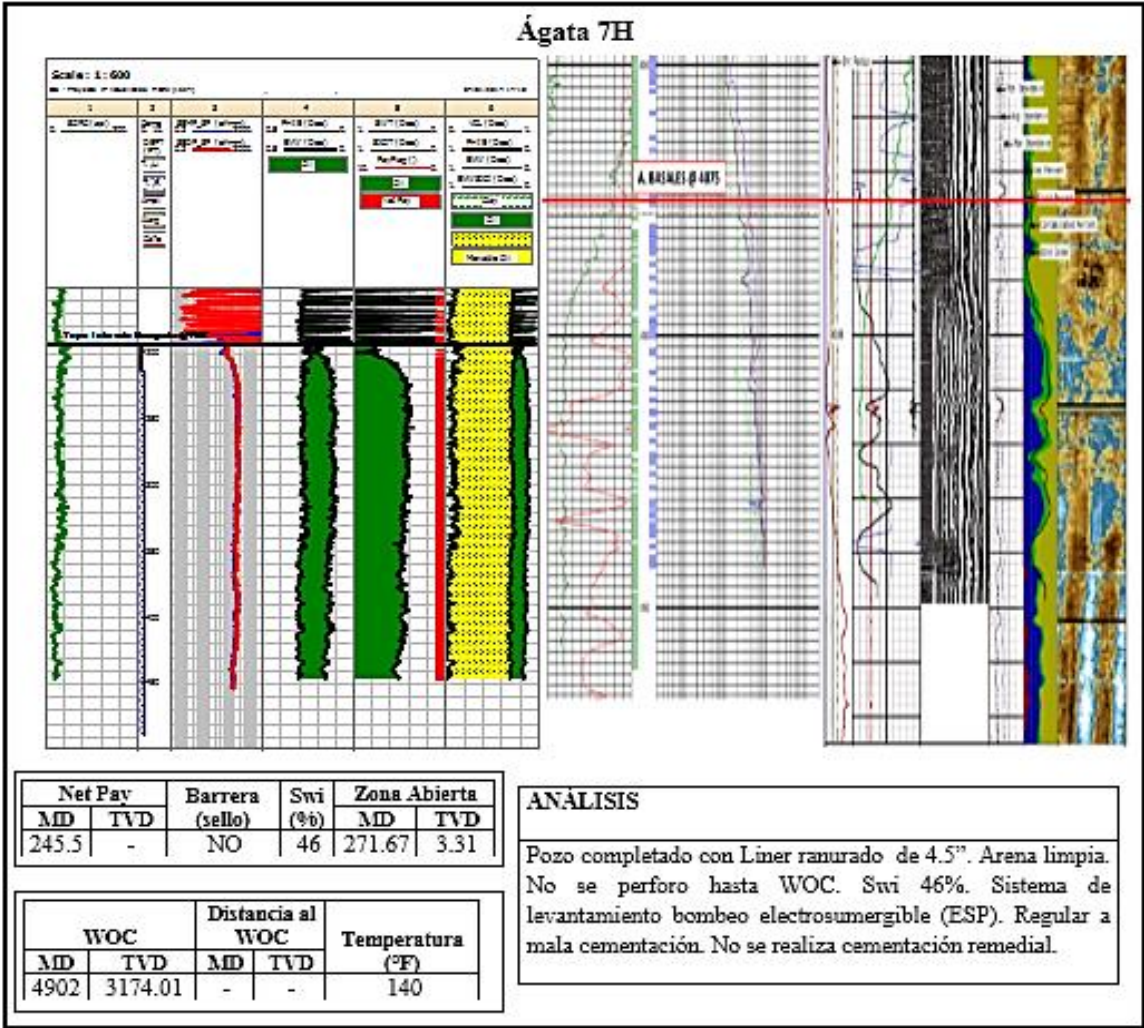
**Fuente.** Modificado de Gerencia de Yacimientos. META PETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Registros petrofísicos y de cementación pozos Ágata.



Al Clúster Ágata 3D lo conforman 8 pozos de los cuales el Ágata 6 es el único vertical. Tiene un Net Pay de 13 pies (TVD), dos cuerpos de arena productora, fue completado parcialmente en la zona centro de la arena de mayor espesor. La zona abierta está a 7 pies del contacto agua/aceite. Presencia del contacto dentro de la arena productora lo cual se presume generará altos cortes de agua desde la etapa temprana de producción del pozo. Muestra buena cementación.

### 3.1.7 Pozo Ágata 7H

Figura 31. Identificación de las características Petrofísicas, de Cementación y Completamiento del pozo Ágata 7H

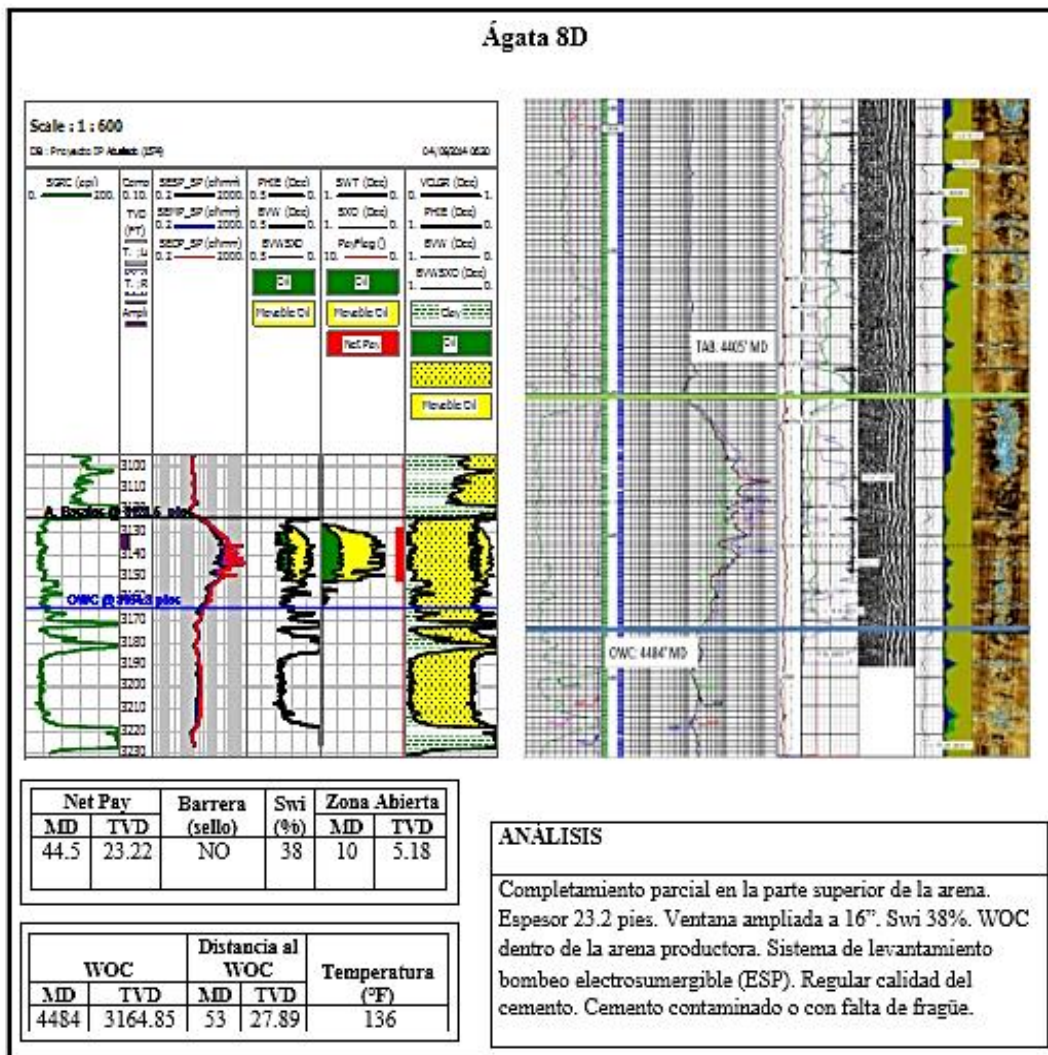


Fuente. Modificado de Gerencia de Yacimientos. META PETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Registros petrofísicos y de cementación pozos Ágata.

El pozo Ágata 7H es el único pozo horizontal del sector Ágata, completado con liner ranurado de 4.5". Hace parte del grupo de pozos que no fue perforado hasta el WOC pretendiendo aumentar la distancia entre la zona abierta y el contacto y de esta manera retardar el influjo de agua. Para determinar la distancia al contacto de este tipo de pozos se toma como referencia la vertical del Clúster en este caso la medida dada por el pozo Ágata 3D. Se evidencia regular a mala cementación en la zona de interés.

### 3.1.8 Pozo Ágata 8D

**Figura 32.** Identificación de las características Petrofísicas, de Cementación y Completamiento del pozo Ágata 8D

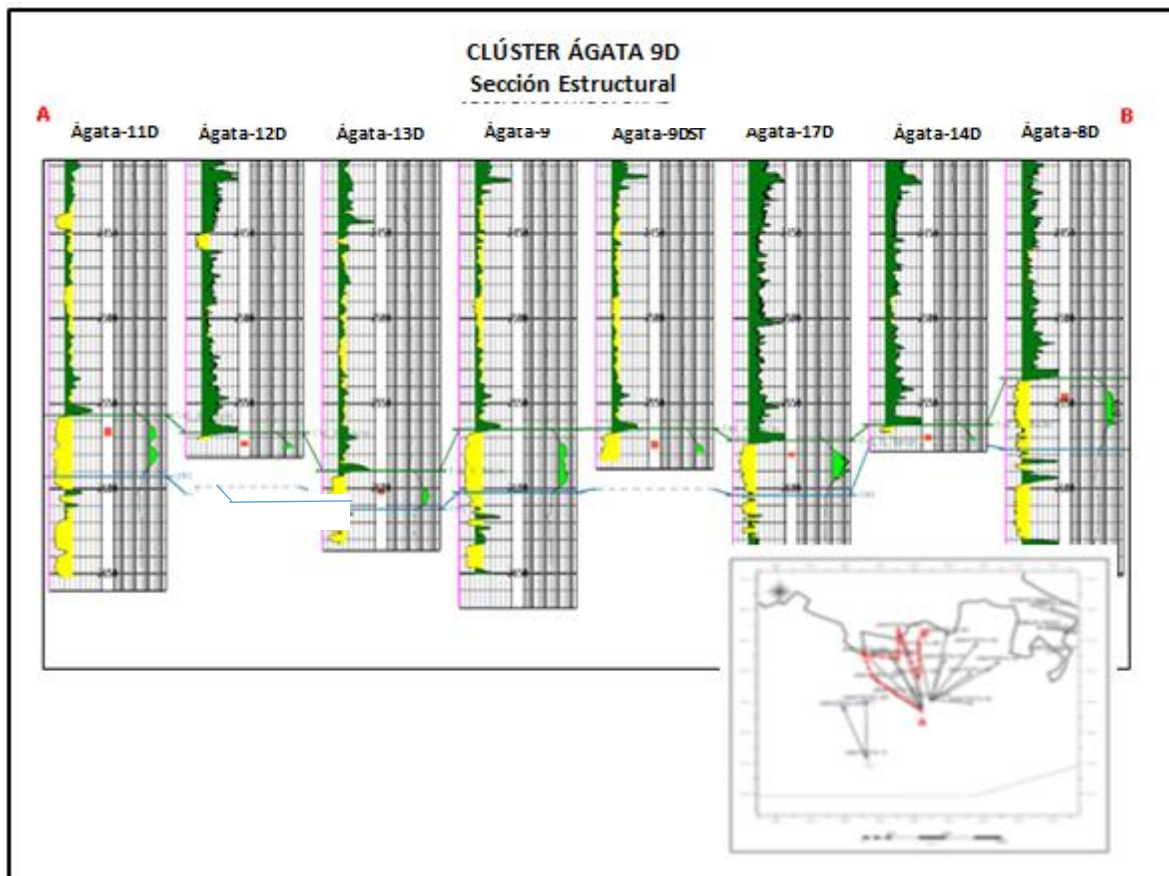


**Fuente.** Modificado de Gerencia de Yacimientos. META PETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Registros petrofísicos y de cementación pozos Ágata.

El pozo Ágata 8D se completó parcialmente en la parte superior de la arena; el contacto se encuentra a una distancia considerable de la base de la zona abierta (27.9 pies TVD). Hace parte del grupo de pozos en los que el contacto está dentro de la arena productora. No muestra presencia de barrera o sello entre la arena y el contacto por lo que se podría decir que presentará altos cortes de agua desde el inicio de su producción. Regular cementación en la zona de interés.

### 3.2 CLÚSTER ÁGATA 9D

Figura 33. Sección Estructural Clúster Ágata 9D



Fuente. Modificado de Gerencia de Yacimientos. META PETROLEUM CORP. PACIFIC E&P.  
Secciones estructurales pozos Ágata.

El Clúster Ágata 9D está conformado por 6 pozos del Sector. En la sección estructural se puede observar la continuidad de la arena productora y la presencia de zonas continuas de alta saturación de agua. Los pozos del Clúster 9D se

caracterizan por tener ubicado el WOC dentro de la arena y no tener ningún tipo de barrera entre la zona de interés y el contacto; se evidencia que los pozos 9D, 11D, 13D y 17D se perforan hasta el contacto agua-aceite y los pozos 12D, 9DST y 14D que tienen correspondencia según los registros con las arenas de los pozos perforados hasta el contacto, se perforan antes del mismo, con el fin de evitar el aporte de agua desde el WOC para así retardar el influjo temprano de agua; de lo anterior se puede inferir que los pozos mencionados en primera instancia tendrán cortes de agua mayores que los pozos del mismo clúster que fueron perforados antes del contacto.

En general se observa en la Figura 33 que el clúster 9D presenta continuidad en la arena, lo que puede influenciar el comportamiento de producción de estos pozos y se puede tener en cuenta en futuras perforaciones.

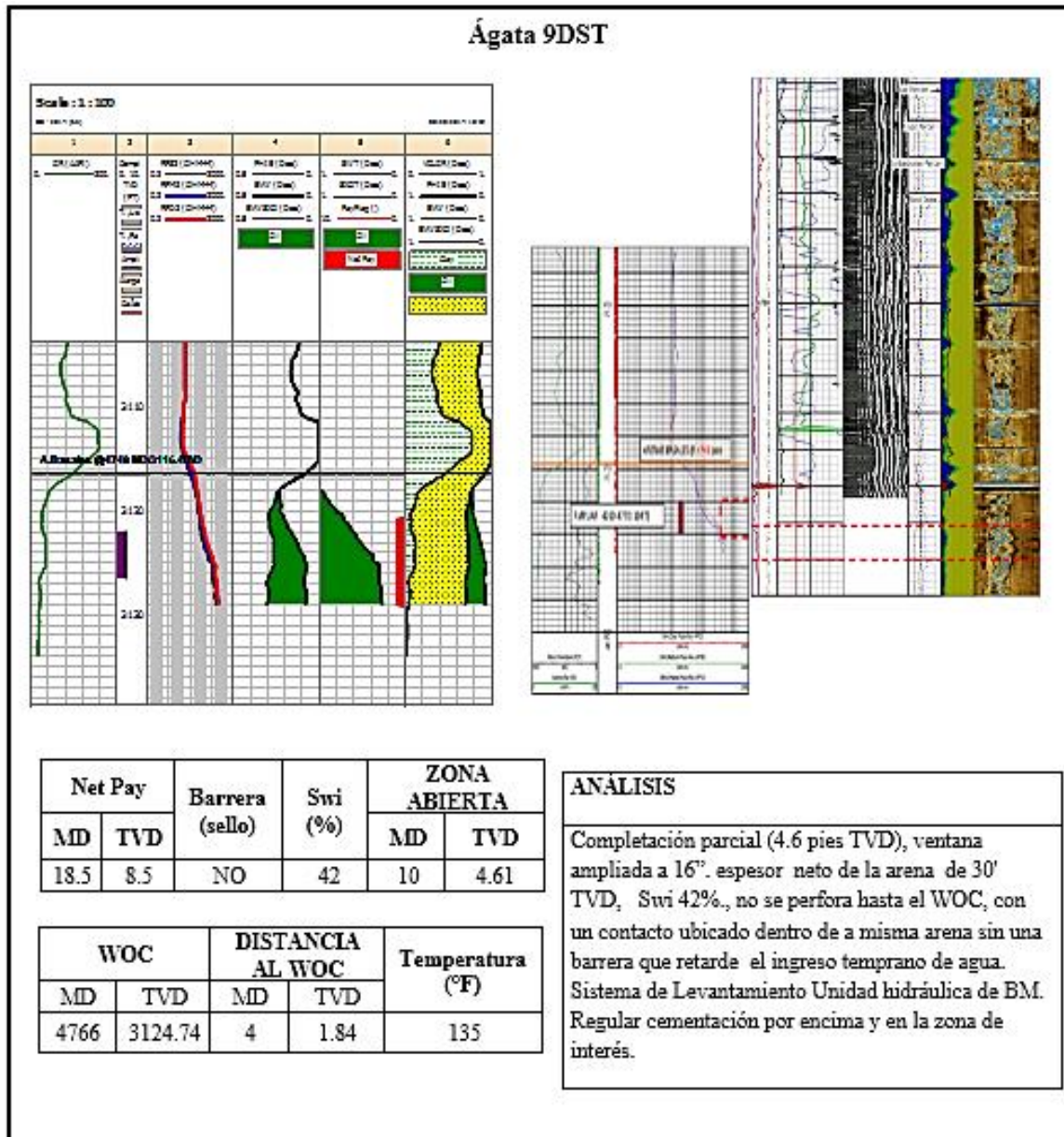
### **3.2.1 Pozo Ágata 9DST**

Se perfora el pozo 9D y se decide bombear un tapón y realizar ST dando origen al pozo ágata 9DST, el completamiento se lleva a cabo en la parte superior de arenas basales, ensanchando a 16" entre 4.760'– 4.770' (10') y perforando hasta antes de llegar al WOC, esto con el fin de retardar el influjo temprano de agua, tomando como experiencia el buen resultado obtenido al completar de esta manera el pozo Sabanero 6D1ST (BSW actual 16%).

Del pozo 9D se conoce que el WOC se encuentra dentro de la misma arena a tan solo 2 ft (TVD) y no presenta una barrera, adicional a esto presenta una regular cementación, factores a los cuales se les puede atribuir el por qué probablemente no se obtuvo el comportamiento de BSW esperado para el pozo 9DST, esto se evidenciará con mayor detalle en el próximo capítulo.



**Figura 34.** Identificación de las características Petrofísicas, de Cementación y Completamiento del pozo Ágata 9DST



Fuente. Modificado de Gerencia de Yacimientos. META PETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Registros petrofísicos y de cementación pozos Ágata.

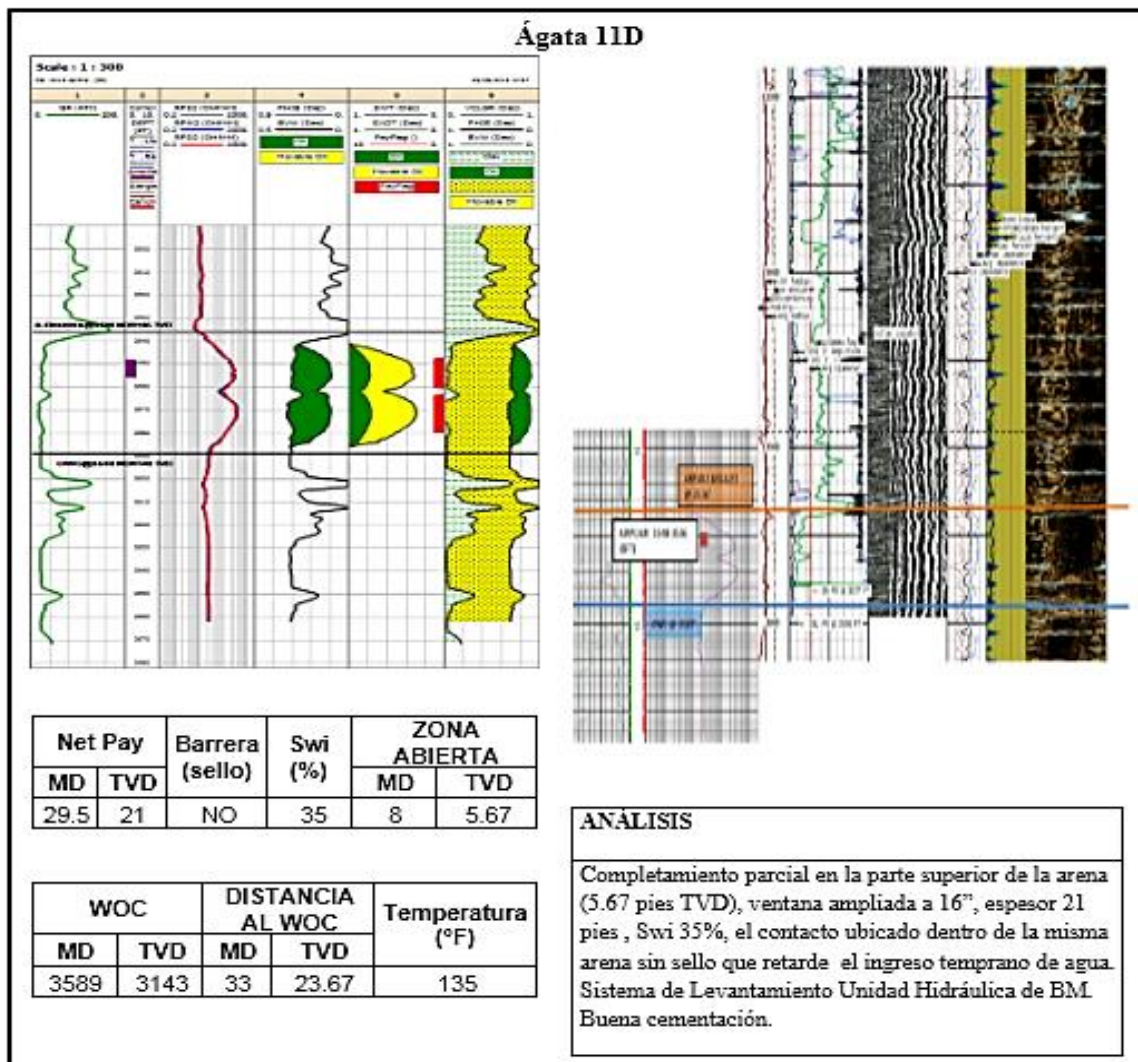
### 3.2.2 Pozo Ágata 11D

El pozo Ágata 11D tiene completamiento parcial en la parte superior de la arena, con saturación inicial menor a 40%, una distancia de 24 ft TVD al WOC y barrera en la parte superior del Tope de Arenas Basales (T.A.B.), lo cual es favorable para



retardar el influjo temprano de agua, sin embargo, aunque el contacto es distante se encuentra dentro de la misma arena y no posee una barrera entre la zona de interés y el contacto que retarde el aporte de agua por parte del WOC, es decir, que el BSW estará influenciado en gran medida por dicho aporte; es un pozo que presenta buena cementación.

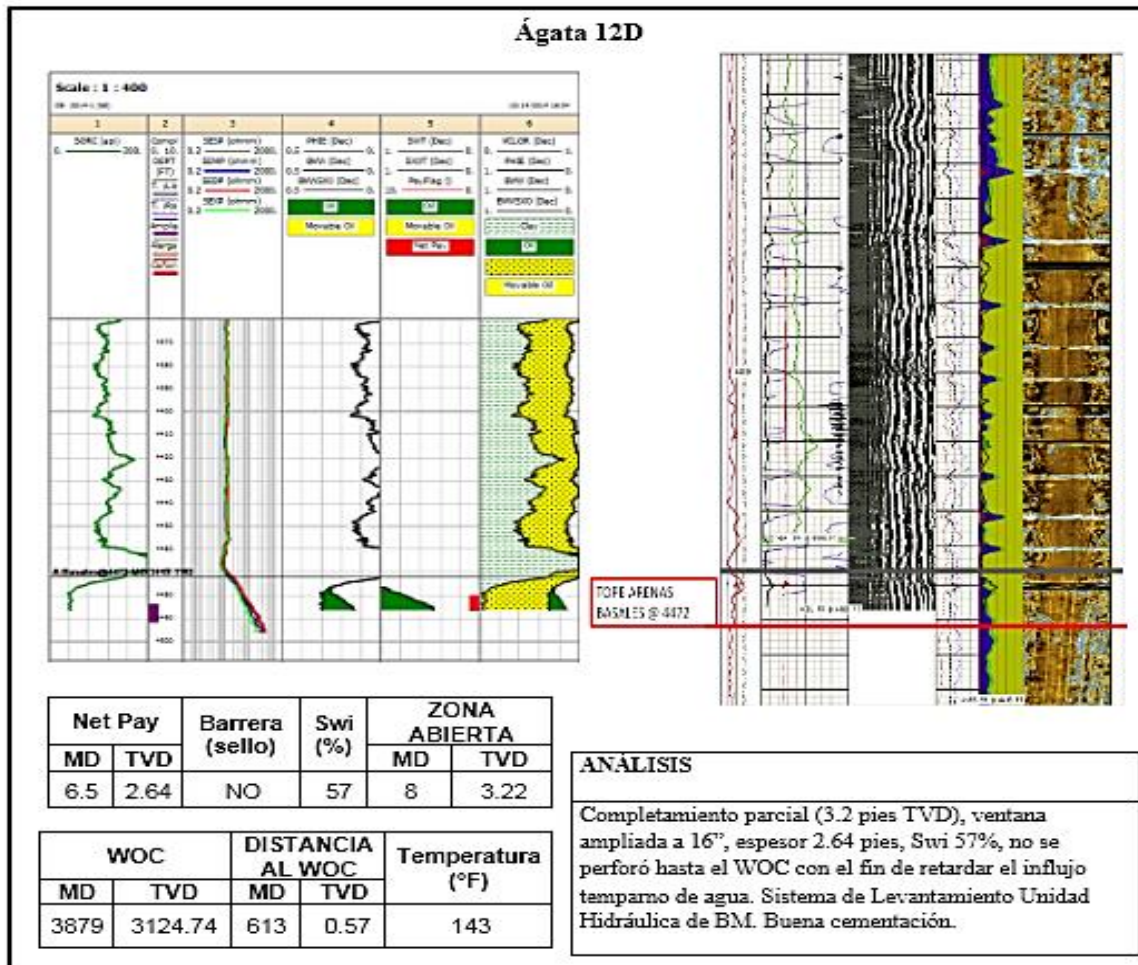
**Figura 35.** Identificación de las características Petrofísicas, de Cementación y Completamiento del pozo Ágata 11D



**Fuente.** Modificado de Gerencia de Yacimientos. META PETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Registros petrofísicos y de cementación pozos Ágata.

### 3.2.3 Pozo Ágata 12D

**Figura 36.** Identificación de las características Petrofísicas, de Cementación y Completamiento del pozo Ágata 12D

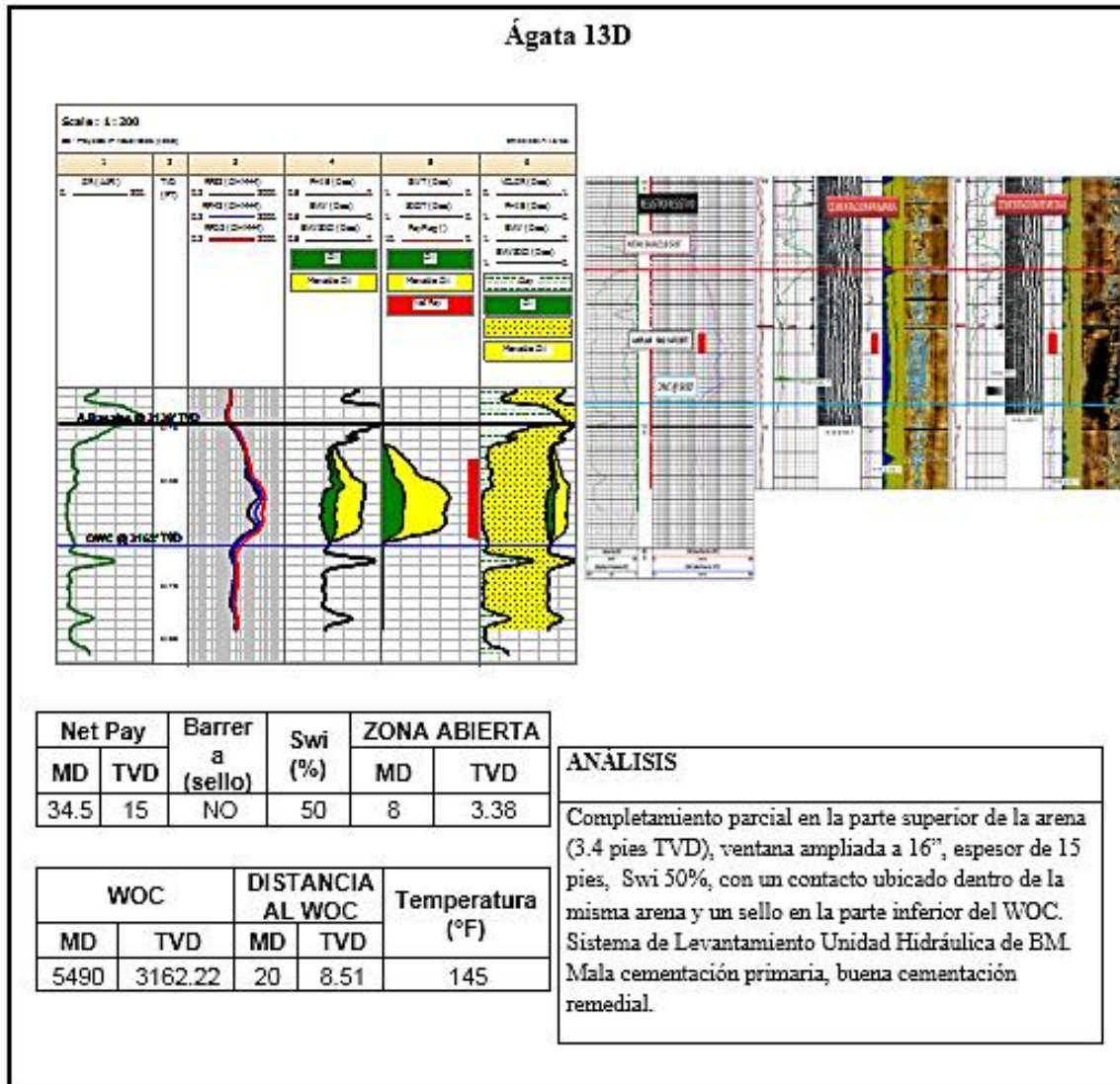


**Fuente.** Modificado de Gerencia de Yacimientos. META PETROLEUM CORP. PACIFIC E&P.  
Registros petrofísicos y de cementación pozos Ágata.

El pozo Ágata 12D se caracteriza por tener una buena calidad en el cemento y adherencia cemento-CSG, cemento formación, ser un pozo desviado perforado hasta antes del WOC, saturación inicial menor al 60%, lo que permite inferir que probablemente los cortes de agua son menores a los pozos que se perforaron hasta el WOC y que tienen mala o regular cementación.

### 3.2.4 Pozo Ágata 13D

Figura 37. Identificación de las características Petrofísicas, de Cementación y Completamiento del pozo Ágata 13D



**Fuente.** Modificado de Gerencia de Yacimientos. META PETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Registros petrofísicos y de cementación pozos Ágata.

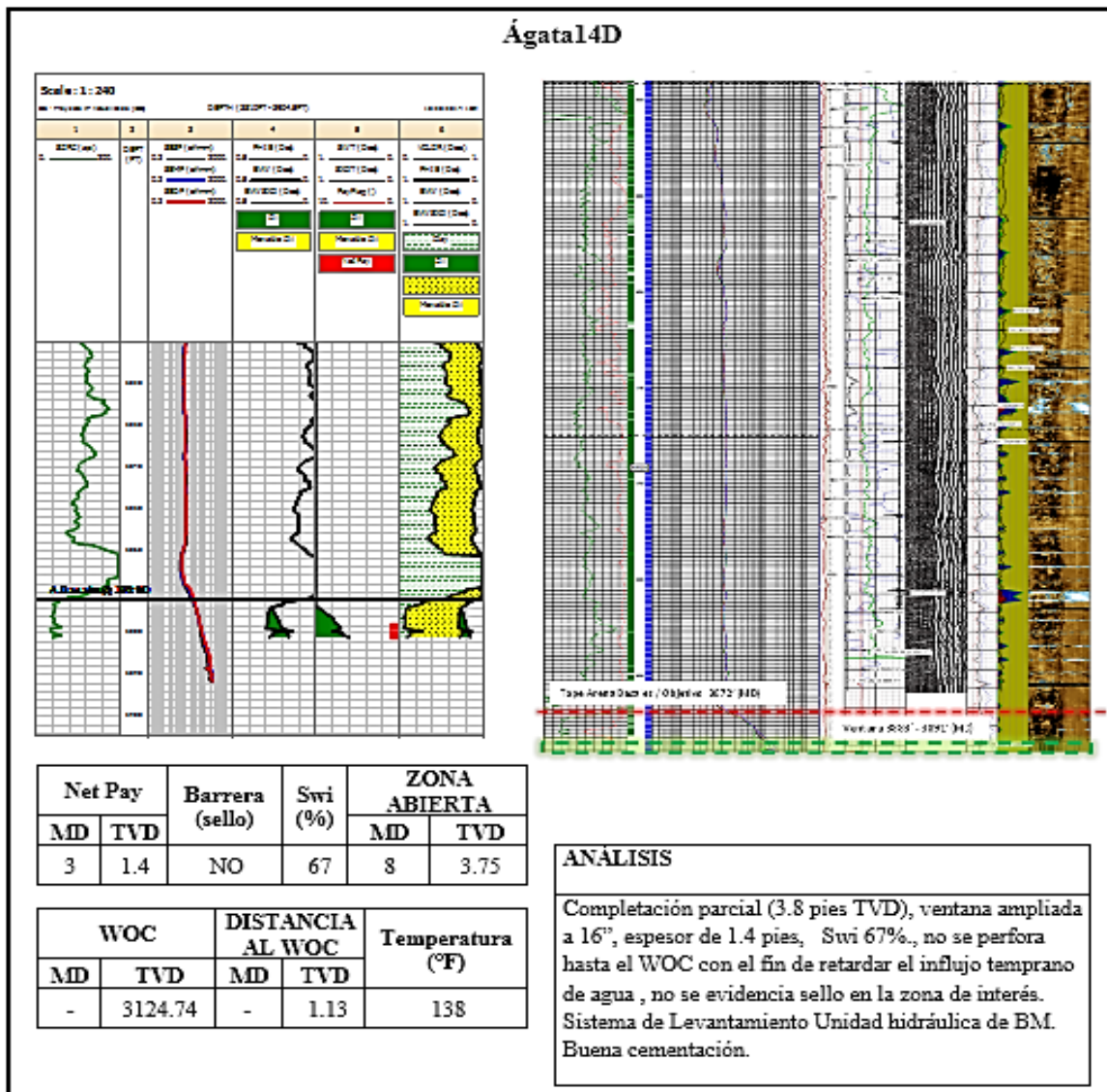
En el pozo Ágata13D se realizó el completamiento en la parte superior de la arena, tiene el contacto agua aceite dentro de zona de interés y no cuenta con una barrera, lo que indica, que los cortes de agua se verán influenciados de especial manera por el WOC; se evidenció mala cementación primaria, motivo por el cual se decidió realizar cementación remedial, la cual tiene características buenas.



### 3.2.5 Pozo Ágata 14D

El pozo 14D no se perfora hasta el WOC, con el fin de retardar el influjo temprano de agua, muestra buena cementación, motivo por el cual, posiblemente sea un pozo que maneje %BSW menores a los pozos que se perforaron hasta el WOC, sin embargo, la saturación inicial es superior al 60% lo que puede afectar el influjo de agua hacia la superficie.

**Figura 38.** Identificación de las características Petrofísicas, de Cementación y Completamiento del pozo Ágata 14D

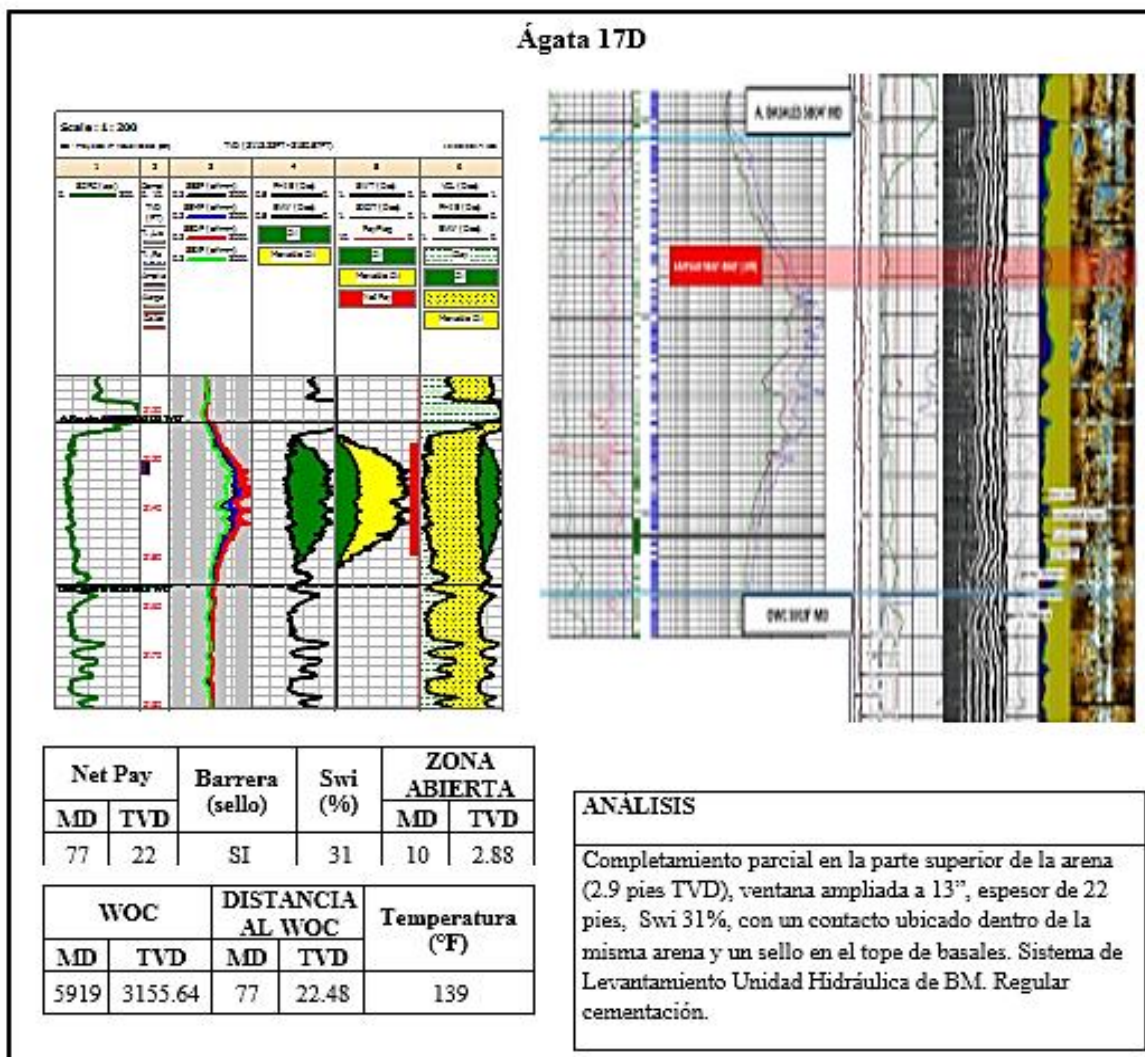


**Fuente.** Modificado de Gerencia de Yacimientos. META PETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Registros petrofísicos y de cementación pozos Ágata.

### 3.2.6 Pozo Ágata 17D

El pozo 17D fue el último pozo Ágata en ser perforado, tiene completamiento en la parte superior de la arena, saturación inicial menor al 35% y una distancia al WOC de 22 ft TVD, las características anteriores favorecen el retardar el influjo temprano de agua, sin embargo, aunque existen una distancia prudente al contacto este se encuentra dentro de la arena de interés y no cuenta con una barrera que retarde la influencia del WOC en la entrada de agua.

**Figura 39.** Identificación de las características Petrofísicas, de Cementación y Completamiento del pozo Ágata 17D



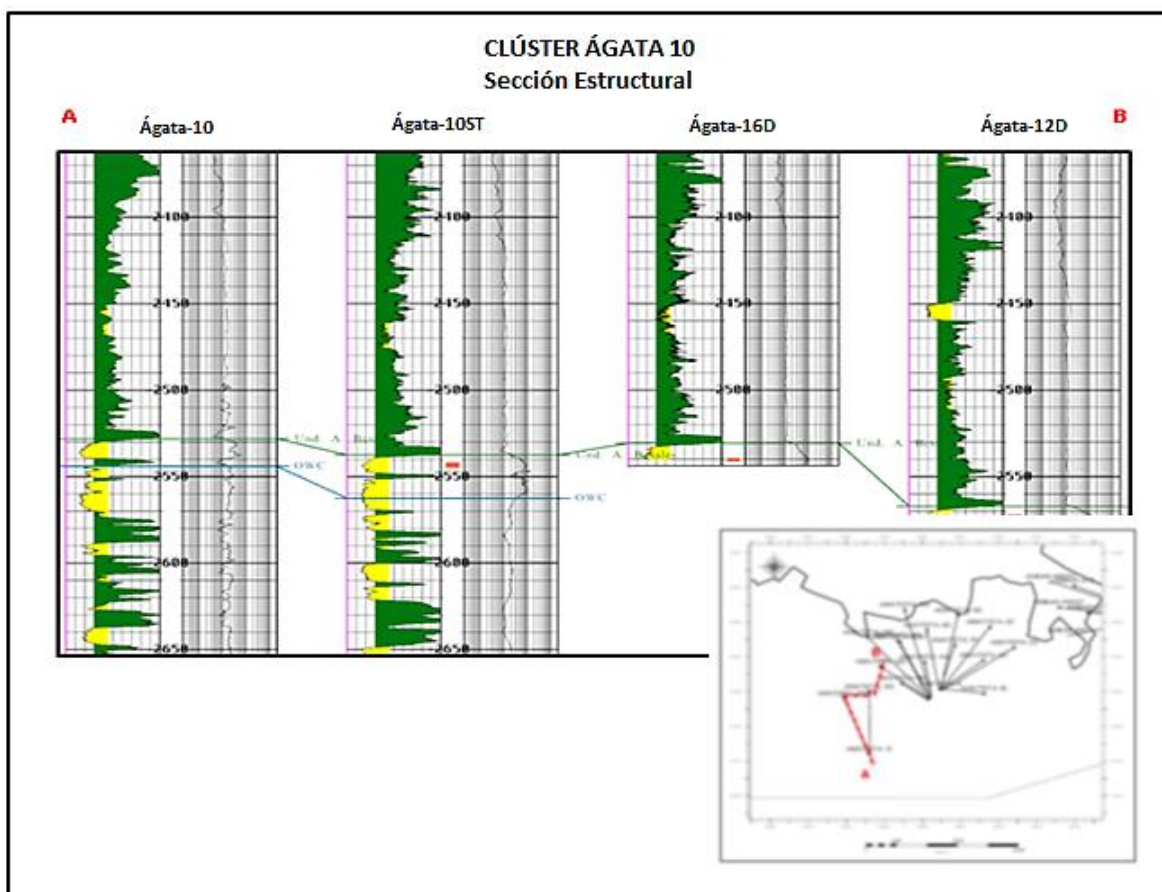
**Fuente.** Modificado de Gerencia de Yacimientos. META PETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Registros petrofísicos y de cementación pozos Ágata.

Es un pozo que cuenta con regular cementación, en el registro se evidencia un canal el cual no es continuo, por lo tanto no debe favorecer a la migración de fluidos hacia la zona productora, adicional a esto no se observa la posibilidad para la realización de un forzamiento de cemento.

Al clúster 9D pertenecen 6 pozos, de los cuales 1 tienen Side Track (ST), al pozo 13D se le realizó cementación remedial, todos tienen como sistema de levantamiento bombeo mecánico y como completamiento ventana ampliada, algunos pozos se perforaron antes del WOC con el fin de retardar el influjo de agua y tienen saturaciones iniciales entre el 35% y 68%.

### 3.3 CLÚSTER ÁGATA 10

Figura 40. Sección Estructural Clúster Ágata 10.



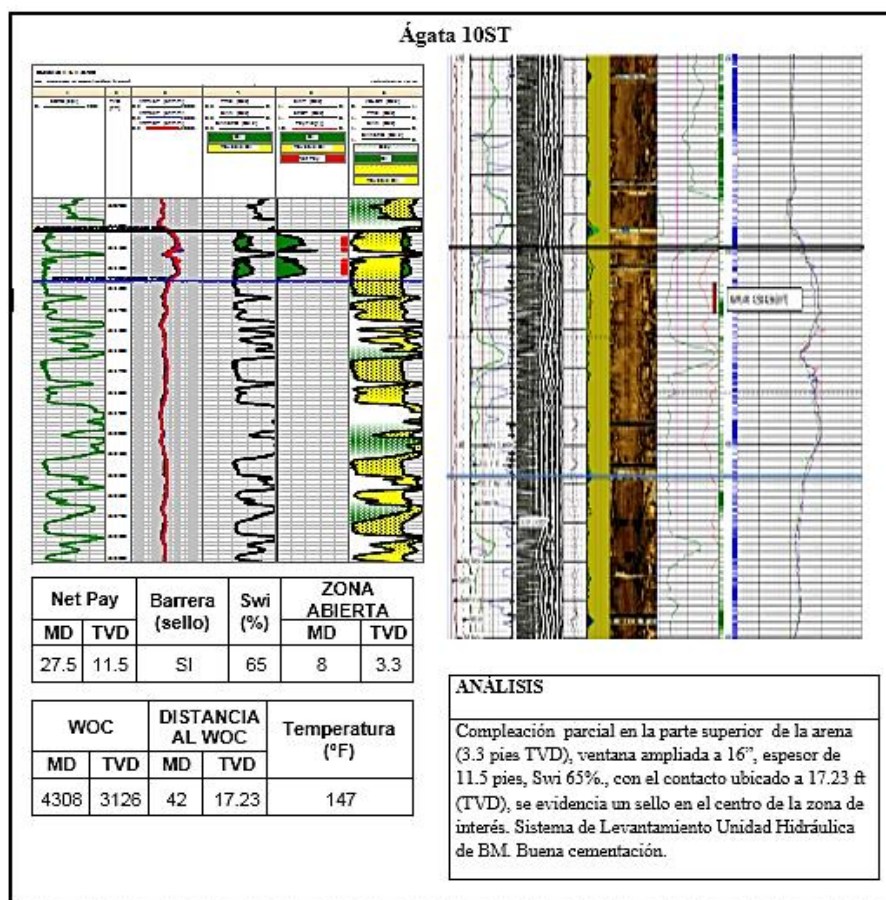
Fuente. Modificado de Gerencia de Yacimientos. META PETROLEUM CORP. PACIFIC E&P.  
Secciones estructurales pozos Ágata.



La sección estructural de este clúster muestra que tiene continuidad en la arena; se observa la relación existente entre los pozos 10D y 10ST y a su vez la correlación de estos con el pozo 16D el cual se perfora hasta antes de llegar al WOC, por lo anterior podemos deducir que probablemente el pozo 10ST tenga un mayor BSW que el 16D y un influjo temprano de agua, sin embargo, éste a diferencia del 16D presenta una barrera entre la zona de interés y el contacto lo que puede generar que ambos pozos presenten características similares en cuanto a sus cortes de agua, debido a que uno se ve beneficiado por la presencia de una barrera y el otro por la forma en que se llevó a cabo su perforación (Ver Figura 40).

### 3.3.1 Pozo Ágata 10ST

**Figura 41.** Identificación de las características Petrofísicas, de Cementación y Completamiento del pozo Ágata 10ST

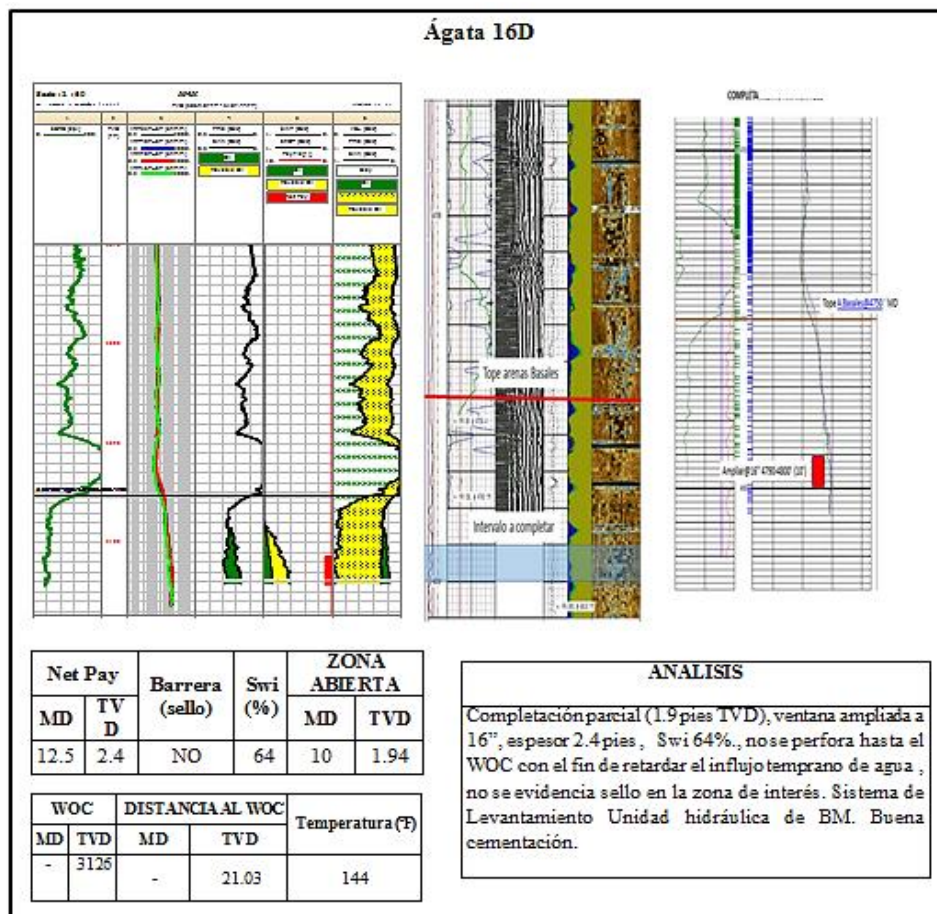


**Fuente.** Modificado de Gerencia de Yacimientos. META PETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Registros petrofísicos y de cementación pozos Ágata.

El pozo 10ST se completa en la parte superior de la arena, el contacto agua/aceite se encuentra ubicado por debajo de un barrera o sello que se observa con valor de 200 API según el registro Gamma Ray, se encuentra a una distancia considerable del WOC (17 ft TVD), además presenta buena calidad y adherencia cemento-CSG, cemento-formación, características que permiten deducir que posiblemente el BSW de este pozo sea menor al de los pozos que no poseen una barrera entre la zona de interés y el WOC y aquellos que tienen regular y mala cementación.

### 3.3.2 Pozo Ágata 16D

**Figura 42.** Identificación de las características Petrofísicas, de Cementación y Completamiento del pozo Ágata 16D



**Fuente.** Modificado de Gerencia de Yacimientos. META PETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Registros petrofísicos y de cementación pozos Ágata.



El pozo 16D cuenta con buena cementación, es un pozo que no se perforó hasta el WOC, lo anterior puede verse reflejado en que el influjo de agua temprano se retarde y el BSW sea menor al de los pozos perforados hasta el WOC, sin embargo, cuenta con una saturación inicial mayor al 60% y altas saturaciones de agua en la parte superior de la arena de interés, lo cual puede generar mayor sensibilidad en los cortes de agua.

El clúster 10 está compuesto por 2 pozos, uno perforado antes del WOC, el otro con perforación hasta el WOC y ST, buena cementación, saturaciones iniciales entre el 30% y 65%, sistema de levantamiento de bombeo mecánico y completamiento ventana ampliada.

### 3.4 RESULTADOS DEL ANÁLISIS REALIZADO A NIVEL DE YACIMIENTO

Una vez hecho el análisis de cada uno de los pozos los podemos clasificar en dos grupos como se muestra a continuación:

**Tabla 21.** Pozos perforados hasta el WOC

| Pozo       | Clúster  | Tipo de Pozo | Net Pay (TVD) | Swi (%) | Zona Abierta (TVD) | Tipo de Completamiento | Calidad del Cemento | Sello o Barrera entre el WOC y la zona abierta a producción | Pozos con el WOC dentro de la arena productora |
|------------|----------|--------------|---------------|---------|--------------------|------------------------|---------------------|---|--|
| ÁGATA-1D   | ÁGATA-3D | D            | 15            | 57      | 5.19               | Cañoneo                | Buena               |   | ✓  |
| ÁGATA-2D   | ÁGATA-3D | D            | 20            | 51      | 5.24               | Ventana a 16"          | Buena               | ✓   |  |
| ÁGATA-3D   | ÁGATA-3D | D            | 21            | 37      | 3.63               | Cañoneo                | Regular             | ✓   |  |
| ÁGATA-4D   | ÁGATA-3D | D            | 24            | 43      | 10.17              | Cañoneo                | Buena               |   | ✓  |
| ÁGATA-5D   | ÁGATA-3D | D            | 31            | 41      | 6.42               | Ventana a 13"          | Buena               | ✓   |  |
| ÁGATA-006  | ÁGATA-3D | v            | 13            | 54      | 5.00               | Cañoneo                | Buena               |   | ✓  |
| ÁGATA-8D   | ÁGATA-3D | D            | 23            | 38      | 5.18               | Ventana a 16"          | Regular             |   | ✓  |
| ÁGATA-10ST | ÁGATA-10 | D            | 12            | 65      | 3.30               | Ventana a 16"          | Buena               | ✓   |  |
| ÁGATA-11D  | ÁGATA-9D | D            | 21            | 35      | 5.67               | Ventana a 16"          | Buena               |   | ✓  |
| ÁGATA-13D  | ÁGATA-9D | D            | 15            | 50      | 3.38               | Ventana a 13"          | Buena               |   | ✓  |
| ÁGATA-17D  | ÁGATA-9D | D            | 22            | 31      | 2.88               | Ventana a 13"          | Regular             |   | ✓  |

Fuente. Autores

**Tabla 22.** Pozos NO perforados hasta el WOC

| Pozo       | Clúster  | Tipo de Pozo | Net Pay (TVD) | Swi (%) | Zona Abierta (TVD) | Tipo de Completamiento | Calidad del cemento |
|------------|----------|--------------|---------------|---------|--------------------|------------------------|---------------------|
| ÁGATA-7H   | ÁGATA-3D | Horizontal   | 245.5         | 46      | 3.31               | Liner ranurado de 4.5" | Regular             |
| ÁGATA-9DST | ÁGATA-9D | Desviado     | 8.5           | 42      | 4.61               | Ventana a 16"          | Regular             |
| ÁGATA-12D  | ÁGATA-9D | Desviado     | 2.64          | 57      | 3.22               | Ventana a 16"          | Buena               |
| ÁGATA-14D  | ÁGATA-9D | Desviado     | 1.4           | 67      | 3.75               | Ventana a 16"          | Buena               |
| ÁGATA-16D  | ÁGATA-10 | Desviado     | 2.4           | 64      | 1.94               | Ventana a 16"          | Buena               |

Fuente. Autores

Cabe aclarar que para definir los pozos en los que el contacto está dentro de la arena productora se tuvieron en cuenta solamente aquellos que fueron perforados hasta el WOC, ya que proporcionan la información necesaria para esta clasificación.

Los pozos presentan saturaciones iniciales de agua (Swi) que oscilan entre 31-67%. Los valores más pequeños (Swi<50%) corresponden a los pozos Ágata 11D, 3D, 8D y 5D. En contraste, los pozos que presentan valores más altos (Swi>60%) son el Ágata 16D, 10ST y 14D.

En la Tabla 17 se muestran también los pozos en los cuales el WOC está dentro de la arena productora los cuales tienen posibilidades de presentar altos cortes de agua desde la etapa temprana de producción, lo que también se evidencia en los altos valores de Swi que registran algunos de ellos, así por ejemplo el Ágata 6, 1D y 10ST con Swi de 54, 57 y 65 % respectivamente.

La Tabla 18 muestra los 5 pozos en los que se decidió no perforar hasta el contacto con el fin de retardar el influjo de agua y en los cuales el completamiento se llevó a cabo en la parte superior de la arena productora.

Teniendo en cuenta la información de las tablas 17 y 18 y las propiedades del yacimiento descritas en el capítulo, se determina que probablemente los pozos que tienen mejores condiciones en la producción de aceite, debido a que presentan características de yacimiento favorables son los pozos Ágata 2D,3D, 5D y 10ST, los cuales evidencian barrera entre el contacto y la zona abierta a producción; esta propiedad permitiría que se retarde el influjo de agua desde la zona de agua libre y posiblemente tener porcentajes de BSW que no llegarán fácilmente a los 90% por lo menos en la fase inicial de producción de los pozos (3 meses). La calidad del cemento de estos pozos es buena a excepción del Ágata

3D, el cual presenta cementación regular y además se le realizó completamiento con cañoneo a diferencia de los otros en los cuales se empleó ventana ampliada. Los pozos mencionados anteriormente fueron abiertos a producción con sistema de levantamiento por Bombeo Mecánico (BM).

Los pozos Ágata 7H y 9DST tienen saturación inicial de agua menor al 50%, no fueron perforados hasta el WOC y no tienen barrera; se esperaría que estos pozos presenten bajo BSW inicial debido a la forma en que fueron perforados ya que al no llegar hasta el WOC se presume un influjo tardío de agua; es importante tener en cuenta, que ambos pozos tienen regular cementación. El Ágata 7H fue cañoneado y produce con sistema de levantamiento Electrosumergible, mientras que el ágata 9DST tiene ventana ampliada y Bombeo Mecánico, lo cual, a pesar de que tienen características petrofísicas similares, puede generar diferencias considerables en cuanto a su producción.

Los pozos Ágata 4D, 8D, 11D, 13D y 17D se pueden considerar prospectivos si se tiene en cuenta que su Swi es menor al 50%, sin embargo, estos pozos tienen el contacto dentro de la arena productora, motivo por el cual, los cortes de agua asociados al contacto pueden ser bastante altos y la producción de crudo baja con respecto a la producción de agua.

Los pozos Ágata 12D,14D,16D podrían presentar una producción de aceite menor a la de los pozos mencionados anteriormente debido a las características de yacimiento que presentan, ya que son pozos con Swi superior al 50% y por consiguiente desde sus inicios se podrían evidenciar altos cortes de agua.

Finalmente los pozos que se consideran menos prospectivos son el pozo Ágata 1D y el pozo Ágata 6, debido a que sus características de yacimiento son propicias para generar altos cortes de agua y por ende baja producción de crudo con respecto a la cantidad de fluido que se produce; estos pozos tienen saturación inicial de agua superior al 50%, adicional a esto fueron perforados hasta el WOC y no presentan barrera que contribuya en retardar el aporte de agua; ambas condiciones reflejan las posibilidades de generar altos valores de BSW.

En conclusión, según la descripción principal a nivel de yacimiento de los pozos del sector Ágata, los que resultan ser más prospectivos en cuanto a producción de crudo son los pozos Ágata 2D, 3D, 5D y los menos prospectivos son los pozos Ágata 1D y 6.

**Tabla 23.** Pozos considerados prospectivos teniendo en cuenta las características de yacimiento evaluadas

| POZO       | CLUSTER  | TIPO DE POZO | PETROFÍSICA |       |                 |         |              |      |      |      |                  |       |                  |
|------------|----------|--------------|-------------|-------|-----------------|---------|--------------|------|------|------|------------------|-------|------------------|
|            |          |              | Net Pay     |       | Barrera (sello) | Swi (%) | ZONA ABIERTA |      | WOC  |      | DISTANCIA AL WOC |       | Temperatura (°F) |
|            |          |              | MD          | TVD   |                 |         | MD           | TVD  | MD   | TVD  | MD               | TVD   |                  |
| ÁGATA-002D | ÁGATA 3D | D            | 60          | 20    | SI              | 51      | 16           | 5,24 | 5462 | 3157 | 132              | 43,62 | 138              |
| ÁGATA-003D | ÁGATA 3D | D            | 45,5        | 21    | SI              | 37      | 8            | 3,63 | 4902 | 3174 | 66               | 30,23 | 136              |
| ÁGATA-005D | ÁGATA 3D | D            | 64          | 31,05 | SI              | 41      | 14           | 6,42 | 5040 | 3183 | 80               | 39,36 | 129              |

Fuente. Autores

Como se puede evidenciar en la Tabla 23 los pozos con características como arena neta productora mayor a 20 pies, zona abierta mayor a 3 pies, distancia al contacto superior a 30 pies y sobretodo presencia de una barrera entre el contacto y la zona abierta a producción son pozos que resultan ser los más prospectivos desde el punto de vista de características de yacimiento.

Esto se contrastará con lo obtenido en el capítulo 4 en donde se analizará información de la producción de crudo, agua, fluidos y BSW, entre otros parámetros que permitirán identificar con mayor certeza cuáles son los mejores pozos, la influencia de las características de yacimiento en los mismos y en consecuencia determinar cuáles son los parámetros más influyentes y la mejor manera de llevar los pozos en cuanto a optimización.

Para futuras perforaciones se recomienda realizar los completamientos teniendo en cuenta la ubicación del WOC y las saturaciones que se presentan en la parte superior de la arena, así como las características de lenticularidad de la zona.

## **4. ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LOS POZOS DEL SECTOR ÁGATA**

Los pozos del Sector Ágata, como se ha mencionado anteriormente, presentan un comportamiento individual y diferente, es decir, que el comportamiento histórico de cada pozo responde a sus propiedades. Para poder analizar la historia de cada uno de ellos se tendrá en cuenta desde su perforación y completamiento, pasando por las características de la sección atravesada, su completamiento a nivel de arena productora y sus equipos mecánicos (incluyendo bombeo) hasta la operación (“optimización”) del mismo y la relación entre las condiciones de operación y la respuesta del punto de drenaje (en lo referente a tasa y corte de agua).

En este capítulo nos referiremos al comportamiento de los pozos desde el punto de vista de producción, evaluando su historial de optimización, de producción y Sistemas de Levantamiento Artificial utilizados. Además, se plantean recomendaciones, teniendo en cuenta las características petrofísicas, de perforación y completamiento descritas en el capítulo anterior, acerca de cómo llevar los pozos (frecuencias), tasas de producción óptimas estimadas, ventajas y desventajas del Sistemas de Levantamiento Artificial de cada pozo.

### **4.1 EVALUACIÓN DE HISTÓRICOS DE PRODUCCIÓN DE CADA POZO**

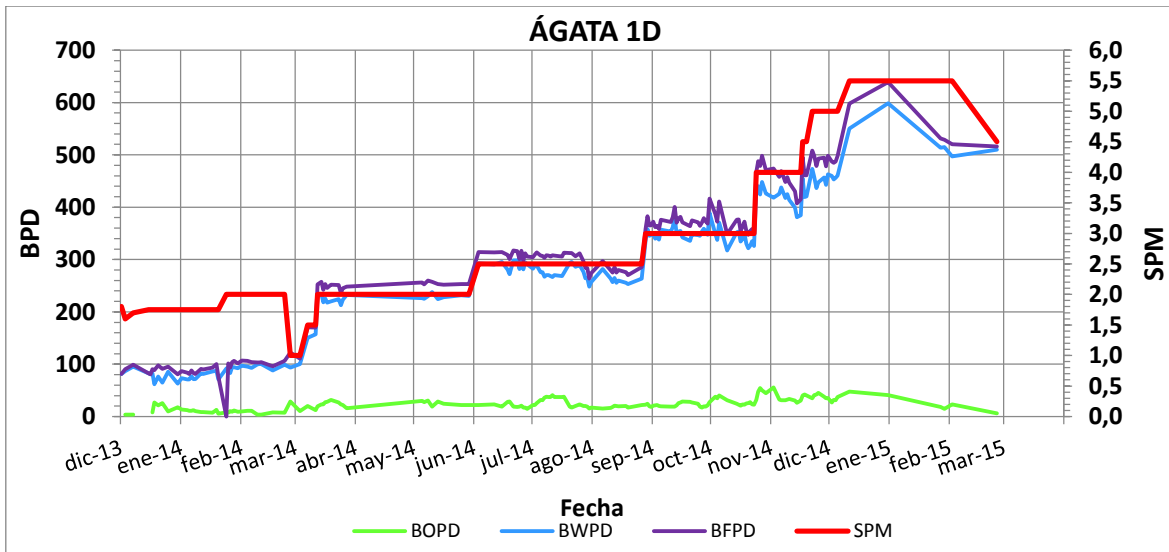
#### **4.1.1 Pozo Ágata 1D**

El pozo Ágata 1D inicia su etapa de producción a finales del año 2013 con Sistema de Levantamiento Artificial (ALS) por Bombeo Mecánico operando a 1 SPM; a dicha condición no se realizó prueba representativa del pozo, se cuenta con un caudal inicial promedio de 90 BFPD a una condición de 1,75 SPM. El historial de producción del pozo muestra desde su etapa inicial cortes de agua superiores al 75%.

Durante aproximadamente 8 meses se realizan incrementos continuos de 0.5 SPM a lo que el pozo responde con valores estables de BSW entre 90 y 95%, posteriormente se realiza un incremento de 1 SPM en el mes de noviembre de 2014 provocando un incremento en la producción de fluidos, así como una pequeña reducción del BSW. Sin embargo, al continuar con la optimización y

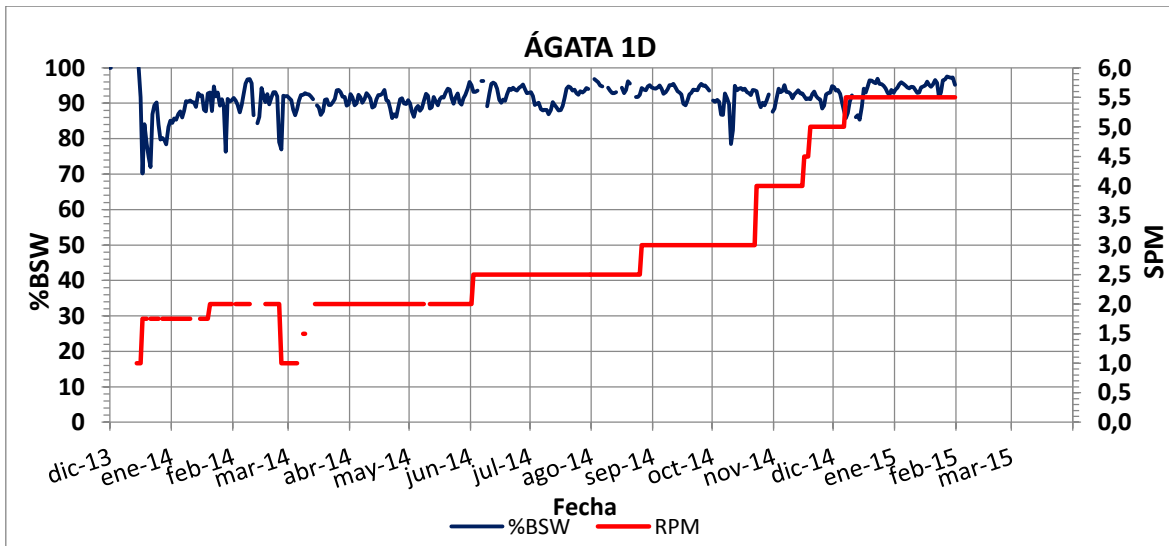
cuando el pozo empieza a producir a 5 SPM el BSW aumenta hasta superar valores del 95% manejando caudales superiores 600 BFPD.

**Gráfica 3. BPD vs SPM pozo Ágata 1D**



Fuente. Autores

**Gráfica 4. %BSW vs SPM pozo Ágata 1D**



Fuente. Autores

Después de analizar el comportamiento histórico del pozo se puede concluir que el alto corte de agua observado desde sus inicios corresponde única y

exclusivamente a que el contacto agua aceite está ubicado dentro de la arena productora.

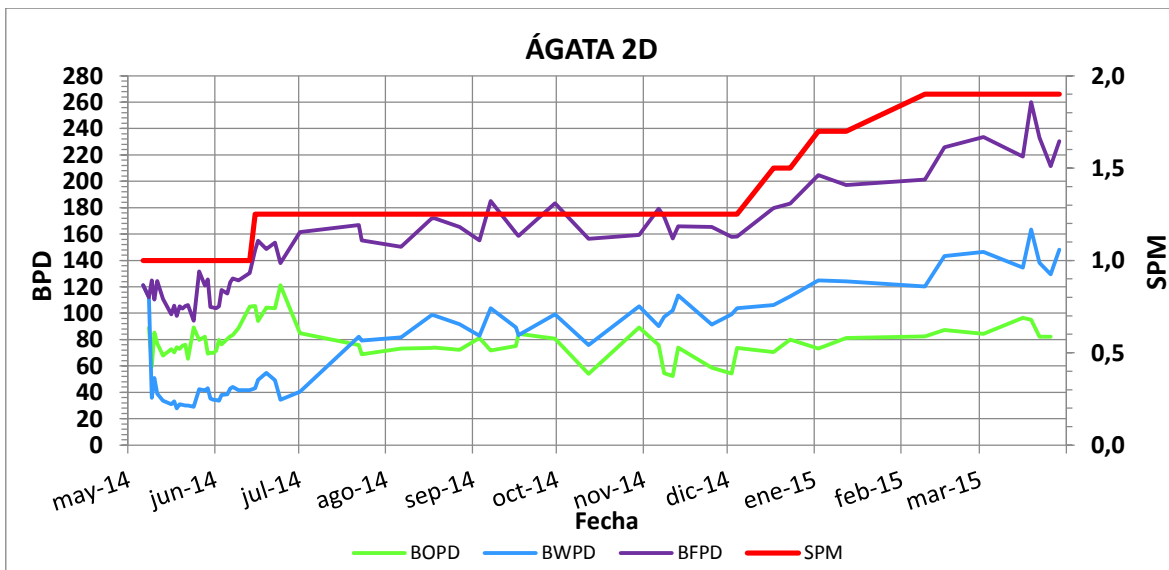
El diseño de la bomba instalada es concordante con la afluencia del pozo y con las limitaciones operativas que en su momento tenía el campo debido a la falta de logística de transporte, adicionalmente se observa que se generan DD (Drawdown) promedio de 115 psi (ver Anexos 7 y 23) cada vez que se incrementa 0.5 SPM en el sistema de levantamiento esto debido al bajo Índice de Productividad del pozo lo que nos lleva a concluir que adicionalmente al tipo de sistema de levantamiento que se instale en el pozo el DD está influenciando directamente el Índice de productividad del mismo.

Considerando que para pozos futuros se cuente con líneas de producción, la recomendación es desde su etapa inicial llevarlo rápidamente a su potencial en el menor tiempo posible.

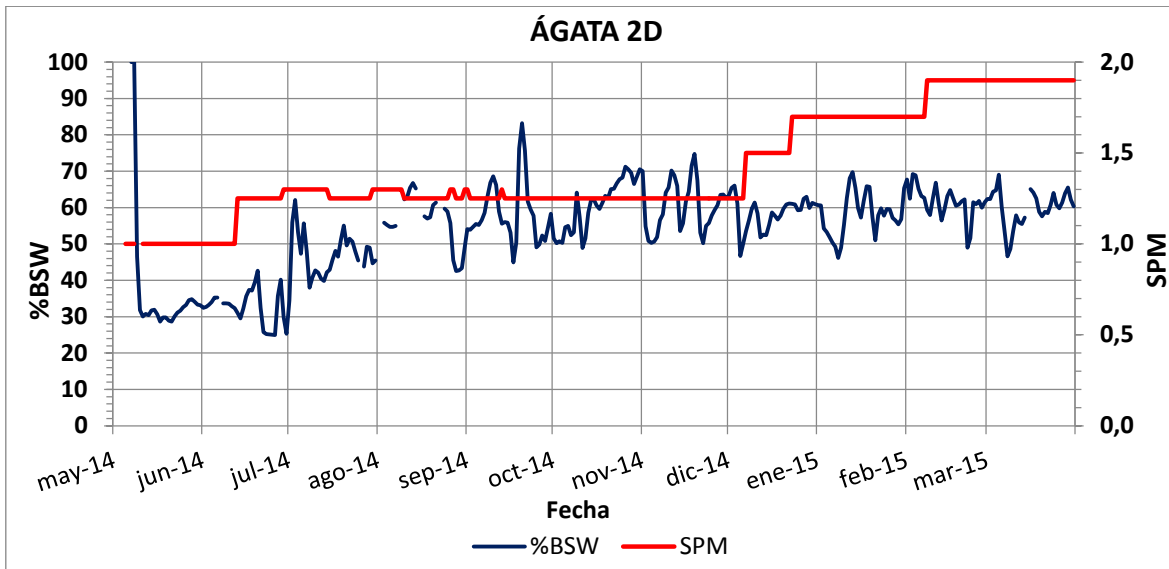
#### 4.1.2 Pozo Ágata 2D

El pozo Ágata 2D empezó a producir en Mayo de 2014 a 1 SPM y una tasa de inicial promedio de 100 BFPD con corte de agua de 30% trabajando con sistema de levantamiento por Bombeo Mecánico.

Gráfica 5. BPD vs SPM pozo Ágata 2D



**Gráfica 6. %BSW vs SPM pozo Ágata 2D.**



Fuente. Autores

El comportamiento de BSW durante el primer mes de producción se mantuvo por debajo de 40% manejando caudales menores a 160 BFPD. Sin embargo, pasado un mes de producción se decide empezar a optimizar generando un considerable aumento en los cortes de agua ( $BSW > 55\%$ ); tras mantener la frecuencia estable (1.25 SPM) por más de 4 meses y observar una relativa estabilidad en los cortes de agua se decide seguir optimizando hasta alcanzar una frecuencia de 1.9 SPM, valor al cual el BSW no supera el 70%. La respuesta positiva que muestra el pozo ante los incrementos de frecuencia puede estar relacionada con la presencia de la barrera entre la zona abierta a producción y el contacto agua/aceite.

El diseño de la bomba instalada es concordante con la afluencia del pozo y con las limitaciones operativas que en su momento tenía el campo debido a la falta de logística de transporte.

El pozo 2D evidencia DD promedio de 21 psi (ver Anexos 8 y 23); el Índice de productividad está influenciado principalmente por el incremento de caudal.

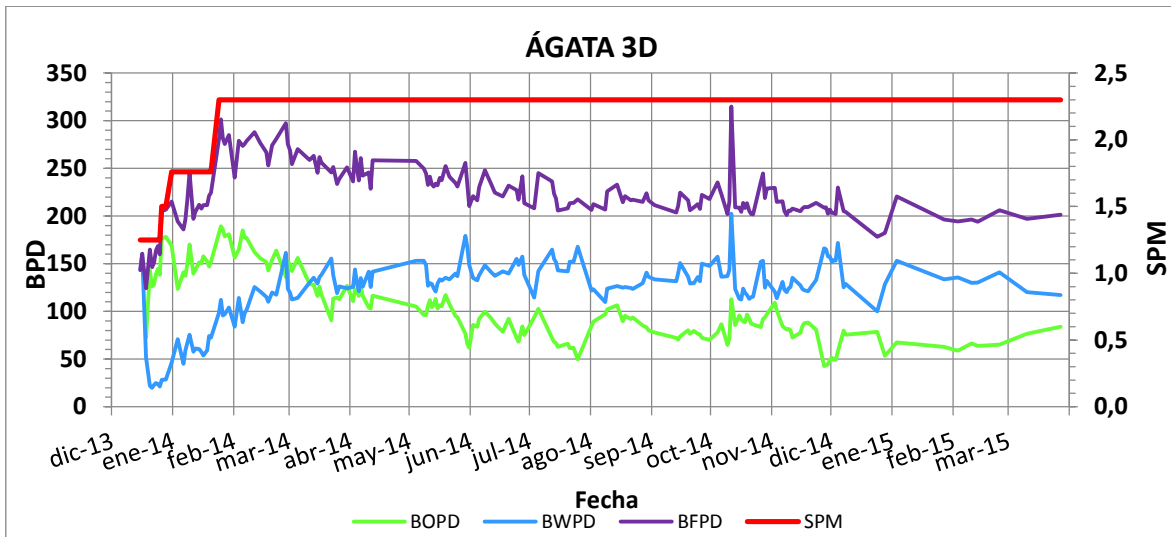
En caso de observar estabilidad en el comportamiento del BSW continuar con los planes de optimización.



### 4.1.3 Pozo Ágata 3D

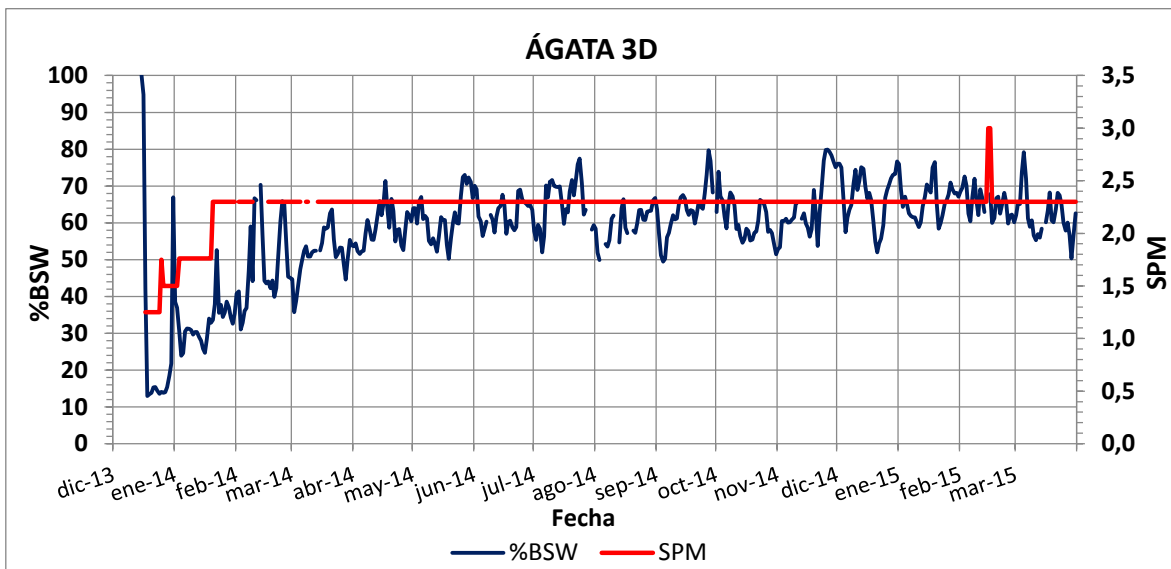
El pozo Ágata 3D empezó a producir en el año 2013 con sistema de levantamiento de Bombeo Mecánico a 1 SPM, a dicha condición no se realizó prueba del pozo, se cuenta con un caudal inicial promedio de 150 BFPD a una condición de 1.25 SPM.

Gráfica 7. BPD vs SPM pozo Ágata 3D



Fuente. Autores

Gráfica 8. %BSW vs SPM pozo Ágata 3D



Fuente. Autores

Durante el primer mes de producción el BSW se mantuvo por debajo de 40% manejando caudales menores a 230 BFPD. Sin embargo, tras realizar incrementos de frecuencia se observa aumento en el BSW a valores por encima del 60% pero no supera el 80%. Estos valores se pueden considerar como buenos si se tienen en cuenta datos registrados en otros pozos del sector.

El pozo Ágata 3D hace parte del grupo de pozos con barrera entre el contacto y la arena de interés lo que se ve reflejado en la estabilidad de los cortes de agua en valores por debajo del 70%.

El índice de productividad bajo de este pozo se ve influenciado por los altos valores de DD registrados (ver Anexos 9 y 23).

En caso se observarse estabilidad en el comportamiento del BSW suspender la optimización hasta que sea necesario nuevamente. El tiempo óptimo para dar inicio a la optimización se recomienda que sea mayor a 1 mes.

#### **4.1.4 Pozo Ágata 4D**

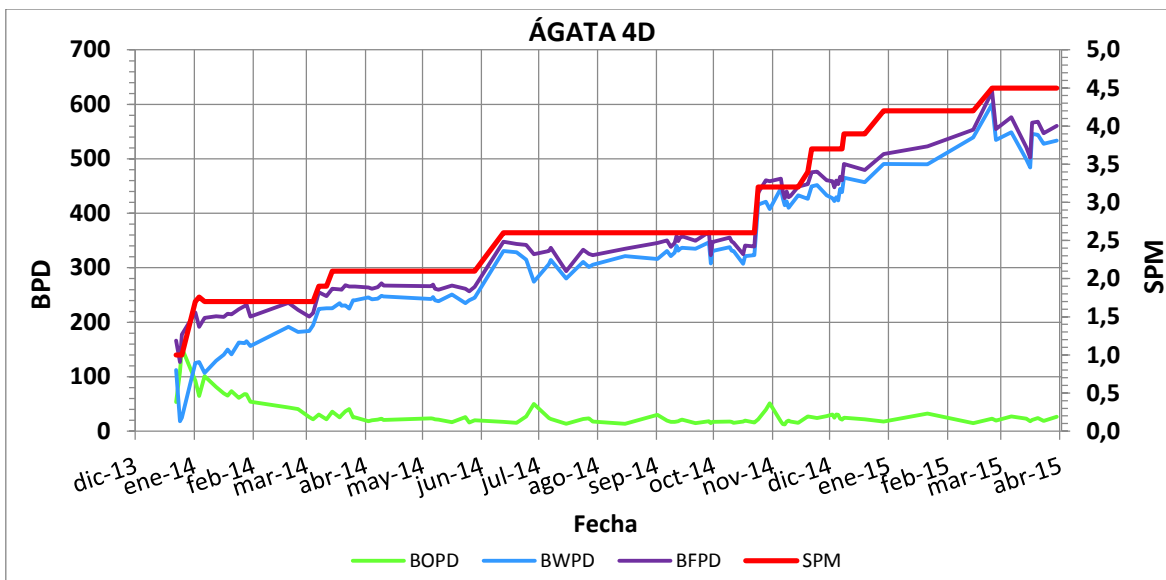
El pozo Ágata 4D inicia su etapa de producción en diciembre del año 2013 con Sistema de Levantamiento Artificial (ALS) por Bombeo Mecánico operando a 1 SPM con un caudal inicial promedio de 166 BFPD.

Este pozo tiene el contacto dentro de la misma arena debido a esto después del primer mes de producción evidencia cortes de agua superiores a 60% y gran sensibilidad del BSW ante los incrementos de frecuencia, llegando rápidamente a la condición actual de 95% de BSW.

El pozo 4D evidencia DD promedio de 100 psi en el sistema de levantamiento, sin embargo, el Índice de productividad está influenciado principalmente por el incremento de caudal (ver Anexos 10 y 23).

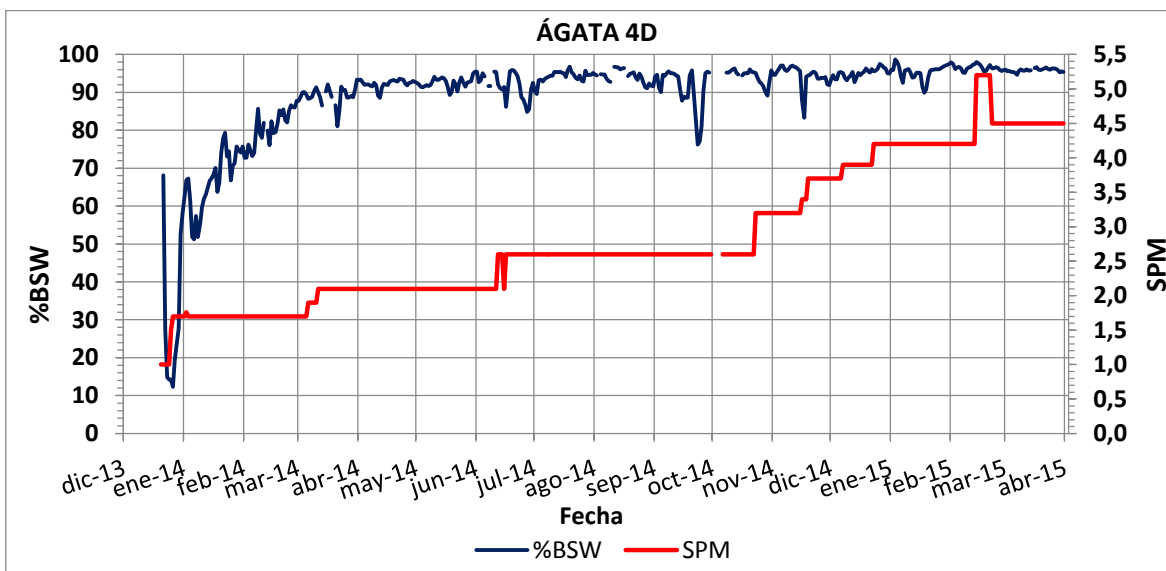
Se recomienda que en pozos con comportamiento similar al Ágata 4D se dé inicio a la optimización y se lleve a su potencial en el menor tiempo posible, una vez se observe un constante y considerable aumento de los cortes de agua con el fin de compensar la producción de netos.

**Gráfica 9.** BPD vs SPM pozo Ágata 4D.



Fuente. Autores

**Gráfica 10.** %BSW vs SPM pozo Ágata 4D

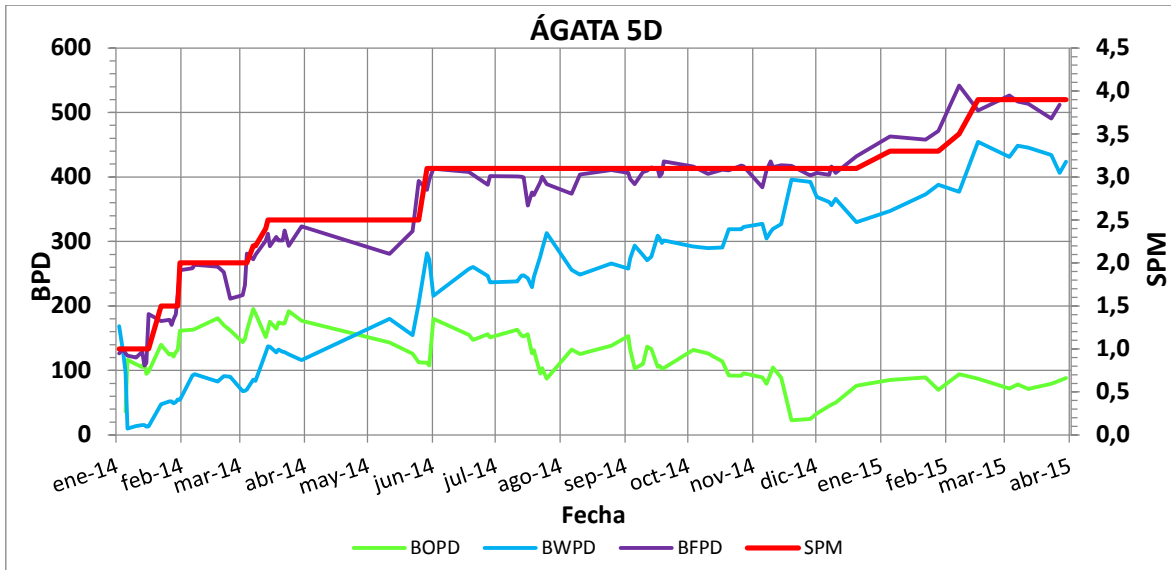


Fuente. Autores.

#### 4.1.5 Pozo Ágata 5D

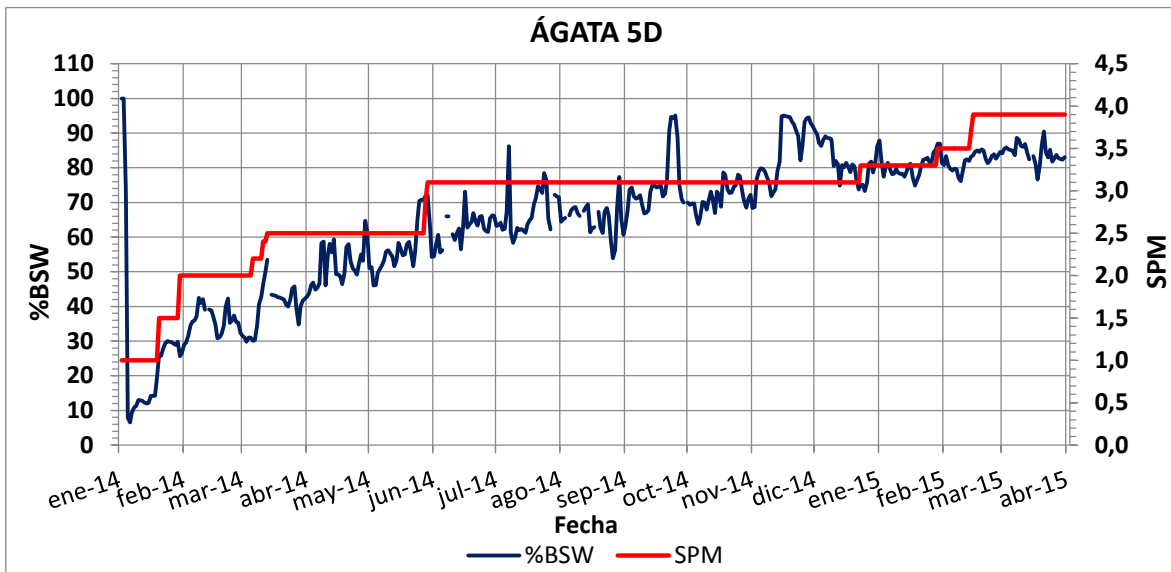
El pozo Ágata 5D inicia su etapa de producción enero de 2014 trabajando con Sistema de Levantamiento por Bombeo Mecánico operando a 1 SPM a dicha se cuenta con un caudal inicial promedio de 127 BFPD.

**Gráfica 11. BPD vs SPM pozo Ágata 5D**



Fuente. Autores.

**Gráfica 12. %BSW vs SPM pozo Ágata 5D.**



Fuente. Autores.

El pozo Ágata 5D se empezó a optimizar pasados aproximadamente 15 días después de empezar a producir y cuando se manejaban tasas de alrededor de 150 BFPD con un BSW de 30%. Cuando se mantuvieron frecuencias inferiores a 2.0 SPM se registra un aumento de barriles de agua producidos al tiempo que

aumenta también la producción de aceite. Tras realizar incrementos de 0.5 se evidencia un constante aumento de la tasa de agua hasta llegar a valores de aproximadamente 90% donde se ha mantenido, lo que estaría influenciado por la presencia de la barrera entre el contacto y la zona abierta a producción.

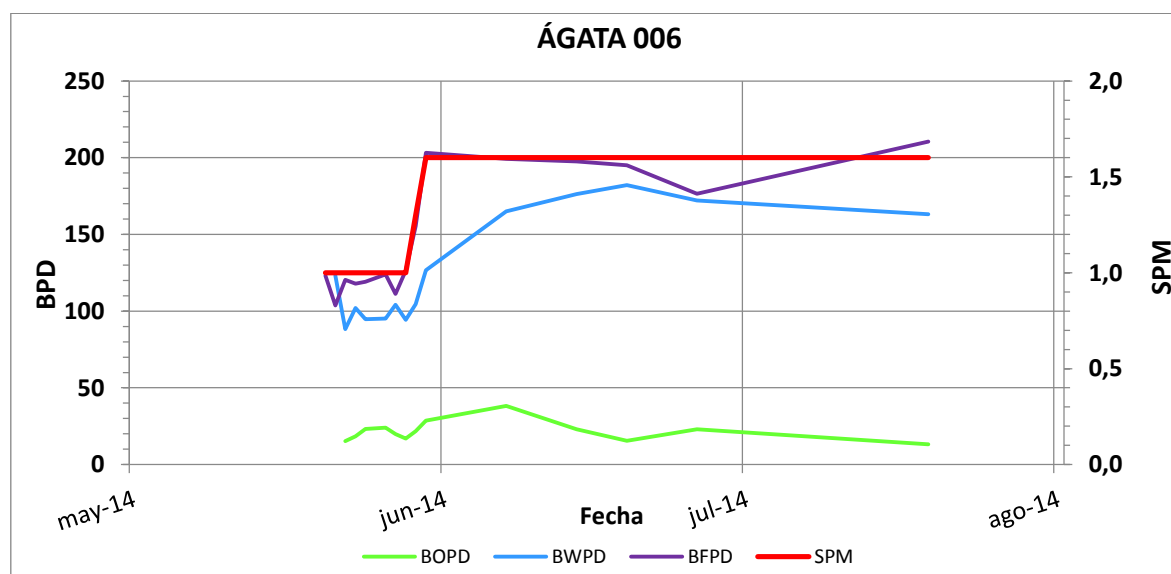
Se observa que cuando se realizan incrementos de 0.5 SPM los DD que se generan son más altos que los que se registran cuando se manejan valores de 0.3 SPM (ver Anexos 11 y 23), además se evidencia que el índice de productividad incrementa con el tiempo influenciado tanto por el caudal como por los aumentos de DD.

Teniendo en cuenta el buen comportamiento que muestra este tipo de pozo se recomienda optimizar de forma controlada con el objetivo de mantener cortes de agua estables.

#### 4.1.6 Pozo Ágata 006

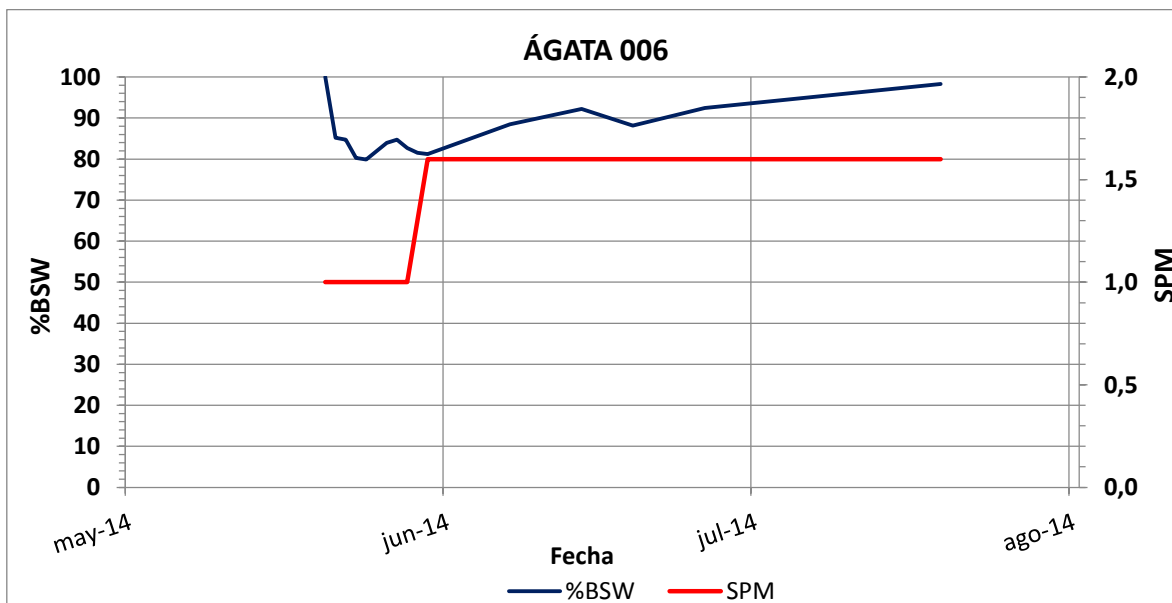
El pozo Ágata 6 inicia su etapa de producción en mayo de 2014 con sistema de levantamiento Bombeo mecánico a 1SPM produciendo 100 BFPD, evidenciando cortes de agua superiores al 80%.

**Gráfica 13.** BPD vs SPM pozo Ágata 006.



Fuente. Autores.

**Gráfica 14. %BSW vs SPM pozo Ágata 006.**



Fuente. Autores.

Pasado un mes desde el inicio de la producción el pozo registra un incremento en los cortes de agua hasta valores por encima del 90% llegando en Julio de 2014 a valores de 98% por lo que se decide apagarlo pasados apenas dos meses de producción.

Después de analizar el comportamiento histórico del pozo se puede concluir que el alto corte de agua observado desde sus inicios corresponde principalmente a que el contacto agua aceite está ubicado dentro de la arena productora.

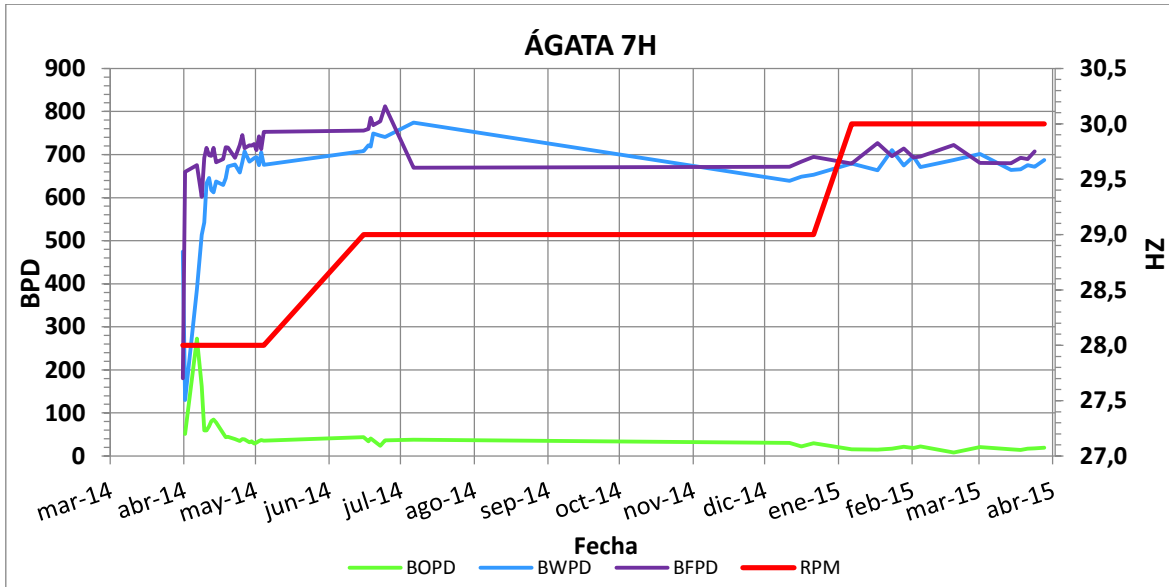
El diseño de la bomba instalada es concordante con la afluencia del pozo y con las limitaciones operativas que en su momento tenía el campo debido a la falta de logística de transporte, adicionalmente se observa que se registran altos valores de DD (ver Anexo 12 y 23) influenciados directamente por el bajo Índice de productividad del mismo.

Considerando que para pozos futuros se cuente con líneas de producción, la recomendación es desde su etapa inicial llevarlo rápidamente a su potencial en el menor tiempo posible.

#### 4.1.7 Pozo Ágata 7H

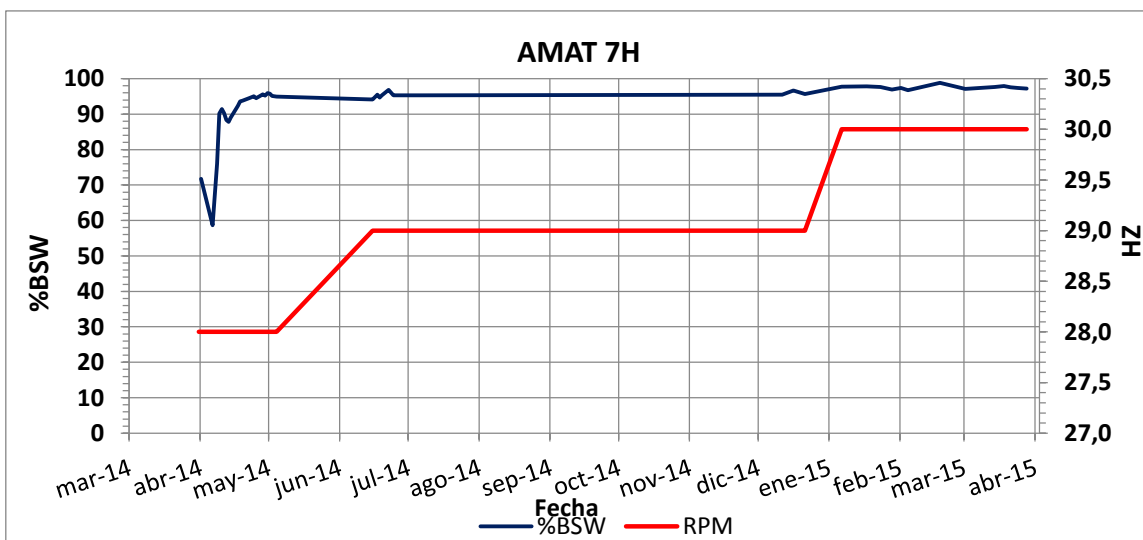
El pozo Ágata 7H empezó su producción en marzo de 2014 con Sistema de Levantamiento Artificial Bombeo Electrosumergible, arrancando a 28 HZ, a dicha condición se cuenta con un caudal inicial promedio de 672 BFPD.

Gráfico 15. BPD vs HZ pozo Ágata 7H.



Fuente. Autores.

Gráfico 16. %BSW vs HZ pozo Ágata 7H.



Fuente. Autores.

El pozo Ágata 7H es el único pozo horizontal del Clúster 3D y del sector que no se perforó hasta el contacto, a pesar de ello se evidencian altos cortes de agua desde el inicio de la producción registrando valores por encima de 90% pasado aproximadamente un mes de producción.

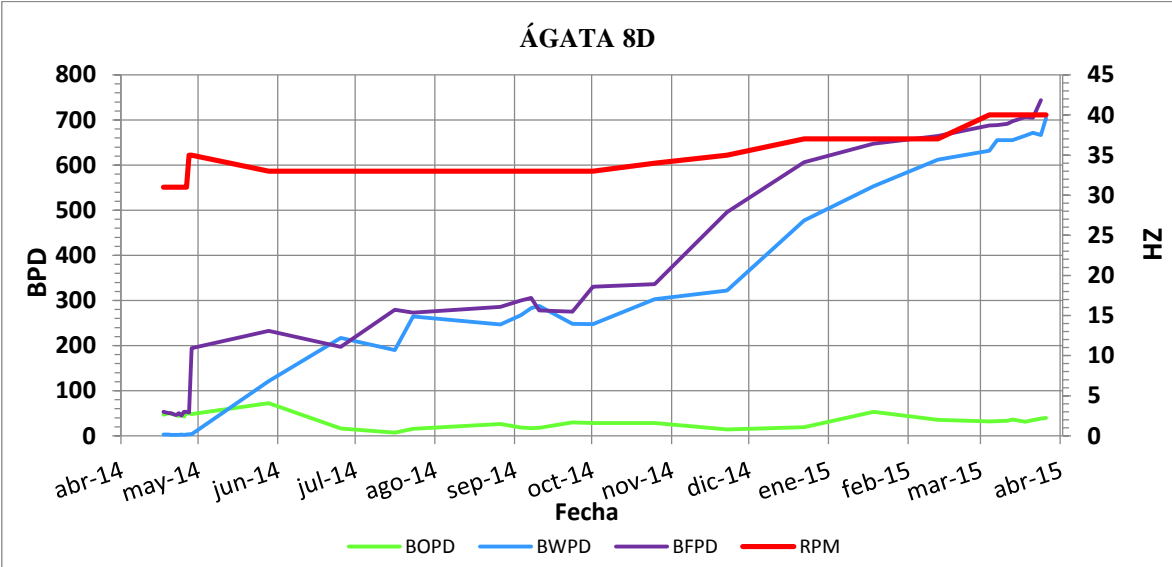
El índice de productividad promedio es de 8, pasados aproximadamente 3 meses se estabiliza en valores de alrededor de 10 debido a que el caudal muestra una tendencia a estabilizarse en alrededor de 700 barriles y los cambios de DD no son considerables (ver Anexos 13 y 23).

Se recomienda que para pozos con características similares a las del 7H desde su etapa inicial llevarlo rápidamente a su potencial en el menor tiempo posible con el fin de compensar netos de aceite.

**4.1.8 Pozo Ágata 8D**

El pozo Ágata 8D empieza a producir en abril de 2014 con sistema de levantamiento Electro Sumergible a 31 HZ con producción promedio de fluidos de 50 barriles por día.

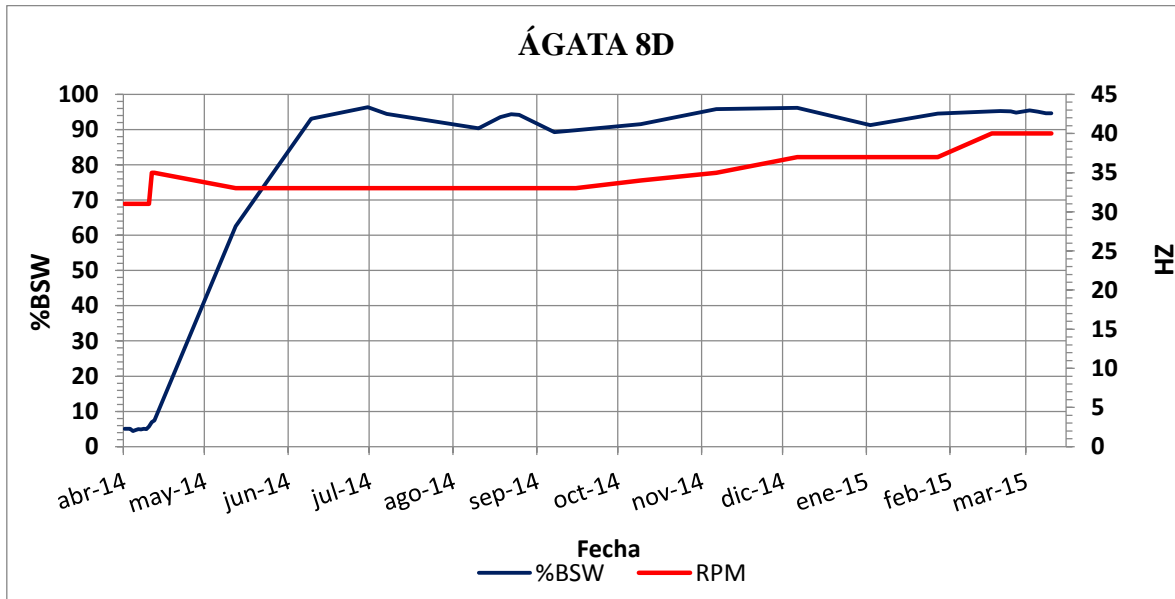
**Gráfico 17. BPD vs HZ pozo Ágata 8D.**



Fuente. Autores.



**Gráfica 18. %BSW vs HZ pozo Ágata 8D.**



Fuente. Autores.

Este pozo muestra un brusco aumento del corte de agua en la etapa inicial de producción por lo que se disminuye la frecuencia, evidenciando la disminución también del BSW a valores por debajo de 30%. Ante la buena respuesta del pozo se aumenta la tasa de fluidos afectando el corte de agua ya que aumenta a valores por encima de 50% y mantiene la tendencia al alza.

La producción promedio de aceite de este pozo apenas pasa los 50 BOPD con cortes de agua promedio de 93%. Los altos cortes de agua de este pozo se deben a que el contacto agua aceite se encuentra dentro de la arena productora.

Cuando el pozo se optimiza a más de 2 HZ el DD tiende a disminuir, por consiguiente, la caída de presión aumenta si como los barriles de fluidos producidos diariamente, motivo por el cual el índice de productividad también incrementa (ver Anexos 14 y 23).

Considerando que para pozos futuros se cuente con líneas de producción, la recomendación es desde su etapa inicial llevarlo rápidamente a su potencial en el menor tiempo posible.

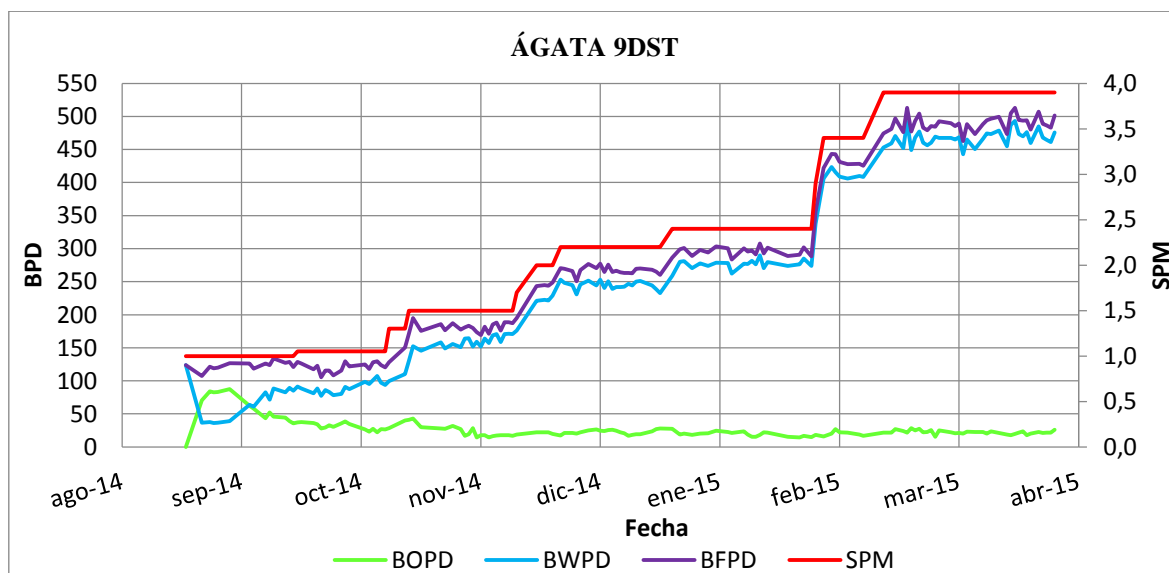
#### 4.1.9 Pozo Ágata 9DST

El pozo 9DST se perfora el 25 de agosto de 2014 con Sistema de Levantamiento Artificial (ALS) por Bombeo Mecánico hasta antes del WOC con el fin de retardar el influjo temprano de agua, arranca su producción a 1 SPM con un caudal promedio de 124 BFPD.

Inicialmente los cortes de agua son menores a los barriles de aceite producido con valores de BSW inferiores al 50%, sin embargo, aunque se mantiene esta condición por varios días el pozo muestra incrementos considerables de BSW y descenso en la producción de aceite; se empieza la optimización y se realizan incrementos de SPM, a pesar de que dichos incrementos se mantienen estables por cierto período de tiempo el corte de agua sigue incrementando y a partir de 2.2 SPM llega a valores de BSW superiores al 90% y producción de aceite inferior a 50 BOPD.

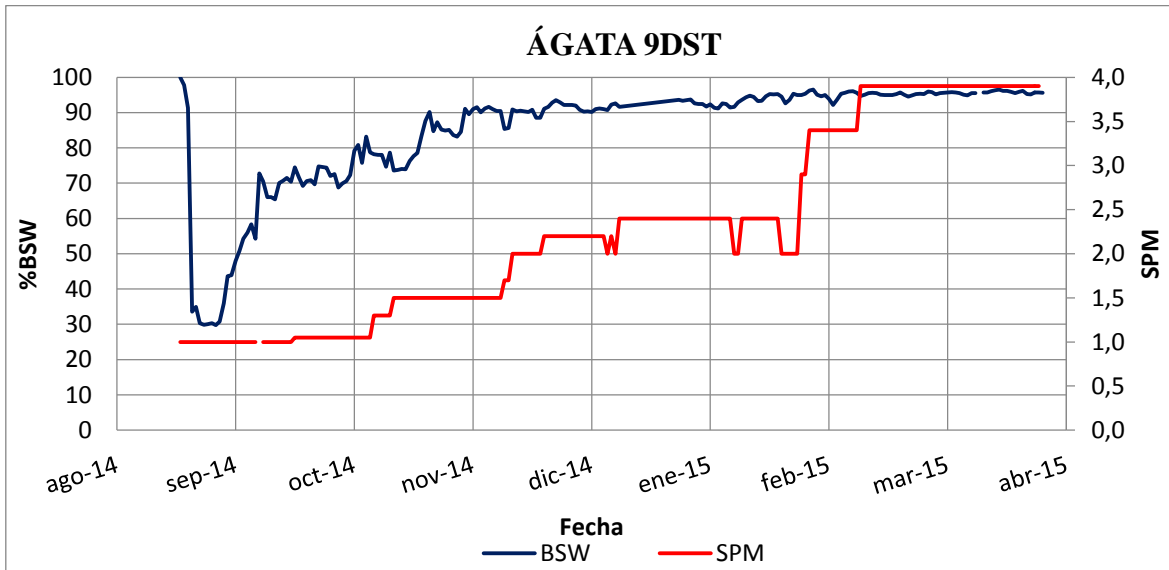
El pozo muestra cambios promedio de DD de 10 psi e incrementos del índice de productividad influenciados por el aumento de los BFPD, especialmente los barriles de agua por día (ver Anexos 15 y 23).

Gráfica 19. BPD vs SPM Pozo Ágata 9DST.



Fuente. Autores.

**Gráfica 20. %BSW vs SPM Pozo Ágata 9DST.**



Fuente. Autores.

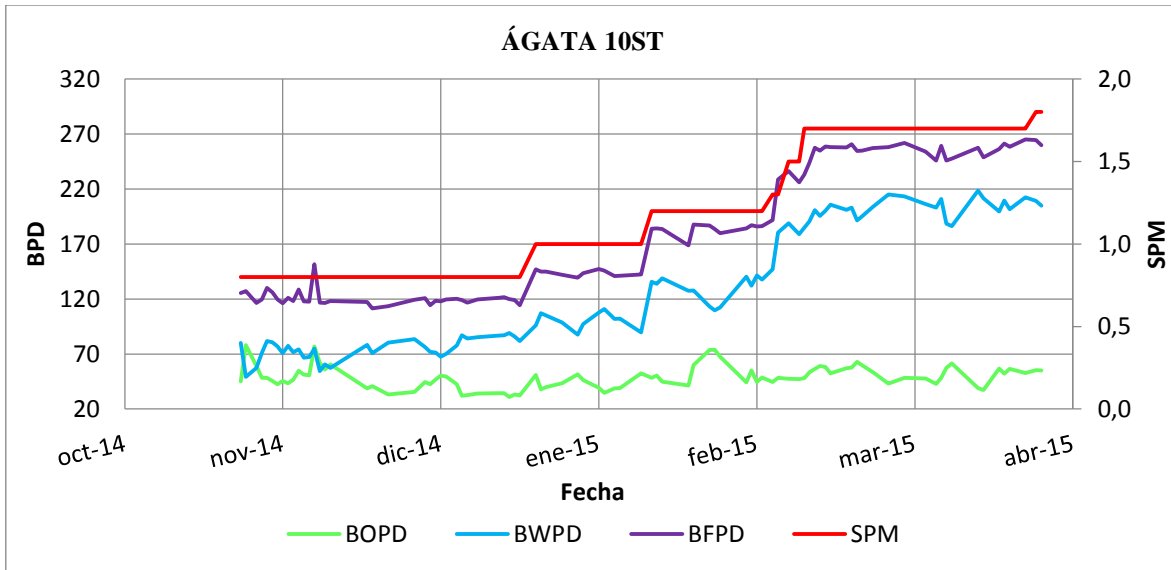
A partir del comportamiento observado en las gráficas se recomienda que en pozos con características similares a las del 9DST, donde se observa constante incremento del BSW, se continúe optimizando en el menor tiempo posible ya que no se evidencia cambio drástico en los BOPD respecto a los incrementos de frecuencia; con respecto al objetivo de perforar antes el WOC para evitar el influjo temprano de agua, fue posible bajos y estables cortes de agua la primera semana, sin embargo, posteriormente se observa que el incremento de agua es inevitable, evidenciando gran sensibilidad en el BSW independientemente de los SPM manejados.

#### 4.1.10 Pozo Ágata 10ST

El pozo Ágata 10ST se perfora el 29 de octubre de 2014 con Sistema de Levantamiento Artificial (ALS) por bombeo mecánico, inicia su etapa productiva a 0.8 SPM con un caudal promedio de 120 BFPD, desde que arranca presenta cortes de agua entre 40% y 70%, al realizar los cambios de SPM se evidencia incrementos de los barriles de agua por día, de los barriles de aceite por día y por consiguiente de los barriles de fluido, el BSW llega a ser superior al 80% a partir de 1.2 SPM, por lo anterior se evidencia que este pozo a diferencia de los Ágata 2D,3D y 5D que también poseen una barrera, presenta características en sus

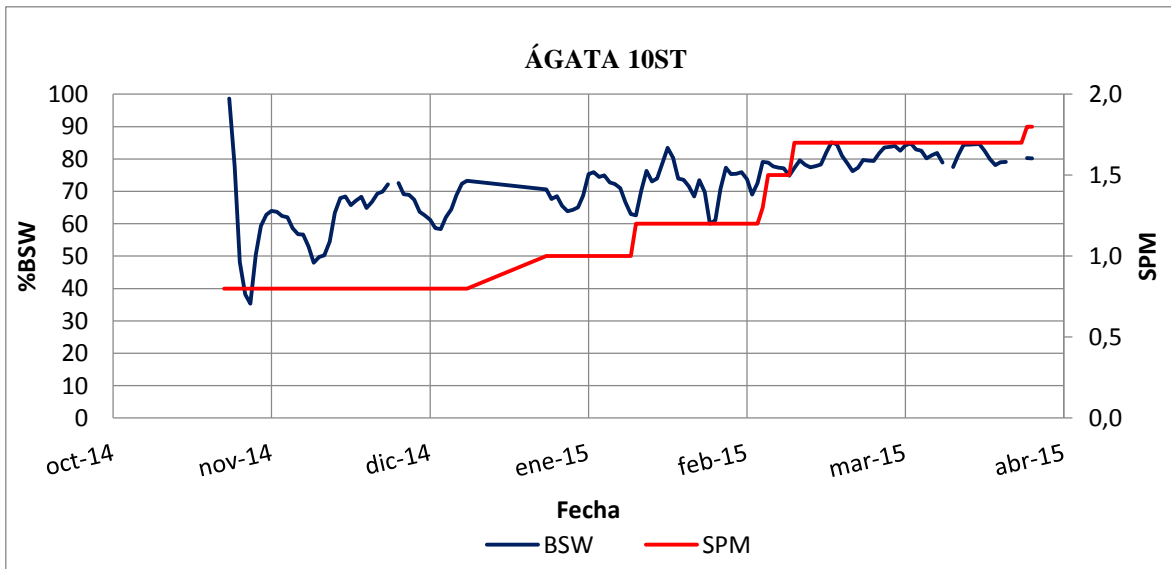
cortes de agua un poco mayores a las de estos pozos lo que se puede atribuir a condiciones de yacimiento tales como que tiene una saturación inicial superior al 60%, la distancia de la zona abierta al contacto es de tan solo 17 ft (TVD) y la barrera entre la arena de interés y el contacto es menos efectiva, sin desconocer que esta ha permitido que el BSW se mantenga por debajo del 85%.

**Gráfica 21.** BPD vs SPM pozo Ágata 10ST



Fuente. Autores.

**Gráfica 22.** %BSW vs SPM pozo Ágata 10ST.



Fuente. Autores.

La cantidad de aceite producido se encuentra entre los 20 barriles y 60 barriles por día, en general se observa que los BPD de cada uno de los fluidos son sensibles a los cambios de SPM.

El Índice de Productividad muestra tendencia al incremento influenciado principalmente por el aumento del caudal de fluido y a los cambios promedio de DD de 15 psi (ver Anexos 16 y 23).

Teniendo en cuenta el buen comportamiento que muestra este tipo de pozo se recomienda optimizar de forma controlada con el objetivo de mantener cortes de agua estables.

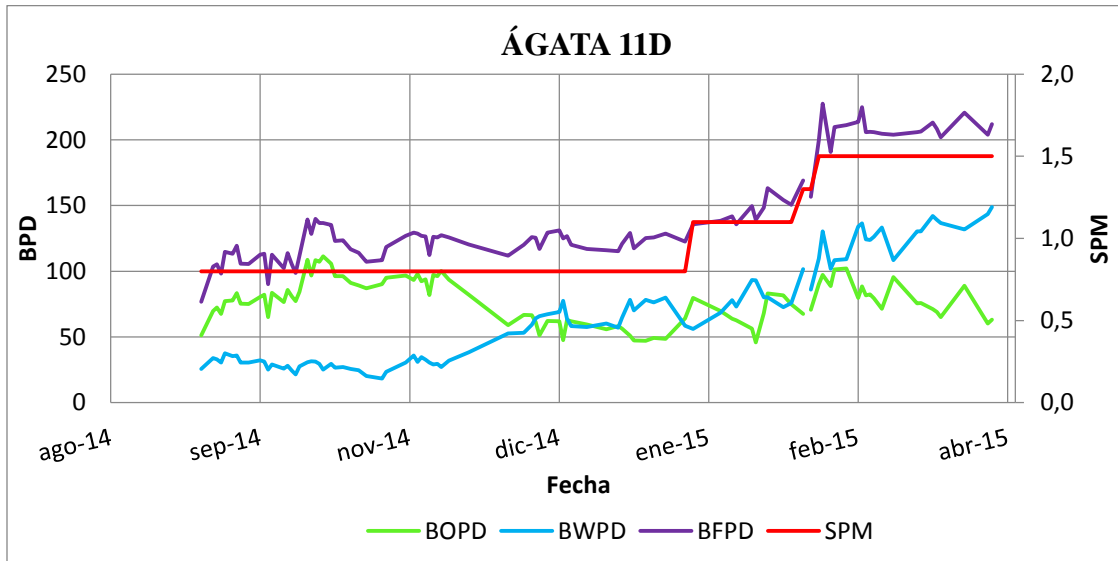
#### **4.1.11 Pozo Ágata 11D**

El pozo Ágata 11D inicia su producción el 11 de septiembre de 2014 con Sistema de Levantamiento Artificial por bombeo mecánico a 0.8 SPM, con un caudal promedio de 120 BFPD y un BSW promedio de 35%.

Durante los primeros 4 meses muestra buena tendencia en la producción de aceite por día con respecto a la producción de agua, se evidencia que el aporte de aceite por parte del pozo es mayor que el de agua, con valores entre 40 barriles y 110 barriles por día, lo que se reafirma con un BSW por debajo del 50% para dichos meses y estroques (0.8 SPM); después de determinando tiempo y al llevarlo del mismo modo empieza a incrementar el corte de agua y a disminuir los BOPD, motivo por el cual, se optimiza; inicialmente incrementa la producción de aceite y en consecuencia disminuye el BSW, sin embargo, al continuar la producción se observa aumento en la cantidad de agua y disminución de los barriles de crudo.

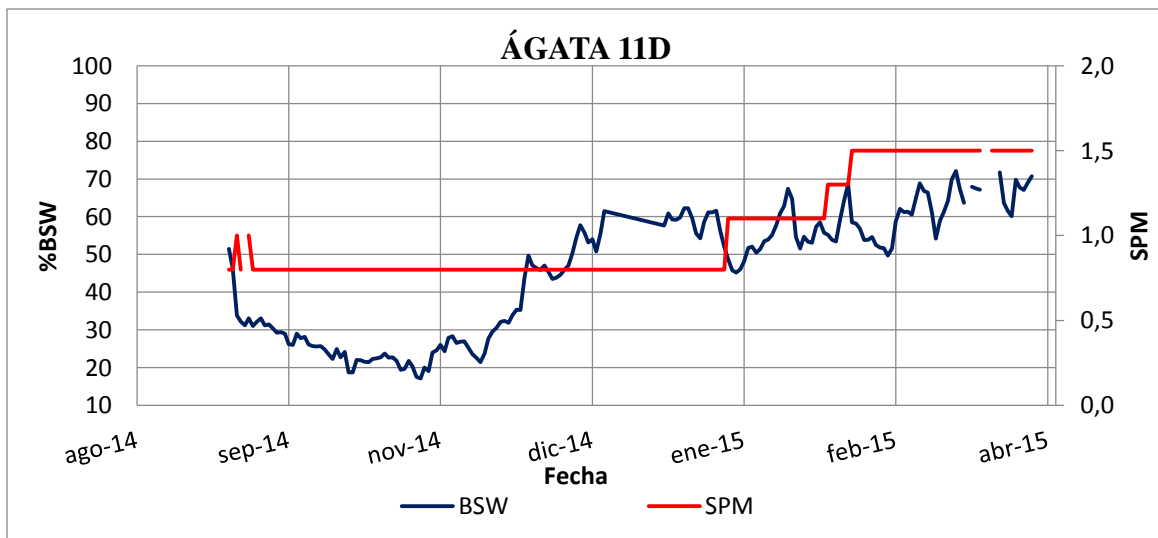
En general el BSW se encuentra entre el 15% y 70%, posiblemente estos valores se deban a la lejanía existente entre la arena de interés y el WOC y la barrera que se encuentra en la parte superior de la arena; los cortes de agua aun no son los suficientemente altos, por lo cual se podría continuar con la optimización para intentar obtener buena cantidad de netos y analizar si el comportamiento es favorable para continuar con los cambios de SPM.

**Gráfica 23.** BPD vs SPM pozo Ágata 11D.



Fuente. Autores.

**Gráfica 24.** %BSW vs SPM pozo Ágata 11D.



Fuente. Autores.

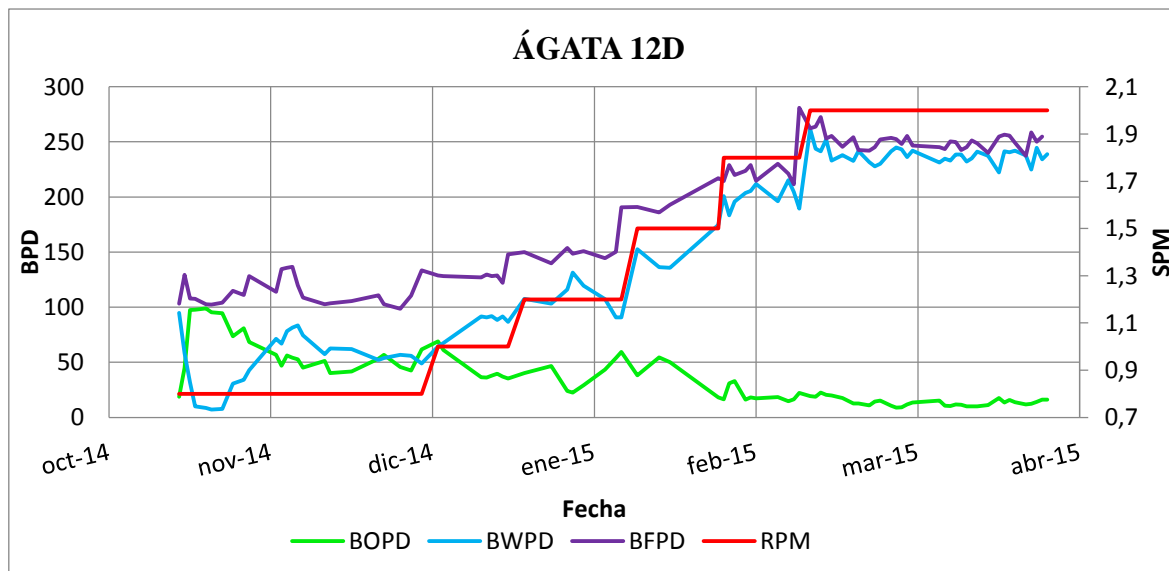
El DD que se genera en este pozo es de alrededor de 20 psi con tendencia al incremento (ver Anexos 17 y 23) lo que junto con el aumento de caudal de fluidos genera que el índice de productividad aumente al transcurrir el tiempo de producción.

#### 4.1.12 Pozo Ágata 12D

El pozo Ágata 12D inicia producción el 20 de octubre de 2014 con Sistema de Levantamiento Artificial por Bombeo Mecánico, arranca a 0.8 SPM, con caudal promedio de 115 barriles por día, las primeras semanas muestra una producción mayor de aceite que de agua con BSW menores al 40% como consecuencia de que se perforó hasta antes del WOC con el fin de retardar el influjo temprano de agua, sin embargo, después de estos primeros días de producción y aunque se mantiene a 0.8 SPM se evidencia el crecimiento de los cortes de agua, se continua con la optimización y se observa aumento del BSW hasta llegar a valores superiores al 90%; los barriles de crudo producidos se encuentra entre los 10 BOPD y 50 BOPD; en general, la producción de agua incrementa, al mismo tiempo que los BFPD.

Después de analizar el comportamiento histórico de producción se puede concluir que el constante incremento de BWPD y los altos cortes de agua evidenciados después de las primeras semanas de producción corresponden a que el contacto agua aceite está ubicado dentro de la arena productora.

**Gráfica 25.** BPD vs SPM pozo Ágata 12D.

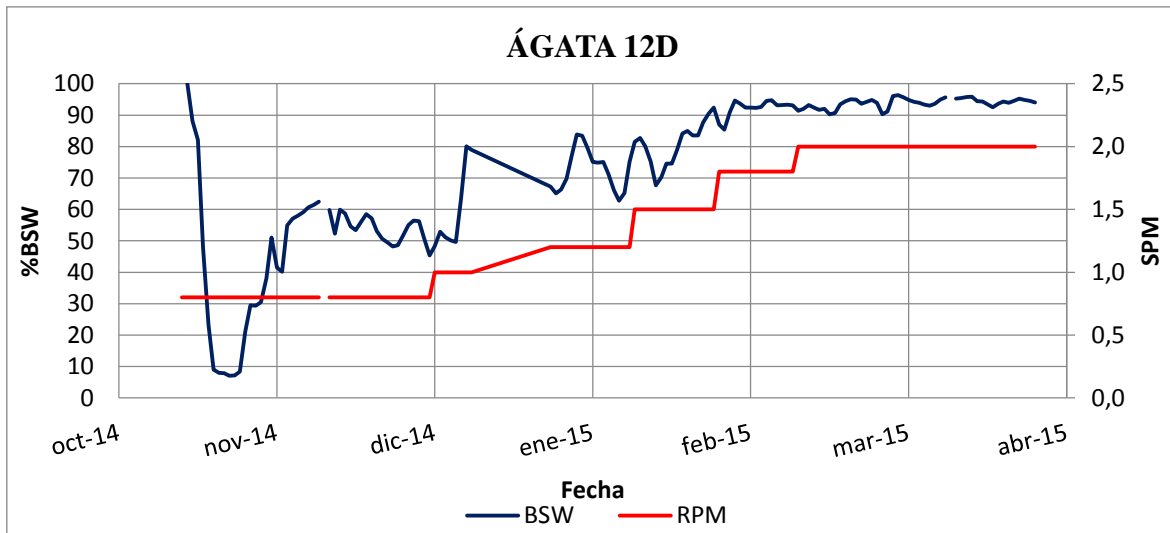


Fuente. Autores.

Se observa que el DD incrementa con el tiempo (ver Anexos 18 y 23) lo que junto con el aumento de producción de fluidos genera el incremento del índice de

Productividad, el cual se ve influenciado en gran manera por el incremento de los BWPD.

**Gráfica 26.** BWS vs SPM pozo Ágata 12D.



Fuente. Autores.

Considerando que para pozos futuros se cuenta con líneas de producción, la recomendación es que a partir de que los cortes de agua sean bastante altos (%BSW) llevarlo rápidamente a su potencial en el menor tiempo posible.

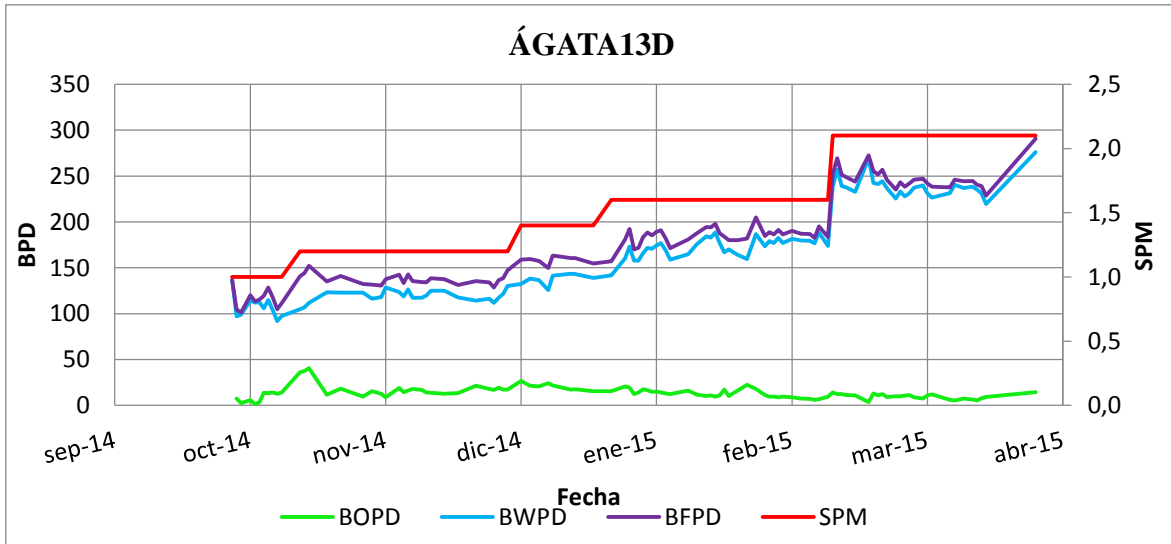
#### 4.1.13 Pozo Ágata 13D

El pozo Ágata 13D inicia su etapa de producción el 04 de Octubre de 2014 con Sistema de Levantamiento Artificial (ALS) por Bombeo Mecánico, operando a 1 SPM a dicha condición se cuenta con un caudal inicial promedio de 116 BFPD.

La producción de crudo se encuentra entre 0 y 50 barriles por día, la cantidad de agua producida se encuentran por encima de los 100 barriles de agua por día y se incrementa al transcurrir el tiempo, independientemente de los stroques manejados, se evidencia desde los inicios de producción un BSW superior al 70% y actualmente un corte de agua cercano al 100%, comportamiento que se ve influenciado en gran medida por características petrofísicas tales como, que es un pozo el cual se perforó hasta el WOC, su saturación inicial es igual al 50% y no se evidencia una barrera que retarde el influjo de agua.

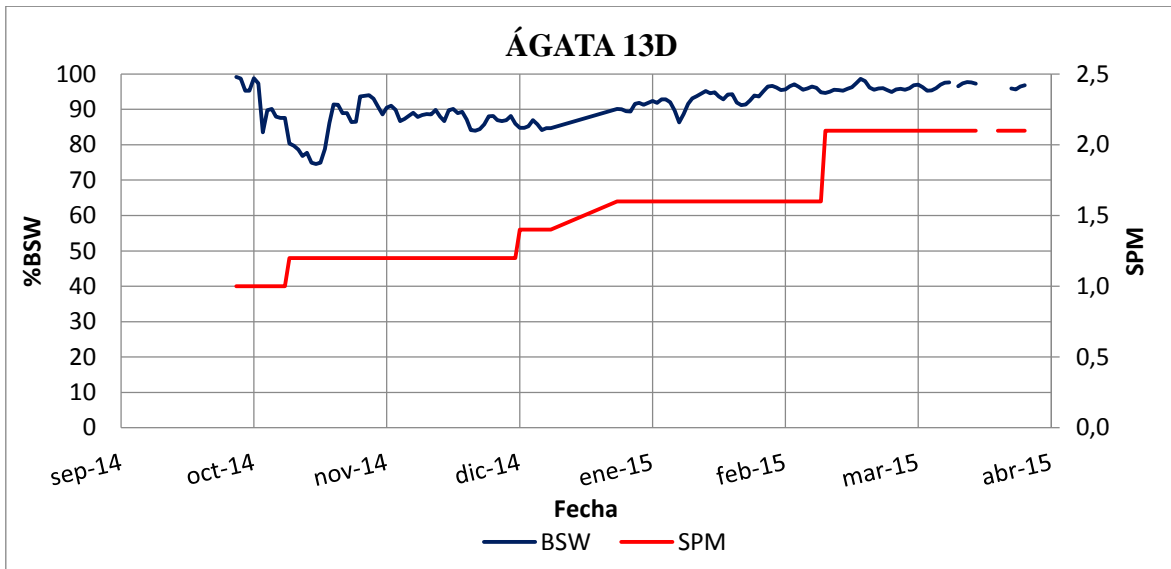


**Gráfica 27. BPD vs SPM pozo Ágata 13D.**



Fuente. Autores.

**Gráfica 28. %BSW vs SPM pozo Ágata 13D.**



Fuente. Autores.

El pozo genera DD promedio de 10 psi con tendencia al incremento (ver Anexos 19 y 23) lo que a su vez aumenta el Índice de Productividad que también se encuentra influenciado para el crecimiento de producción de barriles de fluido por día.

Para pozos con características similares a las del 13D se recomienda optimizar y llevar a su potencial en el menos tiempo posible, con el fin de recuperar la mayor cantidad de crudo posible y compensar netos de aceite.

#### **4.1.14 Pozo Ágata 14D**

El pozo Ágata 14D inicia producción el 07 de Noviembre de 2014 con Sistema de Levantamiento Artificial (ALS) por Bombeo Mecánico operando a 0.8 SPM a dicha condición se cuenta con un caudal inicial promedio de 107 BFPD con un BSW promedio de 42%.

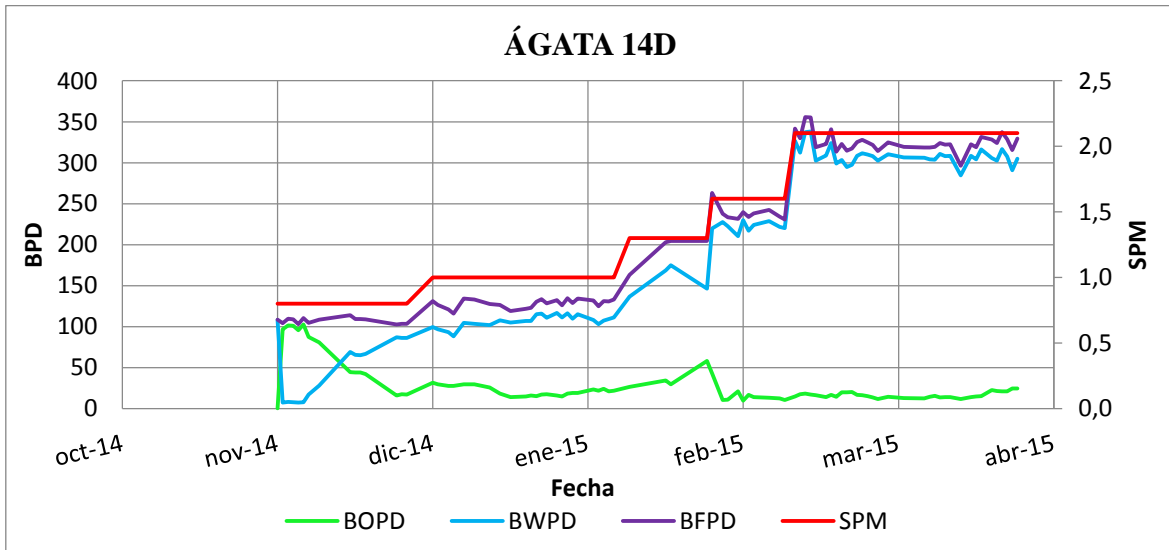
El pozo no se perforó hasta el WOC con el fin de retardar el influjo temprano de agua, lo cual se logra, como se observa en la Gráfica 29, en la primera semana de producción, donde se evidencia que los BWPD son menores a los BOPD y se tiene un BSW menor al 20%; posteriormente se evidencia el incremento de la producción de agua; cuando se lleva a 1 SPM se observa estabilidad en los barriles por día de cada uno de los fluidos, sin embargo, al realizar un incremento de estroques aumenta el corte de agua; el BSW del pozo llega cerca al 100%, la producción de crudo oscila entre 0 y 100 barriles por día, manteniéndose estable entre 10 BOPD y 50 BOPD.

Teniendo en cuenta la descripción anterior se puede decir que el alto corte de agua evidenciado después de la primera semana de producción y en la actualidad se debe a la saturación inicial de agua igual a 67% y es una respuesta negativa a la perforación realizada hasta antes del WOC.

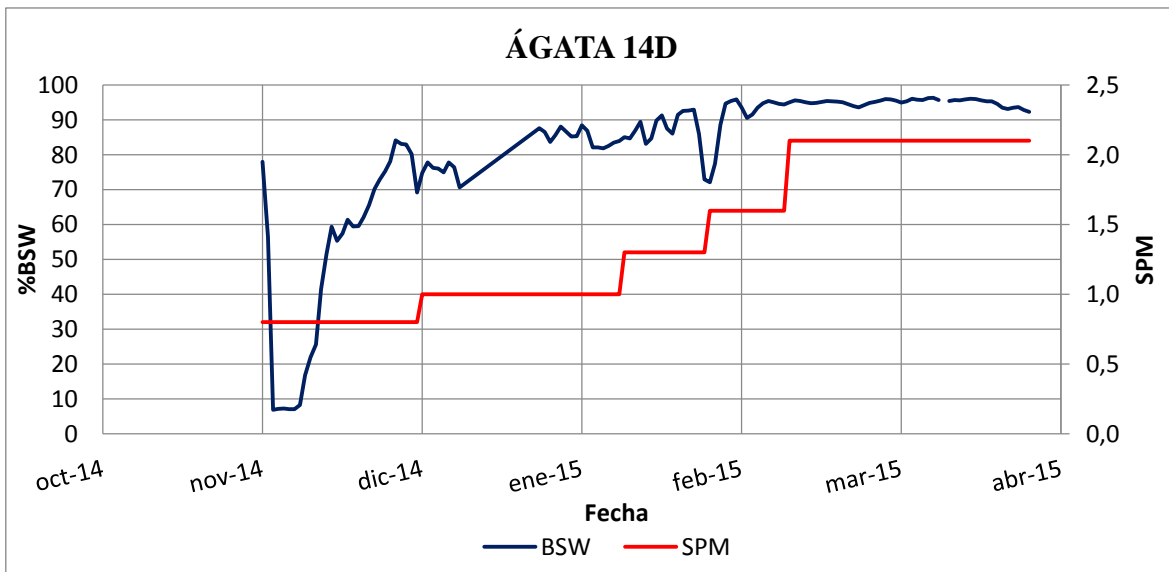
Se observa que el DD incrementa con el tiempo (ver Anexos 20 y 23) lo que se ve reflejado en el aumento del índice de productividad que a su vez también está asociado al aumento en la producción de agua y por consiguiente al incremento de la producción de fluidos.

Se recomienda que a partir de que los cortes de agua sean altos (BSW>90%) el pozo se lleve rápidamente a su potencial en el menor tiempo posible.

**Gráfica 29.** BPD vs SPM pozo Ágata 14D.



**Gráfica 30.** %BSW vs SPM pozo Ágata 14D.



#### 4.1.15 Pozo Ágata 16D

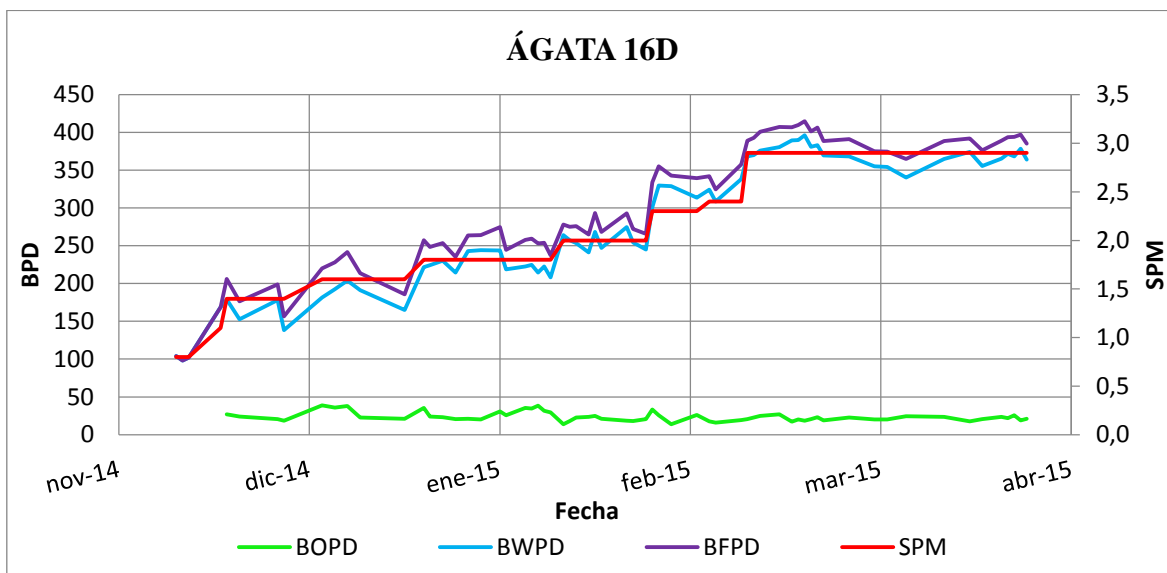
El pozo Ágata 16D inicia su etapa productiva el 16 de Noviembre de 2014 con Sistema de Levantamiento Artificial (ALS) por Bombeo Mecánico operando a 0.8

SPM a dicha condición se cuenta con un caudal inicial promedio de 100 BFPD; se perforó hasta antes del WOC con el fin de retardar el influjo de agua, sin embargo, el comportamiento inicial no es el esperado y presenta altos valores de BSW, mayores al 80%; durante la vida de producción continúa el incremento de los cortes de agua llegando a valores mayores al 90%, al llevar a cabo la optimización y por consiguiente hacer cambios de estroques la producción de crudo no se ve altamente influenciada, evidenciándose una producción de crudo entre 10 barriles por día a 40 barriles por día.

En cuanto al índice de productividad aunque el DD disminuye, este valor aumenta con el tiempo (ver Anexos 21 y 23), lo que refleja que es un parámetro que depende en gran medida de los barriles de fluido producidos, los cuales incrementan con el tiempo, fundamentalmente por el aumento de la producción de agua.

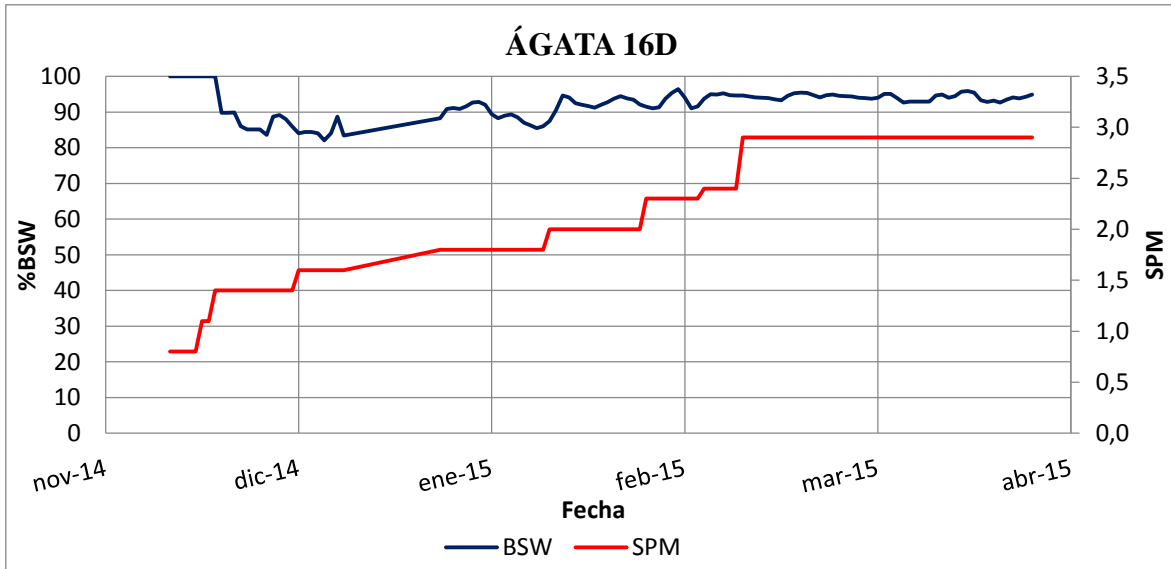
Se recomienda llevar este pozo rápidamente a su potencial en el menor tiempo posible, con el fin de producir la mayor cantidad de crudo que este nos pueda proporcionar.

**Gráfica 31. BPD vs SPM pozo Ágata 16D.**



Fuente. Autores.

**Gráfica 32. %BSW vs SPM pozo Ágata 16D.**

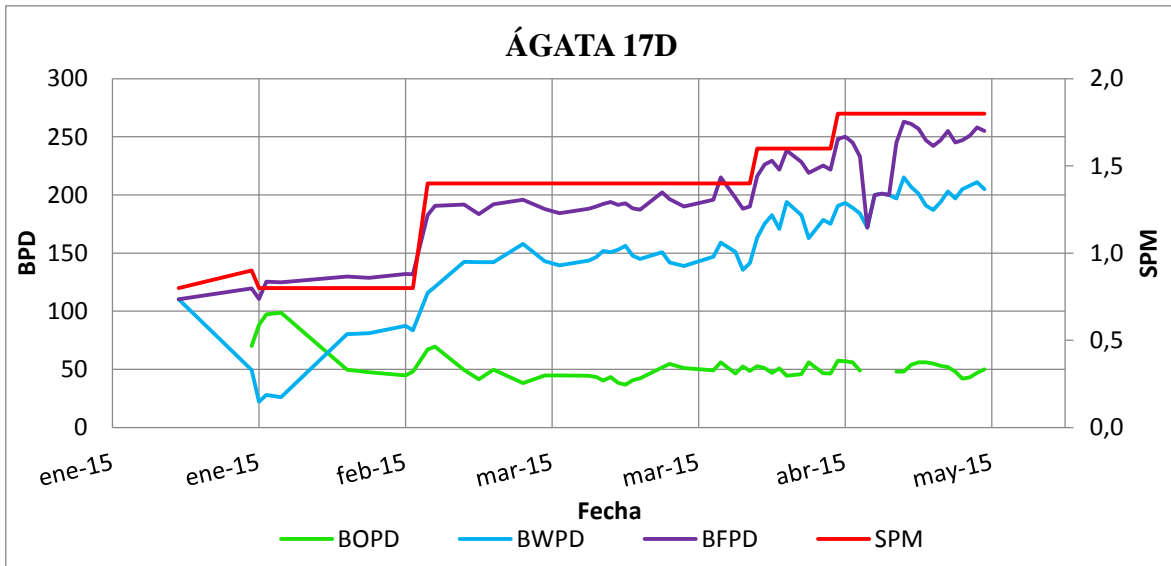


Fuente. Autores.

#### 4.1.16 Pozo Ágata 17D

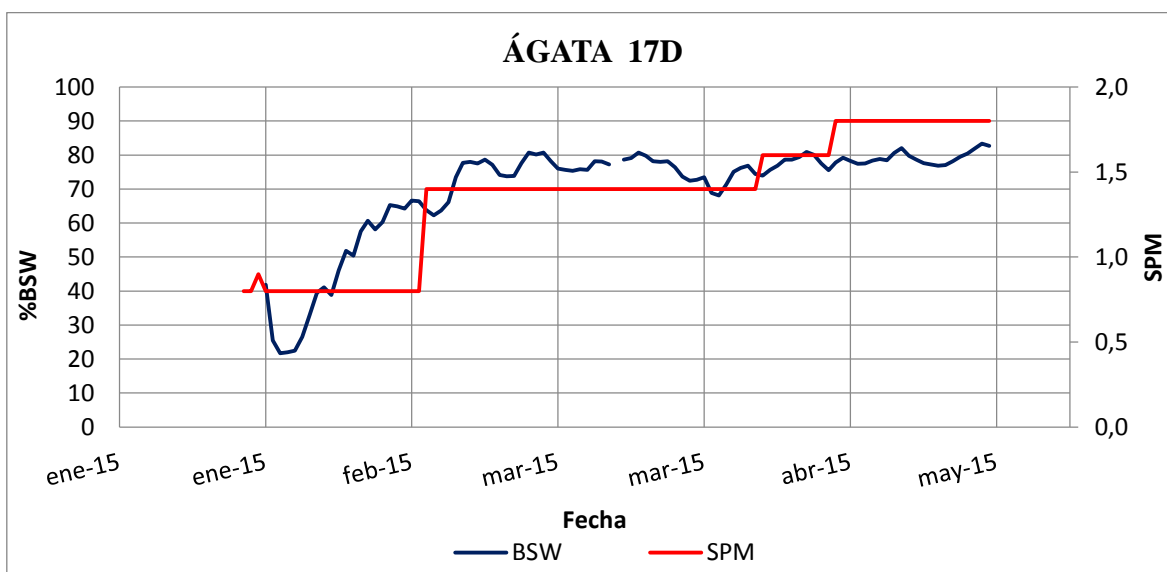
El pozo Ágata 17D inicia su etapa de producción el 17 de enero de 2015 con Sistema de Levantamiento Artificial (ALS) por Bombeo Mecánico operando a 0.8 SPM a dicha condición se cuenta con un caudal inicial promedio de 124 BFPD.

**Gráfica 33. BPD vs SPM pozo Ágata 17D.**



Fuente. Autores.

**Gráfica 34. %BSW vs SPM pozo Ágata 17D.**



Fuente. Autores.

El pozo Ágata 17D tiene el WOC dentro de la arena de interés, en la Gráfica 34 se muestra que la primera semana mantiene un BSW menor al 30% motivo por el cual la producción de crudo es mayor a la de agua, posteriormente se evidencia el incremento paulatino de este parámetro hasta llegar a valores menores al 85%, cuando se lleva el pozo a 1.4 SPM el BSW intenta mantenerse constante, al realizar cambios de estroques no se ve gran sensibilidad del corte de agua; se tiene una producción de crudo que no evidencia grandes cambios al realizar variaciones en los SPM, se mantiene alrededor de los 50 barriles de aceite por día.

El DD del pozo incrementa con el tiempo (ver Anexos 22 y 23) junto con los barriles de fluido producidos, sin embargo, los cambios no son drásticos, por lo cual el índice de productividad tiene valores bajos que tienden a aumentar.

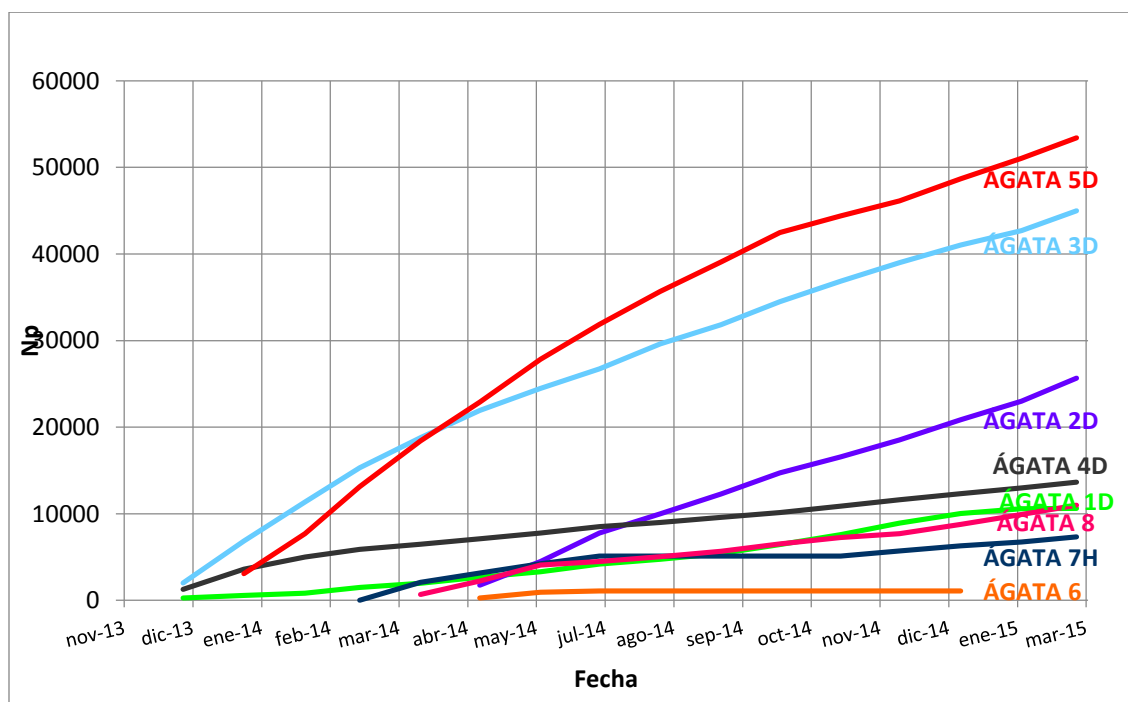
Se recomienda que en pozos con comportamiento similar al Ágata 17D se dé inicio a la optimización y se lleve a su potencial en el menor tiempo posible y una vez se observe un constante y considerable aumento de los cortes de agua con el fin de compensar la producción de netos.

## 4.2 ANÁLISIS DEL PETRÓLEO PRODUCIDO ACUMULADO DEL SECTOR

### 4.2.1 Petr6leo producido acumulado (Np) Cl6ster 6gata 3D

El Cl6ster 6gata 3D est6 conformado por los pozos 6gata 1D al 8D de los cuales el que presenta mayor Petr6leo Producido Acumulado (Np) es el 6gata 5D superando los 48 MMBOPD siendo este tambi6n el que m6s producci6n registra en la etapa inicial de producci6n. Seguidos se encuentran los pozos 6gata 3D y 6gata 2D con producciones de 40 MMBOPD y 21 MMBOPD respectivamente. Los pozos que menor producci6n registran son el 6gata 6, 6gata 7H y 6gata 8D.

Gr6fica 35. Np Cl6ster 6gata 3D.



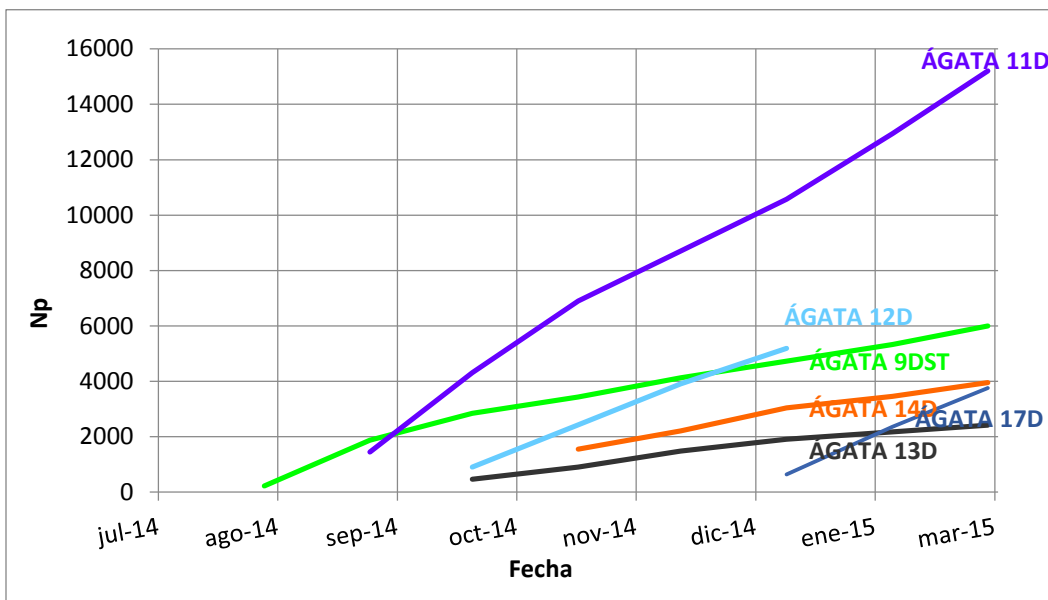
Fuente. Autores.

### 4.2.2 Petr6leo producido acumulado (Np) Cl6ster 6gata 9D

El Cl6ster 6gata 9D lo conforman los pozos de 6gata 9DST, 17D y del 11D al 14D de los cuales el que presenta mayor Petr6leo Producido Acumulado (Np) es el

Ágata 11D superando los 10.5 MMBPOD, seguidos se encuentran los pozos Ágata 12D y Ágata 9DST con producciones de 5 MMBOPD y 4.5 MMBOPD respectivamente. Los pozos que menor producción registran son el Ágata 13D, Ágata 14D y Ágata 17D.

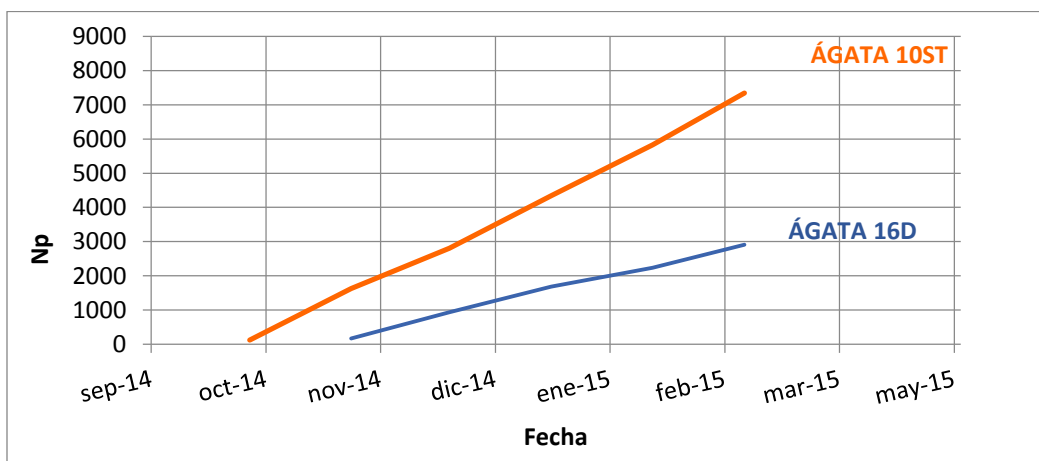
Gráfica 36. Np Clúster Ágata 9D.



Fuente. Autores

#### 4.2.3 Petróleo producido acumulado (Np) Clúster Ágata 10

Gráfica 37. Np Clúster Ágata 10.



Fuente. Autores

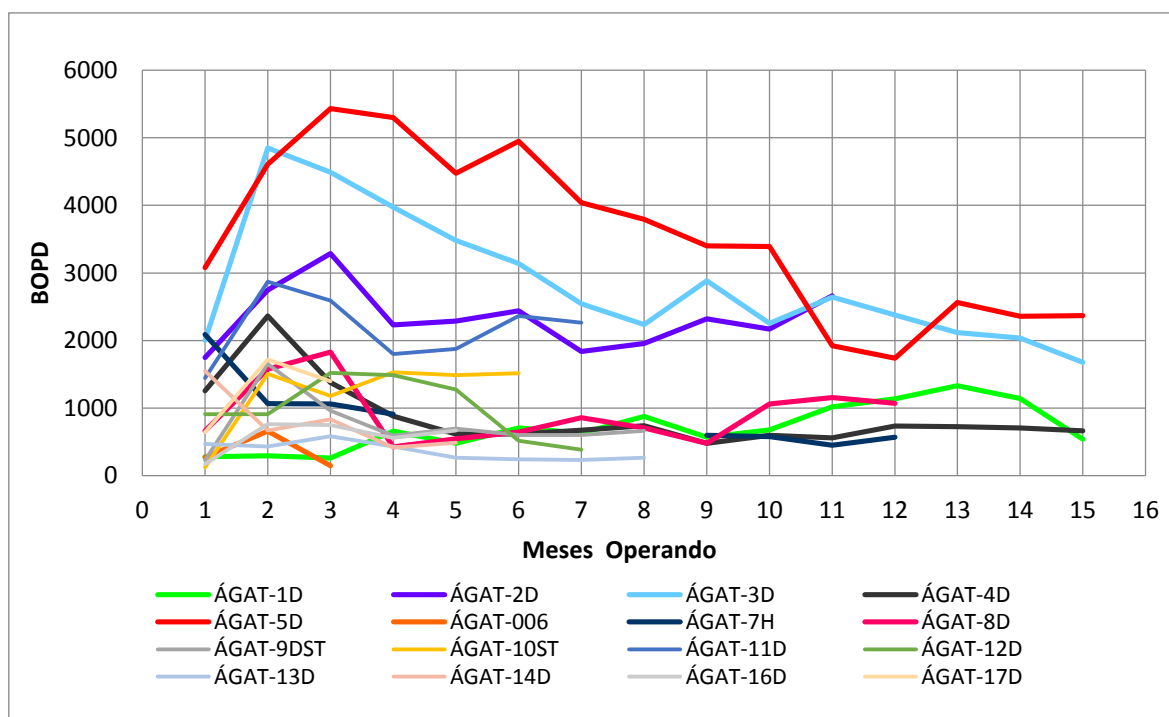


El Clúster Ágata 10 lo conforman dos pozos el Ágata 10ST y el Ágata 16D de los cuales el que presenta mayor Petróleo Producido Acumulado (Np) es el Ágata 10ST superando los 7 MMBPOD.

#### 4.2.4 Petróleo producido, petróleo producido acumulado (Np) y relación agua-aceite (WOR) en el sector Ágata

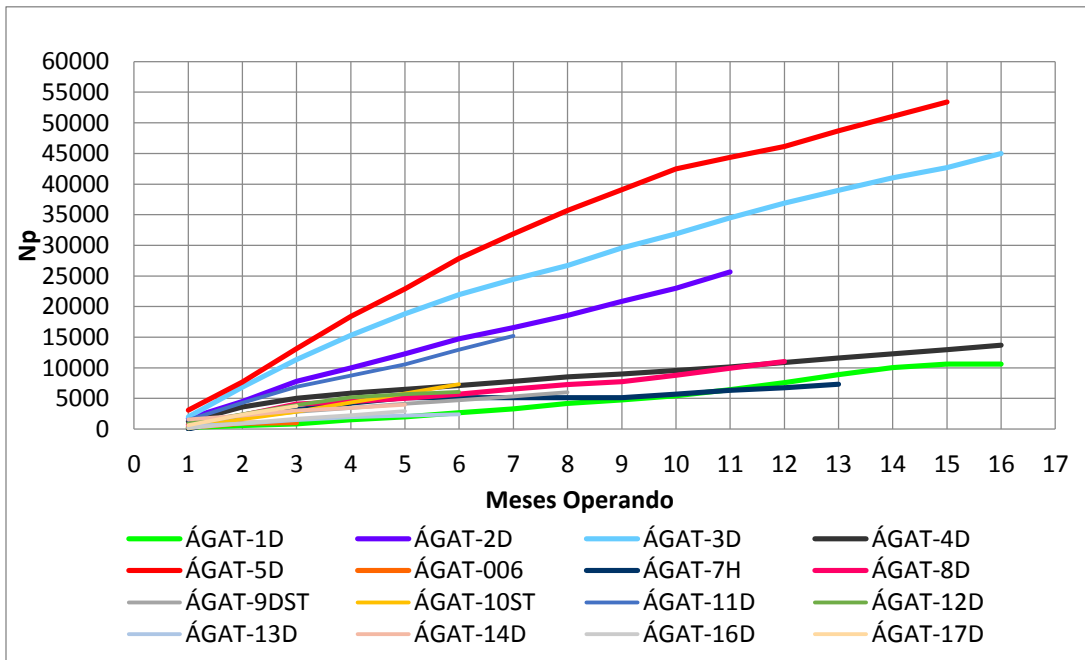
Los pozos con mayor producción acumulada son el Ágata 5D y el Ágata 3D, lo cual contrasta con ser los mejores en producción de BOPD, probablemente este comportamiento se deba a que ambos pozos se caracterizan por tener una barrera entre la arena de interés y el WOC lo que posiblemente ha contribuido a disminuir los cortes de agua y tener mejores netos de petróleo; los pozos con menor Np son el Ágata 1D, Ágata 006 y Ágata 13D, pozos que en contraste con los de mayor Np tienen el WOC dentro de la zona de interés, pero no poseen una barrera que detenga la irrupción de agua.

Gráfica 38. BOPD pozos sector Ágata.



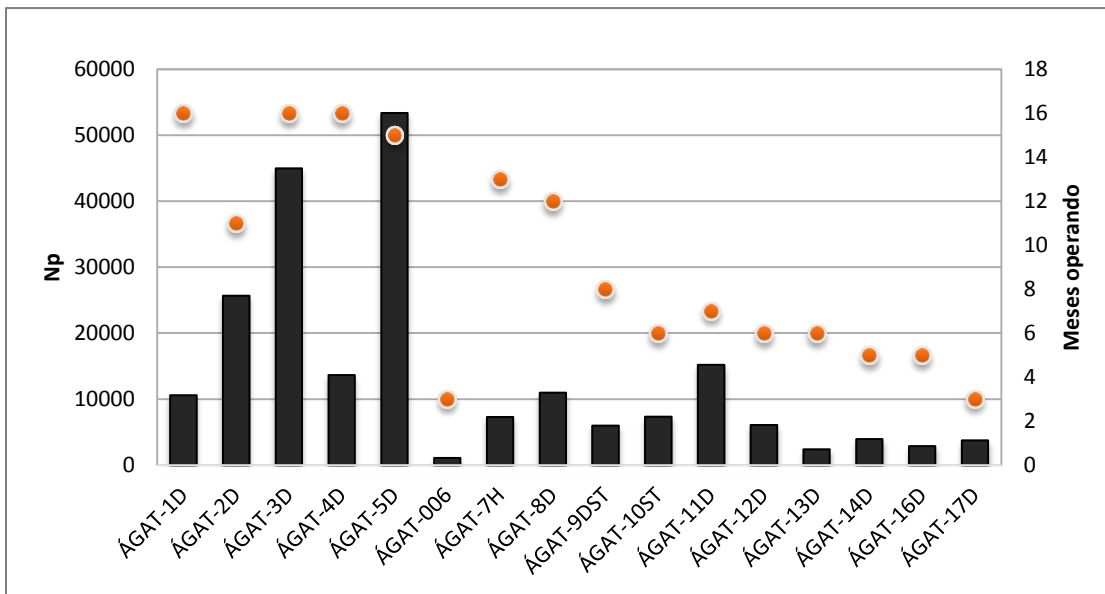
Fuente. Autores.

**Gráfica 39.** Np Pozos Sector Ágata.



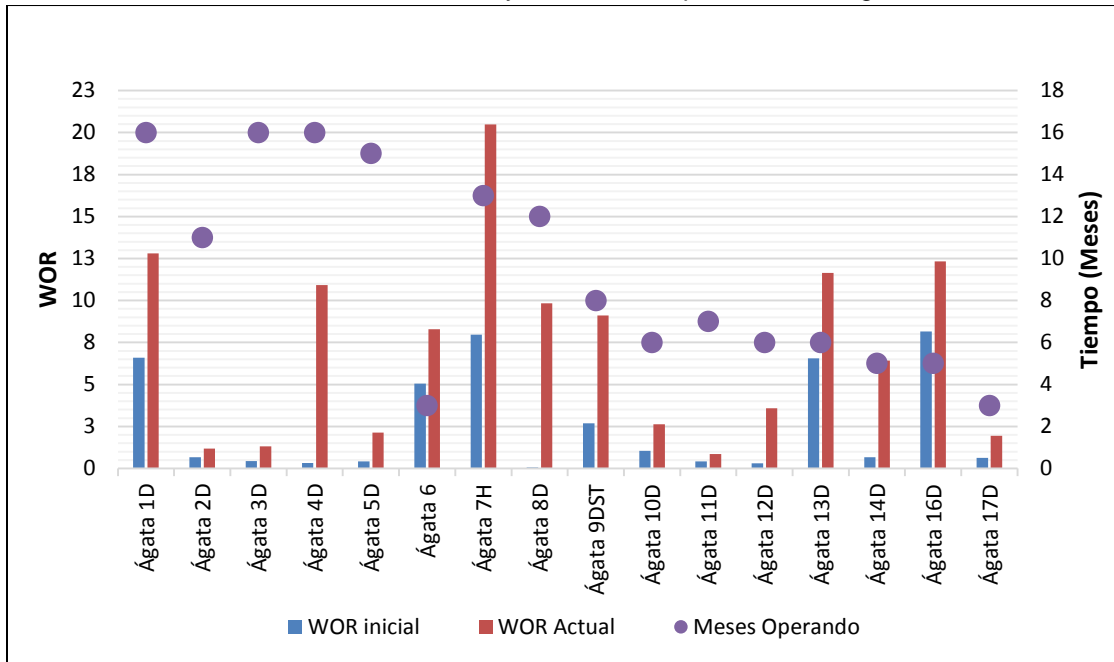
Fuente. Autores.

**Gráfica 40.** Petróleo producido acumulado de los pozos Ágata.



Fuente. Autores.

**Gráfica 41.** WOR inicial y actual de los pozos sector Ágata.



Fuente. Autores.

La Gráfica 41 muestran que históricamente los pozos Ágata 2D, 3D, 4D, 5D y 11D presentan la relación agua-aceite (WOR) más baja en la etapa inicial de producción; los pozos Ágata 4D, 7H y 9DST son lo que evidencian cambios más drásticos del WOR actual respecto al WOR inicial y teniendo en cuenta los meses de operación el pozo 7H es el que presentan características menos favorables en cuanto a producción de agua, ya que en un menor tiempo de operación ha registrado valores de WOR más altos que los demás pozos.

#### 4.3 ANÁLISIS DE LA HISTORIA DE PRODUCCIÓN Y DE LAS CONDICIONES ÓPTIMAS DE OPERACIÓN DE LOS POZOS

Como se observa en la Gráfica 39 y en la Tabla 24, los 5 mejores pozos teniendo en cuenta características de producción como  $N_p$ , cortes de agua, producción total de fluidos y respuesta a la optimización son los pozos Ágata 5D, 3D, 2D, 11D y 4D.

Los pozos Ágata 5D, 3D, 2D presentan barrera o sello entre el contacto y la zona abierta a producción, característica que resulta influenciar la buena respuesta a la optimización y bajos cortes de agua que presentan ( $BSW < 85\%$ ).

Los pozos Ágata 11D y 4D tienen el contacto dentro de la arena, sin embargo, su índice de productividad es mayor a 1.0 lo que se ve reflejado en los barriles de fluido producidos. Cabe resaltar que el pozo Ágata 11D presenta menor producción de fluidos que el Ágata 4D lo que se compensa con un menor corte de agua y por ende una mayor producción de aceite.

**Tabla 24.** Historia de Producción de los pozos del Sector Ágata.

| POZO       | TIPO DE POZO | ESTADO ACTUAL | TIPO DE COMPLETAMIENTO | BOMBA | PRODUCCIÓN ACUMULADA DE PETRÓLEO (Bls) | TASA INICIAL DE PETRÓLEO (BOPD) | CORTE INICIAL DE AGUA (%) | TASA INICIAL DE FLUIDO (BFPD) | TASA ACTUAL DE PETRÓLEO (BOPD) | CORTE ACTUAL DE AGUA (%) | TASA ACTUAL DE FLUIDOS (BFPD) |
|------------|--------------|---------------|------------------------|-------|--|---------------------------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| ÁGATA-1D   | D            | Cerrado       | Cañoneo                | BM    | 10611                                  | 15                              | 84                        | 90                            | 15                             | 97                       | 518                           |
| ÁGATA-2D   | D            | Operando      | Ventana a 16"          | BM    | 25680                                  | 75                              | 32                        | 111                           | 88                             | 62                       | 231                           |
| ÁGATA-003D | D            | Operando      | Cañoneo                | BM    | 44997                                  | 142                             | 18                        | 167                           | 80                             | 62                       | 199                           |
| ÁGATA-4D   | D            | Operando      | Cañoneo                | BM    | 13668                                  | 105                             | 68                        | 157                           | 23                             | 96                       | 549                           |
| ÁGATA-5D   | D            | Operando      | Ventana a 13"          | BM    | 53412                                  | 115                             | 20                        | 153                           | 79                             | 85                       | 510                           |
| ÁGATA-006  | V            | Cerrado       | Cañoneo                | BM    | 1072                                   | 23                              | 84                        | 130                           | 16                             | 92                       | 196                           |
| ÁGATA-7H   | HC           | Operando      | Liner ranurado de 4.5" | ESP   | 7315                                   | 69                              | 89                        | 662                           | 18                             | 98                       | 698                           |
| ÁGATA-8D   | D            | Operando      | Ventana a 16"          | ESP   | 11005                                  | 47                              | 5                         | 50                            | 35                             | 95                       | 698                           |
| ÁGATA-9DST | D            | Operando      | Ventana a 16"          | BM    | 5996                                   | 77                              | 55                        | 117                           | 21                             | 96                       | 490                           |
| ÁGATA-10ST | D            | Operando      | Ventana a 16"          | BM    | 7344                                   | 62                              | 51                        | 126                           | 50                             | 80                       | 256                           |
| ÁGATA-11D  | D            | Operando      | Ventana a 16"          | BM    | 15206                                  | 74                              | 30                        | 105                           | 74                             | 64                       | 208                           |
| ÁGATA-12D  | D            | Operando      | Ventana a 16"          | BM    | 6082                                   | 78                              | 32                        | 109                           | 12                             | 95                       | 250                           |
| ÁGATA-13D  | D            | Operando      | Ventana a 13"          | BM    | 2915                                   | 15                              | 89                        | 124                           | 9                              | 96                       | 236                           |
| ÁGATA-14D  | D            | Operando      | Ventana a 16"          | BM    | 3949                                   | 66                              | 39                        | 108                           | 16                             | 95                       | 322                           |
| ÁGATA-16D  | D            | Operando      | Ventana a 16"          | BM    | 2910                                   | 25                              | 97                        | 142                           | 22                             | 94                       | 385                           |
| ÁGATA-17D  | D            | Operando      | Ventana a 13"          | BM    | 3759                                   | 89                              | 41                        | 118                           | 46                             | 82                       | 251                           |

Fuente. Autores

Adicionalmente, estos cinco pozos presentan características de yacimiento que les resultan favorables como Net Pay mayor a 20 pies con buena continuidad vertical, saturaciones iniciales bajas, menores a 60% y la distancia de la zona abierta a producción al contacto es mayor a 20 pies. Todos registran buena cementación a excepción del Ágata 3D, pero esta condición no mostró ser relevante.

Los pozos que registran menores valores de aceite producidos son el Ágata 1D, 6, 10ST, 13D y 16D. Los dos primeros pozos tienen el contacto dentro de la arena productora, así como IP bajo y cortes de agua altos desde la etapa temprana de producción.

**Tabla 25.** Resumen de producción con su diagnóstico de los 5 mejores pozos del sector.

| POZO      | TIEMPO EN OPERACIÓN (Meses) | PRODUCCIÓN DE ACEITE ACUMULADO (Bls) @31/03/2014 | BOPD INICIAL | BOPD ACTUAL @31/03/2014 | CONCLUSIONES  |
|-----------|-----------------------------|--|--------------|-------------------------|---|
| ÁGATA 5D  | 15                          | 53.412   | 115          | 79                      | Los valores de aceite acumulado, inicial y actual obedecen a que el pozo muestra 31.05 pies de Net Pay con buena continuidad vertical. Fue completado con ventada ampliada, luego de lograr buena cementación. La tasa inicial fue de 153 barriles de fluido (Unidad Hidráulica de Bombeo Mecánico), la saturación de agua inicial era baja 41% y el %BSW inicial fue de 20% coherente con todo lo anterior. La optimización se reflejó en el comportamiento del pozo.  |
| ÁGATA 3D  | 16                          | 44.997   | 142          | 80                      | Los valores de aceite acumulado, inicial y actual a que el pozo muestra 21 pies de Net Pay con buena continuidad vertical. Fue completado con cañoneo. La tasa inicial fue relativamente controlada a 167 barriles de fluido (Unidad Hidráulica de Bombeo Mecánico), la saturación de agua inicial era baja 37% y el %BSW inicial fue de 18% coherente con todo lo anterior. La optimización se reflejó en el comportamiento del pozo.  |
| ÁGATA 2D  | 11                          | 25.680   | 75           | 87                      | Los valores de aceite acumulado, inicial y actual obedecen a que el pozo muestra 20 pies de Net Pay con buena continuidad vertical. Fue completado con ventada ampliada, luego de lograr buena cementación. La tasa inicial fue de 111 barriles de fluido (Unidad Hidráulica de Bombeo Mecánico), la saturación de agua inicial era baja 51% y el %BSW inicial fue de 32% coherente con todo lo anterior. La optimización se reflejó en el comportamiento del pozo.   |
| ÁGATA 11D | 7                           | 15.206   | 74           | 75                      | Los valores de aceite acumulado, inicial y actual obedecen a que el pozo muestra 21 pies de Net Pay con buena continuidad vertical. Fue completado con ventada ampliada, luego de lograr buena cementación. La tasa inicial fue de 105 barriles de fluido (Unidad Hidráulica de Bombeo Mecánico), la saturación de agua inicial era baja 35% y el %BSW inicial fue de 30% coherente con todo lo anterior. La optimización se reflejó en el comportamiento del pozo.   |
| ÁGATA 4D  | 16                          | 13.668   | 105          | 23                      | Los valores de aceite acumulado, inicial y actual a que el pozo muestra 24 pies de Net Pay con buena continuidad vertical. Fue completado con cañoneo. La tasa inicial fue relativamente controlada a 157 barriles de fluido (Unidad Hidráulica de Bombeo Mecánico), la saturación de agua inicial era baja 43% y el %BSW inicial fue de 68% un valor mayor al registrado por los pozos mencionados anteriormente y coherente con todo lo anterior. También registra un IP superior a 1.0 lo que se reflejó en los barriles de aceite producidos. La optimización se reflejó en el comportamiento del pozo. |

Fuente. Autores.

El pozo Ágata 10ST presenta barrera entre el contacto y la zona abierta a producción, la distancia al contacto es de 17 pies, Swi de 65%, mayor que los otros pozos con sello (barrera), el IP registra valores entre 0.46 y 0.77 y el corte de agua inicial y actual es de 51 y 80% respectivamente, mientras que en los otros pozos con barrera se evidencian valores de corte de agua inicial de 18% y actual de 85%, es decir, que los cortes de agua al arrancar del pozo 10ST son mucho mayores que los de los pozos 3D, 2D y 5D, lo que puede significar que la barrera es menos efectiva que la de los pozos ya mencionados, sin embargo, es importante destacar que actualmente se llega a cortes de agua del 80%, valor que es bastante bueno con respecto a los cortes de agua registrados por los pozos del sector.

El pozo Ágata 13D también tiene el contacto dentro de la arena, el %BSW es alto desde la etapa temprana de producción, con valores promedio inicial y actual de 89 y 96% respectivamente. A diferencia de los pozos Ágata 1D y 6, éste registra Índice de Productividad alto ( $>1.0$ ) por lo que presenta mayor producción de fluidos afectado por los altos cortes de agua mencionados.

Los pozos Ágata 7H, 9DST, 12D, 14D y 16D no se perforaron hasta el contacto en aras de retardar el influjo de agua, sin embargo, las gráficas de producción muestran que en los 3 primeros meses de producción estos pozos alcanzaron valores de %BSW mayores al 90%, concluyendo que las características mismas del yacimiento no resultan favorecedoras y se recomienda en términos de optimización, llevarlos a su potencial en el menor tiempo posible con el fin de compensar netos de crudo.

La tabla 26 muestra los análisis realizados de las condiciones óptimas de operación a partir de las gráficas de históricos de producción (BPD vs RPM y %BSW vs RPM). Los pozos evidencian un buen comportamiento respecto a los fluidos producidos y cortes agua ( $BSW < 90\%$ ) cuando se operan manejando: caudales entre 100-250 BFPD, frecuencias entre 1.0 y 1.5 spm e incrementos de 0.2 spm. En cuanto al tiempo para iniciar la optimización se sugiere que sea entre 0.5-1.0 mes.

Los pozos Ágata 1D, 6, 7H, 13D y 16D presentan altos cortes de agua ( $BSW > 90\%$ ) desde la etapa temprana de producción por lo que se recomienda llevarlos rápidamente a su potencial en el menor tiempo posible considerando que se cuente con la infraestructura necesaria para el transporte, almacenamiento y tratamiento de los fluidos.

**Tabla 26.** Condiciones óptimas de operación.

| Pozo       | ALS | Caudal (BFPD) | Frecuencia (HZ/SPM) | Incremento (HZ/SPM) | Tiempo de inicio de optimización (Meses) | Tiempo de inicio sugerido de optimización (Meses) |
|------------|-----|---------------|---------------------|---------------------|--|---|
| ÁGATA-1D   | BM  | -             | -                   | -                   | 0,6                                      | -   |
| ÁGATA-2D   | BM  | 120-180       | 1,0-1,25            | 0,20                | 1,25                                     | 1,25  |
| ÁGATA-3D   | BM  | 200-250       | 1,25-1,5            | 0,25                | 0,33                                     | 0,50  |
| ÁGATA-4D   | BM  | 150-250       | 1,0-1,7             | 0,20                | 0,17                                     | 0,50  |
| ÁGATA-5D   | BM  | 200-300       | 1,0-2,0             | 0,30                | 0,47                                     | 0,50  |
| ÁGATA-006  | BM  | -             | -                   | -                   | 0,27                                     | -   |
| ÁGATA-7H   | ESP | -             | -                   | -                   | 1,17                                     | -   |
| ÁGATA-8D   | ESP | -             | -                   | -                   | 0,30                                     | -   |
| ÁGATA-9DST | BM  | 125-175       | 1,0-1,3             | 0,25                | 1,00                                     | 0,50  |
| ÁGATA-10ST | BM  | 120-170       | 0,8-1,0             | 0,20                | 1,80                                     | 1,00  |
| ÁGATA-11D  | BM  | 100-150       | 0,8-1,0             | 0,20                | 4,00                                     | 2,00  |
| ÁGATA-12D  | BM  | 100-125       | 0,8-1,0             | 0,20                | 1,50                                     | 1,50  |
| ÁGATA-13D  | BM  | -             | -                   | -                   | 0,33                                     | 0,50  |
| ÁGATA-14D  | BM  | 100-125       | 0,8-1,0             | 0,2                 | 0,83                                     | 0,50  |
| ÁGATA-16D  | BM  | -             | -                   | -                   | 0,10                                     | -   |
| ÁGATA-17D  | BM  | 100-130       | 1,0-1,8             | 0,20                | 1,00                                     | 0,50  |

Fuente. Autores.

#### 4.4 ANÁLISIS DE SISTEMAS DE LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL

Los valores de inclinación máxima recomendada ( $\theta_{\text{máx}}$ ) según el tipo de Sistema de Levantamiento Artificial (ALS) se tomaron a partir de datos teóricos y experiencia adquirida en el sector Ágata por la empresa Pacific Exploration & Production.

Los criterios para seleccionar el tipo de Sistema de Levantamiento Artificial (ALS) adecuado, según las características de producción y de yacimiento del pozo, los fluidos y las facilidades de superficie, son varios, sin embargo, para efectos de la tesis, se seleccionaron caudal, draw-down e inclinación, como valores representativos de cada pozo, teniendo en cuenta lo anterior, se revisará a grandes rasgos y con las consideraciones ya mencionadas que tipo de ALS es viable utilizar en cada uno de los casos.

**Tabla 27.** Características generales según el tipo de Sistema de Levantamiento Artificial.

| Pozo       | ALS | DD promedio (psi) | $\theta_{\text{máx}}$ pozo | $\theta_{\text{máx}}$ recomendado |                        |     |
|------------|-----|-------------------|----------------------------|-----------------------------------|------------------------|-----|
|            |     |                   |                            | BM                                | ESP                    | PCP |
| ÁGATA-1D   | BM  | 115               | 40°                        | <20°                              | No tiene restricciones | <9° |
| ÁGATA-2D   | BM  | 21                | 72°                        |                                   |                        |     |
| ÁGATA-3D   | BM  | 300               | 65°                        |                                   |                        |     |
| ÁGATA-4D   | BM  | 10                | 55°                        |                                   |                        |     |
| ÁGATA-5D   | BM  | 70                | 68°                        |                                   |                        |     |
| ÁGATA-006  | BM  | -                 | 0°                         |                                   |                        |     |
| ÁGATA-7H   | ESP | 10                | 90°                        |                                   |                        |     |
| ÁGATA-8D   | ESP | 15                | 60°                        |                                   |                        |     |
| ÁGATA-9DST | BM  | 10                | 64°                        |                                   |                        |     |
| ÁGATA-10ST | BM  | 15                | 68°                        |                                   |                        |     |
| ÁGATA-11D  | BM  | 20                | 46°                        |                                   |                        |     |
| ÁGATA-12D  | BM  | 5                 | 69°                        |                                   |                        |     |
| ÁGATA-13D  | BM  | 10                | 68°                        |                                   |                        |     |
| ÁGATA-14D  | BM  | 12                | 63°                        |                                   |                        |     |
| ÁGATA-16D  | BM  | 30                | 81°                        |                                   |                        |     |
| ÁGATA-17D  | BM  | 5                 | 77°                        |                                   |                        |     |

Fuente. Autores.

Teniendo en cuenta la información presentada en la Tabla 27, se evidencia que los pozos con sistema de levantamiento por bombeo mecánico tienen ángulos de inclinación mayores a 40°, manejan caudales entre 300 BFPD (pozo Ágata 3D) hasta 3910 BFPD (pozo Ágata 13D), presentan draw down entre 5 psi (pozo Ágata 17D) hasta 300 psi (pozo Ágata 3D); por experiencia se considera que el BM genera bajos DD (DD<20 psi), por lo cual, es una opción viable, con el fin de no permitir la irrupción temprana de agua, sin embargo, como se observa en lo descrito anteriormente, hubo pozos que no respondieron de manera positiva a este sistema con dicho comportamiento, adicional a esto, pozos como el Ágata 13D y Ágata 16D, mostraron cortes de agua iniciales superiores al 85% aun



cuando tienen draw down inferiores a 35 psi; la inclinación recomendada para este tipo de bomba es de ángulos menores a 20° y el caudal máximo que maneja es de 873 BFPD.

Se encontraron pozos que superan la capacidad de la bomba instalada actualmente y podrían estar produciendo mayor cantidad de fluidos, permitiendo la recuperación de mayor cantidad de netos; mientras que las bombas electrosumergibles no tienen restricción alguna en cuanto a inclinación y según el comportamiento mostrado por los pozos Ágata 7H y Ágata 8D los DD generados son inferiores a 15 psi , por lo que las bombas ESP que manejen caudales hasta los 4000 BFPD se consideran una mejor opción en términos de operar a condiciones óptimas y producción de más fluidos.

En cuanto a las Bombas de Cavidades Progresivas (PCP) el único pozo que podría utilizar este tipo de sistema de levantamiento, es el Ágata 006, debido a que es un pozo vertical y este sistema opera de manera óptima con desviaciones inferiores a 9°.

#### 4.5 SELECCIÓN DE POZOS CANDIDATOS PARA REDISEÑO

El caudal máximo (Q<sub>máx</sub>) del sistema de levantamiento por Bombeo Mecánico de la tabla 28 se calcula con la siguiente fórmula:

**Ecuación 15.** Caudal.

$$Q = 0,1166 * spm * Lrec * (D_{pistón})^2 * EF$$

**Fuente.** Gerencia de Optimización. [Presentación]. METAPETROLEUM CORP. PACIFIC E&P.  
Diapositiva 3.

Debido a que se está calculando el máximo caudal, se utilizaron las condiciones máximas a las cuales trabaja una bomba de la compañía Weatherford:

Spm=6.6  
Lrec: 150”  
Dpistón: 2.75”  
EF: 1

El dato de  $Q_{\text{máx}}$  para bombeo electrosumergible (ESP) se tomó de la referencia de las bombas de los pozos Ágata 7H y Ágata 8D.

**Tabla 28.** Selección de pozos para rediseño.

| Pozo       | ALS | $Q_{\text{máx ALS}}$<br>actual | $Q_{\text{máx Pozo}}$ | Rediseño |
|------------|-----|--------------------------------|-----------------------|----------|
| ÁGATA-1D   | BM  | 873                            | 714                   | NO       |
| ÁGATA-2D   | BM  | 873                            | 857                   | NO       |
| ÁGATA-3D   | BM  | 873                            | 218                   | NO       |
| ÁGATA-4D   | BM  | 873                            | 5600                  | SI       |
| ÁGATA-5D   | BM  | 838                            | 3314                  | SI       |
| ÁGATA-006  | BM  | 873                            | 337                   | NO       |
| ÁGATA-7H   | ESP | 1050                           | 12207                 | SI       |
| ÁGATA-8D   | ESP | 850                            | 2788                  | SI       |
| ÁGATA-9DST | BM  | 873                            | 946                   | NO       |
| ÁGATA-10ST | BM  | 873                            | 685                   | NO       |
| ÁGATA-11D  | BM  | 873                            | 1258                  | NO       |
| ÁGATA-12D  | BM  | 978                            | 2156                  | SI       |
| ÁGATA-13D  | BM  | 978                            | 3910                  | SI       |
| ÁGATA-14D  | BM  | 873                            | 1381                  | NO       |
| ÁGATA-16D  | BM  | 873                            | 706                   | NO       |
| ÁGATA-17D  | BM  | 873                            | 972                   | NO       |

Fuente. Autores.

El criterio utilizado para seleccionar los pozos candidatos a rediseño, se basa en que el caudal máximo del pozo, sea el doble del caudal máximo reportado por las bombas con las cuales se encuentra trabajando; teniendo en cuenta lo analizado a partir de los DD generados (Tabla 27), se recomienda considerar llevar a cabo rediseños de los pozos Ágata 4D, 5D, 7H, 8D, 12D y 13D con Bombas Electrosumergibles que tengan capacidad superior al doble del caudal máximo registrado por estos pozos.

En conclusión, se evidencia que la combinación entre las condiciones petrofísicas y de yacimiento, la forma en que se llevan los pozos u optimizan y sistema de levantamiento, son en gran medida los responsables del comportamiento de producción que cada uno de los pozos muestra a lo largo de su historia.

#### **4.5.1 Curvas de declinación**

A partir del comportamiento histórico de cada uno de los pozos se evaluaron los cambios generados al hacer variaciones de frecuencia en el %BSW y en los BFPD. Estos cambios fueron evaluados en lapsos donde el comportamiento se mostró continuo y sin interrupciones, observados en las gráficas históricas y en la data de producción de los pozos. Con ésta información se realizó la proyección de la producción teniendo en cuenta la velocidad máxima (6.6 SPM) y el Qmáx de la bomba manejado a esta velocidad, determinando también el tiempo al cual el pozo alcanzaría el Qmáx real. Para el caso de los pozos 4D, 12D y 13D se encontró que según el comportamiento de cada pozo al manejar la bomba a la velocidad máxima no se alcanzó el Qmáx teórico, es decir, el caudal dado según las especificaciones de la bomba.

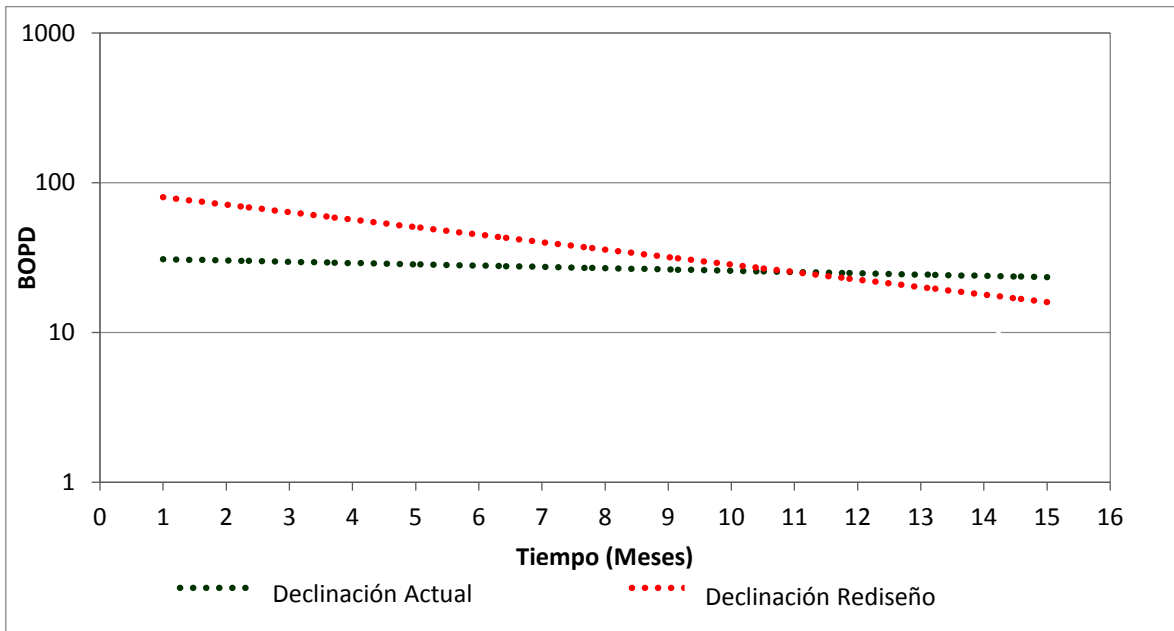
Partiendo del comportamiento del %BSW y fluidos mostrado por los pozos con la bomba actual se diagnostican los cambios de BFPD con la nueva bomba, con lo que se realiza la proyección de los BOPD; adicionalmente se determina el tiempo que tarda cada pozo en llegar al Qmáx manejando una eficiencia de la bomba de 90%.

En el Anexo 24 se encuentra la data obtenida a partir de los análisis y procedimientos mencionados anteriormente, a partir de la cual se realizan las curvas de declinación mostradas a continuación.

##### **4.5.1.1 Pozo Ágata 4D**

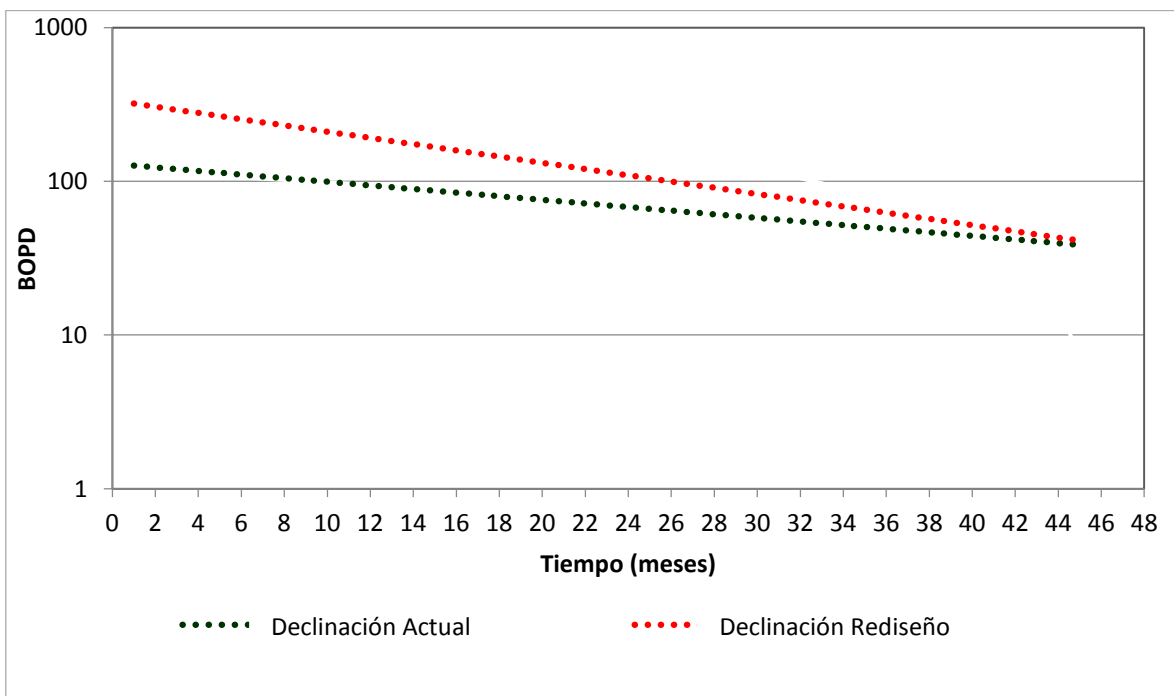
En la gráfica 42 se observa que al cabo de 11 meses de realizar el cambio de sistema de levantamiento el resultado obtenido sería positivo ya que se registraría un incremento en la producción de aceite (254 BOPD), sin embargo, a partir de ese momento la producción caería por debajo de los valores que se obtendrían con el sistema de levantamiento actual, además, en el décimo mes habría superado el límite económico de BSW (98,5%) (Ver Anexo 24). Por lo anterior se recomienda evaluar otras posibilidades de workover para aumentar la producción del pozo.

**Gráfica 42.** Curva de declinación pozo Ágata 4D.



**Fuente.** Autores.4.5.1.2 Pozo Ágata 5D

**Gráfica 43.** Curva de declinación pozo Ágata 5D.

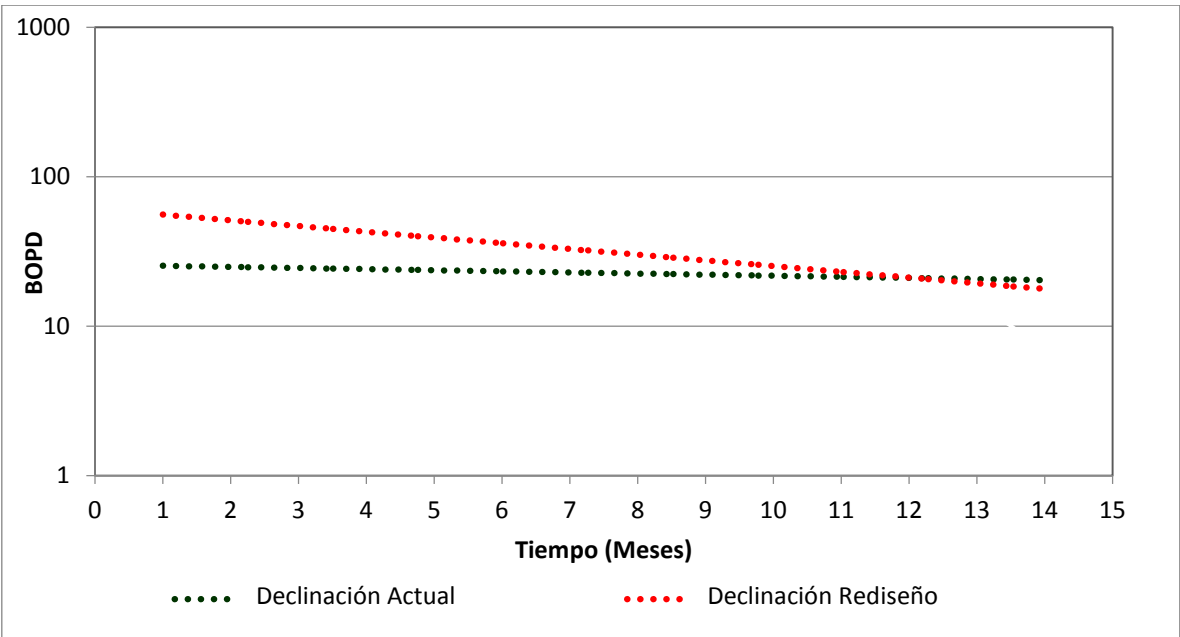


**Fuente.** Autores.

En la gráfica 43 se observa que al cabo de 46 meses de realizar el cambio de sistema de levantamiento el resultado obtenido sería positivo ya que se registraría un incremento en la producción de aceite (3239 BOPD) incluso después de haber superado el valor de límite económico de BSW en el mes 41 (Ver Anexo 24). Por lo anterior se considera viable la realización del rediseño, sin embargo, se recomienda hacer un seguimiento más detallado del pozo para evaluar adecuadamente las intervenciones a realizar con el fin de optimizar el comportamiento de la declinación y de esta forma ampliar el tiempo en que llega al valor de límite económico de BSW.

**4.5.1.3 Pozo Ágata 7H**

**Gráfica 44.** Curva de declinación pozo Ágata 7H.

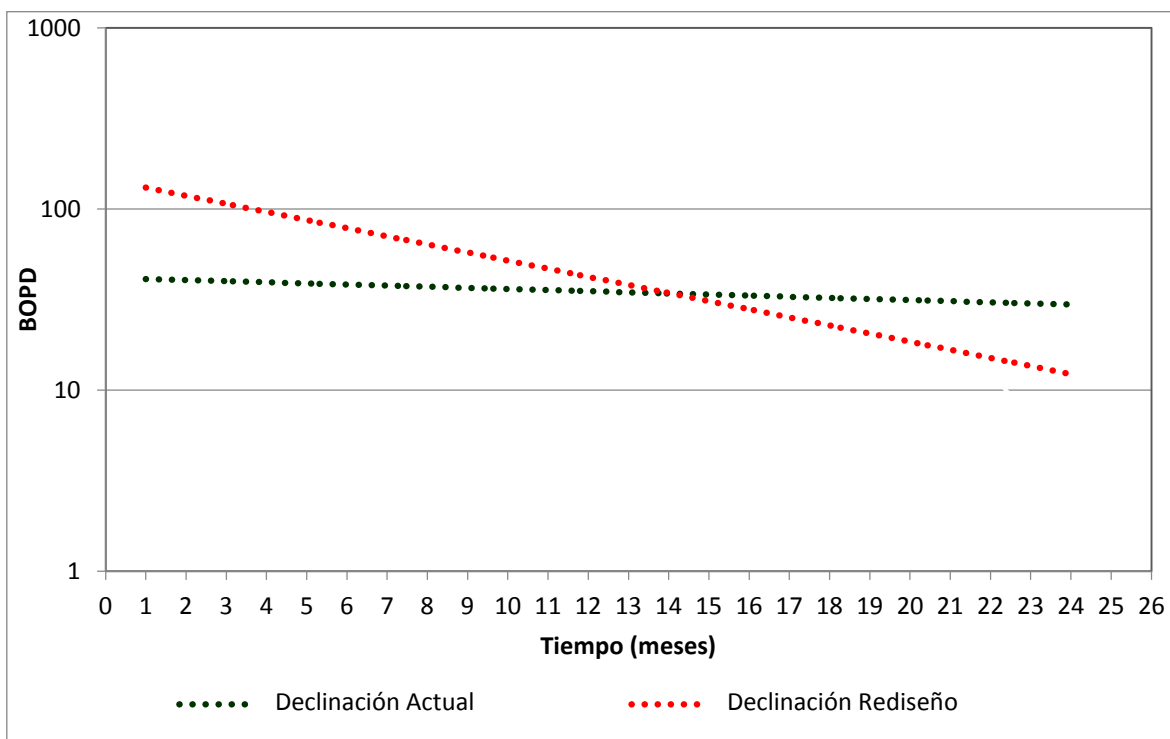


Fuente. Autores.

En la gráfica de declinación para este pozo se observa que al cabo de 12 meses de realizar el cambio de sistema de levantamiento el resultado obtenido sería positivo ya que se registraría un incremento en la producción de aceite (188 BOPD), sin embargo, a partir de ese momento la producción caería por debajo de los valores que se obtendrían con el sistema de levantamiento actual, además, al cabo de 6 meses habría superado el valor de límite económico de BSW (Ver Anexo 24). Por lo anterior se recomienda evaluar otras posibilidades de workover para aumentar la producción del pozo ya que el rediseño no sería viable.

#### 4.5.1.4 Pozo Ágata 8D

Gráfica 45. Curva de declinación pozo Ágata 8D.



Fuente. Autores.

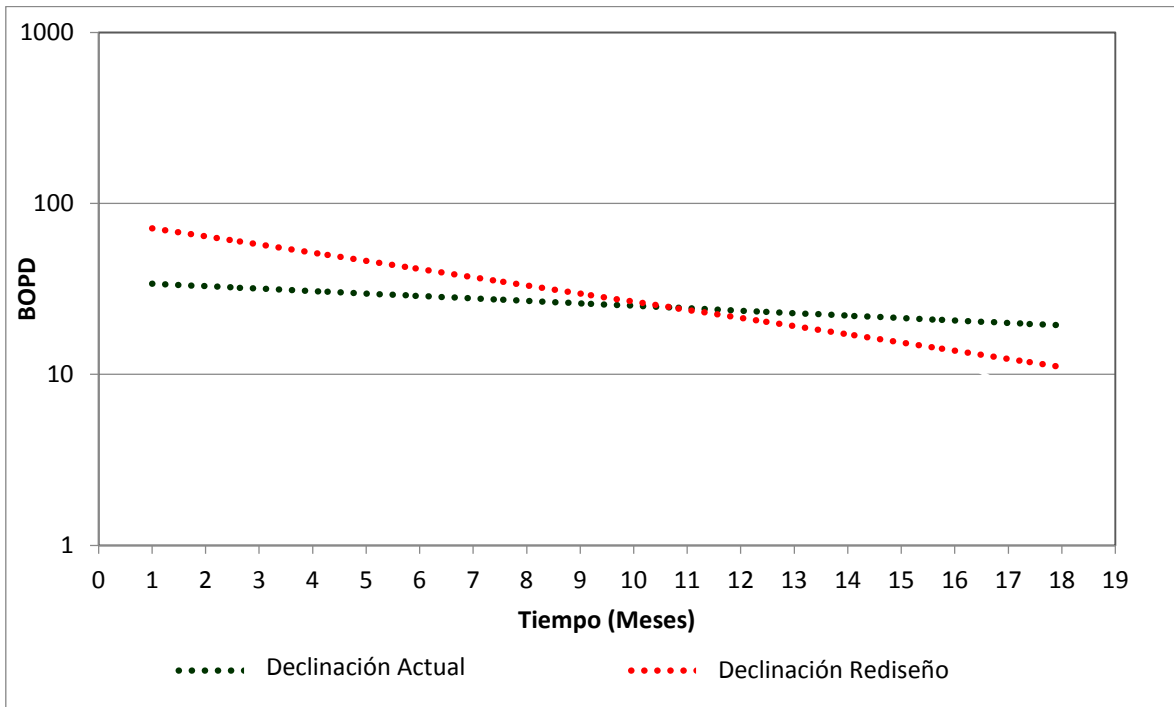
En la gráfica de declinación para este pozo se observa que al cabo de 14 meses de realizar el cambio de sistema de levantamiento el resultado obtenido sería positivo ya que se registraría un incremento en la producción de aceite (464 BOPD), sin embargo, a partir de ese momento la producción caería por debajo de los valores que se obtendrían con el sistema de levantamiento actual y al cabo de 17 meses habría superado el valor de límite económico de BSW (Ver Anexo 24) Por lo anterior se recomienda evaluar otras posibilidades de workover para aumentar la producción del pozo ya que el rediseño no sería viable.

#### 4.5.1.5 Pozo Ágata 12D

En la gráfica de declinación para este pozo se observa que al cabo de 11 meses de realizar el cambio de sistema de levantamiento el resultado obtenido sería positivo ya que se registraría un incremento en la producción de aceite (165 BOPD), sin embargo, a partir de ese momento la producción caería por debajo de

los valores que se obtendrían con el sistema de levantamiento actual y al cabo de 13 meses habría superado el valor de límite económico de BSW(Ver anexo 24). Por lo anterior se recomienda evaluar otras posibilidades de workover para aumentar la producción del pozo ya que el rediseño no sería viable.

**Gráfica 46.** Curva de declinación pozo Ágata 12D.

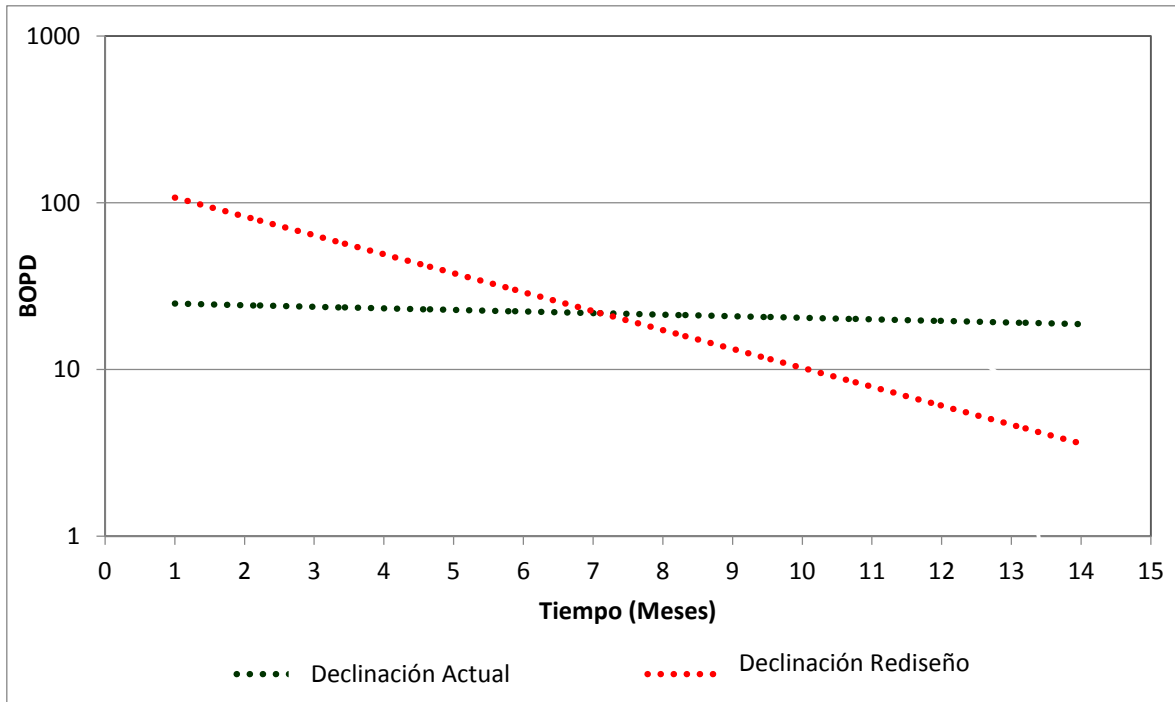


Fuente. Autores.

#### 4.5.1.6 Pozo Ágata 13D

En la gráfica de declinación para este pozo se observa que al cabo de 7 meses de realizar el cambio de sistema de levantamiento el resultado obtenido sería positivo ya que se registraría un incremento en la producción de aceite (126 BOPD), sin embargo, a partir de ese momento la producción caería por debajo de los valores que se obtendrían con el sistema de levantamiento actual y al cabo de 8 meses habría superado el valor de límite económico de (Ver Anexo 24). Por lo anterior se recomienda evaluar otras posibilidades de workover para aumentar la producción del pozo ya que el rediseño no sería viable.

**Gráfica 47.** Curva de declinación pozo Ágata 13D.



**Fuente.** Autores.

Los pozos Amatista 7H, 4D y 13D presentan los valores históricos más altos de BSW (95,9-97,4%) así como los cambios históricos más bajos de %BSW al realizar incrementos de frecuencia dando como resultado un menor tiempo para alcanzar el valor de límite económico de BSW (98,5%).

Los pozos Amatista 8D y 5D tienen los valores históricos más bajos de BSW (85,1y 94,9% respectivamente). El pozo Amatista 5D registra los cambios históricos de %BSW más altos ya que actualmente tiene cortes de agua por debajo de 90% y por experiencia de la compañía con otros pozos se evidencia que cuando se alcanza el 90% de BSW los cambios del mismo son más pequeños. Por lo anterior, este pozo llegaría al límite económico de BSW en más tiempo que los demás pozos (40 meses).

El pozo Amatista 12D presenta cambios históricos grandes de BSW producto de su comportamiento de producción por lo que el tiempo para alcanzar el límite económico de BSW es de los menores (13 meses).



## 5. EVALUACIÓN ECONÓMICA

“Actualmente, el sector petrolero colombiano está atravesando por un descenso en la producción de crudo. Esta situación se debe principalmente a la declinación natural de la mayoría de sus yacimientos y a la falta de nuevos descubrimientos que generen un aumento en el volumen de reservas de hidrocarburos”<sup>21</sup>. Dada la necesidad de aumentar estas reservas, es importante contar con proyectos de optimización que permitan sacar el mayor provecho a las reservas existentes.

La viabilidad del desarrollo de dichos proyectos se valora a través de análisis económicos, motivo por el cual, este capítulo aborda el estudio económico de los trabajos realizados y a ejecutar en el sector Ágata, teniendo en cuenta tres escenarios: evaluación económica a condición actual (31 de marzo de 2015), comparativo de la economía transportando el crudo por líneas de flujo con respecto al transporte por tractocamión y rediseños; se involucran variables tales como, precio del crudo, costos logísticos y de transporte, costos variables, producción de fluidos, entre otros, con el fin de obtener a partir de corridas con el programa Polaris (Proporcionado por la compañía Pacific E&P) indicadores económicos que permitan definir la alternativa de inversión más adecuada, y obtener información adicional que dé bases y criterios para seleccionar la opción que genere una mejor rentabilidad.

Al realizar el presente análisis económico se determina si los beneficios de lo que se ha implementado y se desea llevar a cabo compensan la inversión necesaria para su realización, lo que finalmente, definirá la factibilidad total de cada uno de los proyectos.

### 5.1 EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL TRANSPORTE DE CRUDO POR TRACTOCAMIÓN

En el período en que se evaluó el presente proyecto (enero 2014 a marzo 2015) en el campo utilizaba transporte de crudo por tractocamión. A continuación realizamos la evaluación de económica correspondiente a los costos asociados con la utilización de dicho transporte.

---

<sup>21</sup> REY GÓMEZ, Silvia Juliana y VELASCO ORJUELA, Johnnie Armando. Aplicación software para la evaluación económica de proyectos de inyección de vapor. Bucaramanga, Santander: Universidad Industrial de Santander. 2007.

## 5.1.1 Perfil del precio del crudo

**Tabla 29.** Ingresos y egresos asociados a la producción de fluidos de los pozos del sector.

| ESCENARIO DE PRECIOS Y COSTOS LOG&TRANSP --->                         | ene2014 | feb2014 | mar2014 | abr2014 | may2014 | jun2014 | jul2014 |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Precio WTI, US\$/bbl  | 94.90   | 100.70  | 100.60  | 102.10  | 101.90  | 105.20  | 102.90  |
| Diferencial Marcador - Precio Realización (US\$/bbl). Term Corrientes | (0.30)  | (0.30)  | (0.30)  | (0.30)  | (0.30)  | (0.30)  | (0.30)  |
| Precio Venta Crudo (US\$/bbl). Term Corrientes                        | 94.60   | 100.40  | 100.30  | 101.80  | 101.60  | 104.90  | 102.60  |
| Costo Transporte y logística (US\$/bbl). Term Corrientes              | 15.55   | 15.55   | 15.55   | 15.55   | 15.55   | 15.55   | 15.55   |
| Costo de Dilución (US\$/bbl). Term Corrientes                         | 11.48   | 11.48   | 11.48   | 11.48   | 11.48   | 11.48   | 11.48   |
| NetPrice Crudo (US\$/bbl). Term Corrientes                            | 67.57   | 73.37   | 73.27   | 74.77   | 74.57   | 77.87   | 75.57   |

| ESCENARIO DE PRECIOS Y COSTOS LOG&TRANSP --->                         | ago2014 | sep2014 | oct2014 | nov2014 | dic2014 | ene2015 | feb2015 | mar2015 |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Precio WTI. US\$/bbl  | 96.40   | 93.20   | 84.40   | 75.80   | 59.30   | 47.30   | 50.60   | 47.80   |
| Diferencial Marcador - Precio Realización (US\$/bbl). Term Corrientes | (0.30)  | (0.30)  | (0.30)  | (0.30)  | (0.30)  | (0.50)  | (0.50)  | (0.50)  |
| Precio Venta Crudo (US\$/bbl). Term Corrientes                        | 96.10   | 92.90   | 84.10   | 75.50   | 59.00   | 46.80   | 50.10   | 47.30   |
| Costo Transporte y logística (US\$/bbl). Term Corrientes              | 15.55   | 15.55   | 15.55   | 15.55   | 15.55   | 15.55   | 15.55   | 15.55   |
| Costo de Dilución (US\$/bbl). Term Corrientes                         | 11.48   | 11.48   | 11.48   | 11.48   | 11.48   | 11.48   | 11.48   | 11.48   |
| NetPrice Crudo (US\$/bbl). Term Corrientes                            | 69.07   | 65.87   | 57.07   | 48.47   | 31.97   | 19.77   | 23.07   | 20.27   |

**Fuente:** METAPETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Software POLARIS. Enero 2016.

Los ingresos y egresos dependen en su totalidad de la producción. En la Tabla 29 se puede observar el precio del crudo WTI para los primeros 7 meses del año 2014 se mantuvo por encima de 100 US\$/bbl en promedio a diferencia de los primeros meses del año 2015 donde alcanzó precios de hasta 47.30 US\$/bbl en el mes de Enero.

Desde finales de 2014 se aprecia una considerable caída en los precios lo que afecta las ganancias obtenidas las cuales tenderán a disminuir debido, entre otras cosas, a que independientemente de las variaciones del precio del crudo los costos relacionados con logística, transporte y dilución son constantes; adicionalmente la producción de fluidos involucra costos de tratamiento, transporte interno y uso de energía como se ve en la Tabla 30.

**Tabla 30.** Costos Variables.

| OPEX Variable (US\$), Term Constantes         | Unidad  | Costo Unitario |
|---|---------|----------------|
| Levantamiento Fluidos (Red Interna)           | US\$/Bf | No Aplica      |
| Levantamiento Fluidos (Generación Local)      | US\$/Bf | 0.1003         |
| Transporte Interno (Sin línea de Flujo)       | US\$/Bf | 0.8330         |
| Tratamiento, Energía y Procesamiento de Crudo | US\$/Bo | 0.2465         |
| Tratamiento, Energía y Procesamiento de Agua  | US\$/Bw | 0.3536         |
| OPEX Gross Variable, US\$                     |         | 1583686.8      |

**Fuente:** METAPETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Software POLARIS. Enero 2016.

## 5.1.2 Producción de fluidos

**Tabla 31.** Producción de Aceite.

| ene2014 | feb2014 | mar2014 | abr2014 | may2014 | jun2014 | jul2014 | ago2014 | sep2014 | oct2014 | nov2014 | dic2014 | ene2015 | feb2015 | mar2015 |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 346.6   | 386.5   | 355.5   | 448.1   | 464.4   | 509.2   | 422.9   | 372.5   | 459.2   | 621.9   | 595.2   | 533.6   | 647.1   | 617.7   | 578.9   |

**Fuente:** Gerencia de Operaciones. METAPETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Base de datos pozos Ágata.

**Tabla 32.** Producción de Agua.

| ene2014 | feb2014 | mar2014 | abr2014 | may2014 | jun2014 | jul2014 | ago2014 | sep2014 | oct2014 | nov2014 | dic2014 | ene2015 | feb2015 | mar2015 |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 332.5   | 460     | 1.121,8 | 1.278,9 | 1.636   | 2.015,2 | 2.206   | 1.410,8 | 1.571   | 1.822   | 2.400   | 3.494   | 4.092   | 4.820   | 5.182   |

**Fuente:** Gerencia de Operaciones. METAPETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Base de datos pozos Ágata.

La caída en el precio del crudo WTI afecta de manera negativa los ingresos obtenidos, ya que en los meses de enero, febrero y marzo de 2015 cuando los precios fueron de hasta 47.30 US\$/bbl, precio más bajo registrado en el periodo evaluado, se incrementó la producción de agua aumentando de esta forma los costos asociados al tratamiento de fluidos, ya que el tratamiento de un barril de agua (0,3536 US\$/bbl) resulta más costoso que el tratamiento de un barril de crudo (0,2465 US\$/bbl).

## 5.1.3 Análisis de Indicadores Económicos

**Tabla 33.** Indicadores económicos nivel asociación.

| RESULTADOS ASOCIACION   |                     |                  |
|---|---------------------|------------------|
| Indicadores Económicos<br>Nivel Asociación<br>CON CORTE ECONOMICO | CON CORTE ECONOMICO | 15 Años<br>42094 |
|   | VPN,US\$            | 5.835.805,6      |
|   | TIR (%)             | Indef            |
|   | EFIC.INV            | indef            |
|   | TIEMPO PAGO, Meses  | Inmediato        |
|   | EFIC. DESEMB        | 3,80             |
|   | RESERVAS (BOE)      | 209.725          |

**Fuente:** METAPETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Software POLARIS. Enero 2016.

Es importante tener en cuenta, que los costos asociados al transporte por tractocamión, son costos variables (CAPEX) que no generan ningún tipo de capital a la compañía y se encuentran sujetos en gran medida a la producción de fluidos

del campo, sin embargo, a pesar de la caída de los precios del crudo y del aumento considerable de la producción de agua, los valores presentes netos son positivos, con corte económico a 15 años y resultan en 5.835.805,6 US\$ y 3.407.249 US\$ para asociación y Pacific E&P respectivamente, lo que refleja que se obtendrán ganancias a partir del uso de este tipo de transporte; adicionalmente se evidencia que el tiempo de pago de su uso, es inmediato, con eficiencia de desembolso cercana al 3% para ambos casos, lo que ratifica la viabilidad de este proyecto (Ver tablas 27 y 28 ).

**Tabla 34.** Indicadores económicos nivel Pacific E&P.

| RESULTADOS PACIFIC  |                     |           |
|---|---------------------|-----------|
| Indicadores Económico<br>Nivel Pacific<br>CON CORTE ECONOMICO | CON CORTE ECONOMICO | 15 Años   |
|   |                     | 42094     |
|   | VPN,US\$            | 3.407.249 |
|   | TIR (%)             | Indef     |
|   | EFIC. INV           | indef     |
|   | TIEMPO PAGO, Meses  | Inmediato |
|   | EFIC. DESEMB        | 3,17      |
|   | RESERVAS (BOE)      | 125.835   |

Fuente: METAPETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Software POLARIS. Enero 2016.

De las tablas 32 y 33 se puede observar que el VPN de Pacific E&P representa el 58% del VPN obtenido a nivel de asociación.

En conclusión, el uso de tractocamión para el periodo evaluado es factible y beneficioso.

## 5.2 COMPARATIVO LÍNEA DE FLUJO VS TRACTOCAMIÓN

### 5.2.1 Perfil del precio de crudo

**Tabla 35.** Ingresos y egresos asociados a la producción de fluidos de los pozos del sector.

| ESCENARIO DE PRECIOS Y COSTOS LOG&TRANSP -->                          | Abr2015 | May2015 | Jun2015 | Jul2015 | Ago2015 | Sep2015 | Oct2015 | Nov2015 | Dic2015 | Ene2016 | Feb2016 |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Precio WTI. US\$/bbl  | 47.80   | 54.40   | 59.30   | 59.80   | 50.90   | 42.90   | 45.50   | 46.20   | 44.40   | 40.00   | 30.00   |
| Diferencial Marcador - Precio Realización (US\$/bbl). Term Corrientes | (0.50)  | (0.50)  | (0.50)  | (0.50)  | (0.50)  | (0.50)  | (0.50)  | (0.50)  | (0.50)  | (0.50)  | (0.50)  |
| Precio Venta Crudo (US\$/bbl). Term Corrientes                        | 47.30   | 53.90   | 58.80   | 59.30   | 50.40   | 42.40   | 45.00   | 45.70   | 43.90   | 39.550  | 29.10   |
| Costo Transporte y logística (US\$/bbl). Term Corrientes              | 15.55   | 15.55   | 15.55   | 15.55   | 15.55   | 15.55   | 15.55   | 15.55   | 15.55   | 15.55   | 15.55   |
| Costo de Dilución (US\$/bbl). Term Corrientes                         | 11.48   | 11.48   | 11.48   | 11.48   | 11.48   | 11.48   | 11.48   | 11.48   | 11.48   | 11.48   | 11.48   |
| NetPrice Crudo (US\$/bbl). Term Corrientes                            | 20.27   | 26.87   | 31.77   | 32.27   | 23.37   | 15.37   | 17.97   | 18.67   | 16.87   | 19.45   | 9.05    |

Fuente. METAPETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Software POLARIS. Enero 2016.

En la Tabla 35 se evidencian tanto ingresos como egresos asociados a la producción de fluidos de los pozos del sector; se observa que el precio del crudo WTI y su precio de venta entre abril de 2015 y febrero de 2016 oscila entre los 30US\$/bbl y los 60US\$/bbl con tendencia a la baja, de igual manera se muestra el descenso del Netprice del crudo, mientras que los costos de transporte, logística y dilución se mantienen constantes hasta el mes de diciembre y descienden para enero y febrero de 2016, lo cual indica que probablemente los ingresos obtenidos mes a mes se han visto impactados de manera negativa tras la caída de los precios del crudo, lo que dificulta la ejecución de nuevos proyectos en los campos.

### 5.2.2 Costos Variables

**Tabla 36.** Costos Variables.

| • OPEX Variable (US\$), Term Constantes       | Unidad  | Costo Unitario |
|---|---------|----------------|
| Levantamiento Fluidos (Red Interna)           | US\$/Bf | No Aplica      |
| Levantamiento Fluidos (Generación Local)      | US\$/Bf | 0.1003         |
| Transporte Interno (Sin línea de Flujo)       | US\$/Bf | 0.8330         |
| Tratamiento, Energía y Procesamiento de Crudo | US\$/Bo | 0.2465         |
| Tratamiento, Energía y Procesamiento de Agua  | US\$/Bw | 0.3536         |

Fuente METAPETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Software POLARIS. Enero 2016.

En la tabla 35 se muestran los egresos no capitalizables asociados a la producción, tenidos en cuenta para el análisis comparativo; en este punto se debe precisar que existe variación en lo referente al transporte, para líneas de flujo se tiene el CAPEX o inversión capitalizable, representado por la inversión inicial (US\$) que incluye infraestructura, instalación y puesta en funcionamiento; mientras que para tractocamión, se cuenta con el valor del transporte interno en US\$/bbl, coste que hace parte del OPEX variable, por lo que este último, depende de la producción de fluidos generada por cada uno de los pozos del sector.

### 5.2.3 Producción de fluidos

La producción de aceite y agua (ver Tablas 36 y 37) fue tomada de las formas de producción del año 2015 y se encuentra en BPD (Barriles por día); se evidencia que entre marzo y diciembre de este año se tiene una producción promedio de aceite de 456 BOPD, con tendencia a mantenerse constantes con el tiempo y una producción promedio de agua de 5550 BWPD, la cual muestra incremento, lo que

indica a su vez que el porcentaje de %BSW aumenta y por tanto los costos asociados a la producción de agua.

**Tabla 37.** Producción de Aceite.

| Mar2015 | Abr2015 | May2015 | Jun2015 | Jul2015 | Ago2015 | Sept2015 | Oct2015 | Nov2015 | Dic2015 |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|
| 485.2   | 491.5   | 481.2   | 459.6   | 396.9   | 394.7   | 414.3    | 467.7   | 486.2   | 485.4   |

**Fuente:** Gerencia de Operaciones. METAPETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Base de datos pozos Ágata.

**Tabla 38.** Producción de Agua.

| Mar2015 | Abr2015 | May2015 | Jun2015 | Jul2015 | Ago2015 | Sept2015 | Oct2015 | Nov2015 | Dic2015 |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|
| 4.578   | 471     | 5.098   | 5.418   | 5.186   | 5.688   | 5.891    | 6.187   | 6.399   | 6.667   |

**Fuente.** Gerencia de Operaciones. METAPETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Base de datos pozos Ágata.

## 5.2.4 Transporte por líneas de flujo

### Inversión

Para el total de fluidos manejado por los pozos analizados se estima una inversión en líneas de **1'130. 000.00 US\$**

**Tabla 39.** Indicadores económicos nivel asociación con línea de flujo.

| RESULTADOS ASOCIACION   |                        |           |
|---|------------------------|-----------|
| Indicadores Económicos<br>Nivel Asociación<br>CON CORTE ECONÓMICO | CON CORTE<br>ECONOMICO | 10 Años   |
|   | VPN,US\$               | 594725    |
|   | TIR (%)                | 52.6%     |
|   | EFIC.INV               | 0.53      |
|   | TIEMPO PAGO, Meses     | Inmediato |
|   | EFIC. DESEMB           | 0.30      |
|   | RESERVAS (BOE)         | 131,223   |

**Fuente.** METAPETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Software POLARIS. Enero 2016.

Con línea de flujo y un corte económico de 10 años se tiene que los indicadores económicos a nivel de asociación están representados por un Valor Presente Neto (VPN) de 594725 US\$, valor positivo que indica que es un tipo de transporte viable, el cual generará el valor presente mencionado después de recuperada la inversión

**Tabla 40.** Indicadores económicos nivel Pacific E&P con línea de flujo.

| RESULTADOS PACIFIC   |                     |         |
|--|---------------------|---------|
| Indicadores Económicos<br>Nivel Pacific<br>CON CORTE ECONOMICO | CON CORTE ECONOMICO | 10 Años |
|  | VPN,US\$            | 236923  |
|  | TIR (%)             | 30%     |
|  | EFIC. INV           | 0.30    |
|  | TIEMPO PAGO, Meses  | 7.16    |
|  | EFIC. DESEMB        | 0.17    |
|  | RESERVAS (BOE)      | 78,734  |

**Fuente.** METAPETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Software POLARIS. Enero 2016.

La tasa interna de retorno (TIR) refleja un rendimiento económico del proyecto igual a 52.6%, una eficiencia de inversión del 0.53, eficiencia de desembolso de 0.30, reservas de 131.223 BOE y un tiempo de pago, inmediato, dichos indicadores varían cuando se llevan a nivel de Pacific E&P con el mismo corte económico, obteniéndose un valor presente neto de 236923 US\$, lo que representa el 40% del VPN correspondiente a la asociación, sin embargo, para la compañía sigue siendo viable el uso de líneas de flujo, puesto que es un valor positivo que representa recuperación de la inversión y ganancias a partir de la utilización de dichas líneas, un TIR de 30%, 22.6% por debajo del rendimiento económico que se tiene considerado en asociación y por lo tanto el rango de tasa de descuento con el que se puede obtener rentabilidad del proyecto disminuye, eficiencia de inversión de 0.30, eficiencia de desembolso de 0.17 y reservas de 78.734 BOE, estos tres valores como era de esperarse se encuentran por debajo de los obtenidos a nivel de asociación.

El tiempo de pago no es inmediato, se estima un periodo de pago aproximado de 7 meses, por lo anterior, se evidencia que cada uno de los indicadores económicos disminuye su valor debido a que se está incluyendo únicamente una de las empresas asociadas, en este caso Pacific E&P.

### 5.2.5 Transporte con Tractocamión

Los indicadores económicos para transporte por tractocamión tienen corte económico a 10 años, VPN de 198.323 US\$ a nivel Pacific E&P, es decir, el 45% del valor presente neto a nivel de asociación; en los dos casos son valores positivos que representan la viabilidad del uso de este medio de transporte con sus respectivos valores presentes tras recuperar la inversión que se realiza para su uso, se evidencia una eficiencia de desembolso de 0.41 en términos de

asociación y de 0.27 teniendo en cuenta únicamente a la empresa Pacific E&P, lo que muestra una diferencia de 0.14 entre ambos valores, siendo este último el menor; las reservas a nivel de asociación son de 66.549 BOE y 39.929 a nivel Pacific E&P.

**Tabla 41.** Indicadores económicos nivel asociación con tractocamión.

| RESULTADOS ASOCIACION   |                     |           |
|---|---------------------|-----------|
| Indicadores Económicos<br>Nivel Asociacion<br>CON CORTE ECONOMICO | CON CORTE ECONOMICO | 10 Años   |
|   | VPN,US\$            | 439569    |
|   | TIR (%)             | Indef     |
|   | EFIC.INV            | indef     |
|   | TIEMPO PAGO, Meses  | Inmediato |
|   | EFIC. DESEMB        | 0.41      |
|   | RESERVAS (BOE)      | 66,549    |

Fuente. METAPETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Software POLARIS. Enero 2016.

**Tabla 42.** Indicadores económicos nivel Pacific E&P con tractocamión.

| RESULTADOS PACIFIC   |                     |           |
|--|---------------------|-----------|
| Indicadores Económicos<br>Nivel Pacific<br>CON CORTE ECONOMICO | CON CORTE ECONOMICO | 10 Años   |
|  | VPN,US\$            | 198323    |
|  | TIR (%)             | Indef     |
|  | EFIC. INV           | indef     |
|  | TIEMPO PAGO, Meses  | Inmediato |
|  | EFIC. DESEMB        | 0.27      |
|  | RESERVAS (BOE)      | 39,929    |

Fuente. METAPETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Software POLARIS. Enero 2016.

Finalmente, el tiempo de pago representado en meses para ambos casos es inmediato. Al igual que lo planteado anteriormente en el análisis con líneas de flujo, se evidencia que cada uno de los indicadores varía y es menor en todos los casos cuando se tiene en cuenta la empresa sin asociación.

### 5.2.6 Análisis comparativo

Las líneas de flujo en el sector Ágata se instalarán y pondrán en funcionamiento desde el mes de abril del año 2015, razón por la cual, el perfil de precio de crudo, la producción de aceite y de agua para hacer el comparativo entre transporte a través de líneas y por tractocamión se realiza a partir de esta fecha.

Con los datos que se muestran en cada una de las tablas anteriores se obtuvo indicadores económicos que permiten determinar y comparar cada uno de los proyectos referentes al transporte del fluido producido por los pozos del sector



Ágata, tractocamión y líneas de flujo, en ambos casos se tiene un corte económico de 10 años, valor presente neto con línea a nivel de asociación de 155156 US\$ más que con carro tanque y de 38600 US\$ más a nivel Pacific E&P, eficiencia de desembolso y reservas mayores con respecto a tractocamión, en cuanto a tiempo de pago en meses, en ambos casos a nivel de asociación es inmediato, mientras que a nivel Pacific E&P el pago de la inversión para tractocamión se da inmediatamente y el de líneas de flujo tarda aproximadamente 7 meses.

En conclusión, se determina que, aunque en ambos casos se obtiene VPN positivo, lo que indica que las dos alternativas de transporte son factibles, el mayor VPN e indicadores para el periodo analizado lo tiene el caso de transporte con línea de flujo, lo que representa mayores ganancias para la compañía, adicionalmente el beneficio con la línea consiste en que a un plazo mayor mostrará un mejor VPN y adicionalmente permitirá incrementar BFPD si se requiere y no generará costos adicionales.

### 5.3 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LOS REDISEÑOS

En esta sección se realiza la evaluación de viabilidad y rentabilidad económica de los rediseños propuestos, analizando incrementos de producción de fluidos, declinación de la producción e indicadores económicos.

La Tabla 43 muestra la capacidad de las bombas sugeridas para instalar en los pozos seleccionados.

**Tabla 43.** Rediseños propuestos.

| REDISEÑOS |             |           |                  |           |
|-----------|-------------|-----------|------------------|-----------|
| Pozo      | Tipo de ALS |           | Capacidad (BFPD) |           |
|           | Actual      | Propuesto | Actual           | Propuesto |
| Ágata 4D  | BM          | ESP       | 873              | 5600      |
| Ágata 5D  | BM          | ESP       | 873              | 3300      |
| Ágata 7H  | ESP         | ESP       | 1050             | 5000      |
| Ágata 8D  | ESP         | ESP       | 850              | 2700      |
| Ágata 12D | BM          | ESP       | 873              | 2100      |
| Ágata 13D | BM          | ESP       | 873              | 3900      |

**Fuente:** Autores.

En las Tablas 44, 45 y 46 se presentan los ingresos y egresos tenidos en cuenta para evaluar la viabilidad económica de instalar un nuevo sistema de levantamiento artificial en los pozos seleccionados.

- **Perfil del precio del crudo**

**Tabla 44.** Precio del crudo asociado a la producción de fluido.

| Mes                                    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>Precio del crudo WTI (\$US/Bbl)</b> | 54,4 | 59,3 | 59,8 | 50,9 | 42,9 | 45,5 | 46,2 | 44,4 | 37,2 | 31,5 | 32,4 | 38,8 |

Fuente: METAPETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. [Libro de Excel].

- **Costos fijos**

**Tabla 45.** Costos fijos.

| Cambio de ALS  | Precio (\$US) |
|----------------|---------------|
| <b>ESP-ESP</b> | 240.000       |
| <b>BM-ESP</b>  | 250.000       |

Fuente: Autores.

- **Costos variables**

**Tabla 46.** Costos Variables.

| OPEX Variable (US\$), Term Constantes         | Unidad  | Costo unitario |
|---|---------|----------------|
| Levantamiento Fluidos (Generación Local)      | US\$/Bf | 0.1003         |
| Tratamiento, Energía y Procesamiento de Crudo | US\$/Bo | 0.2465         |
| Tratamiento, Energía y Procesamiento de Agua  | US\$/Bw | 0.3536         |

Fuente: METAPETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Software POLARIS. Enero 2016.

### 5.3.1 Pozo Ágata 4D

El rediseño propuesto para el pozo Ágata 4D es el cambio de sistema de levantamiento artificial por Bombeo Mecánico a levantamiento por Bombeo Electrosumergible. Se sugiere instalar una bomba con capacidad de 5.600 barriles de fluido por día.

**Tabla 47.** Incremento de producción mensual de aceite.

| Mes         | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>BOPM</b> | 266 | 473 | 667 | 775 | 891 | 937 | 878 | 896 | 783 | 679 | 488 | 286 |

Fuente: Autores

**Tabla 48.** Incremento de producción mensual de agua.

| Mes  | 1    | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12     |
|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| BWPM | 8469 | 16435 | 25541 | 33041 | 42788 | 51478 | 56327 | 68990 | 75302 | 86679 | 92505 | 104543 |

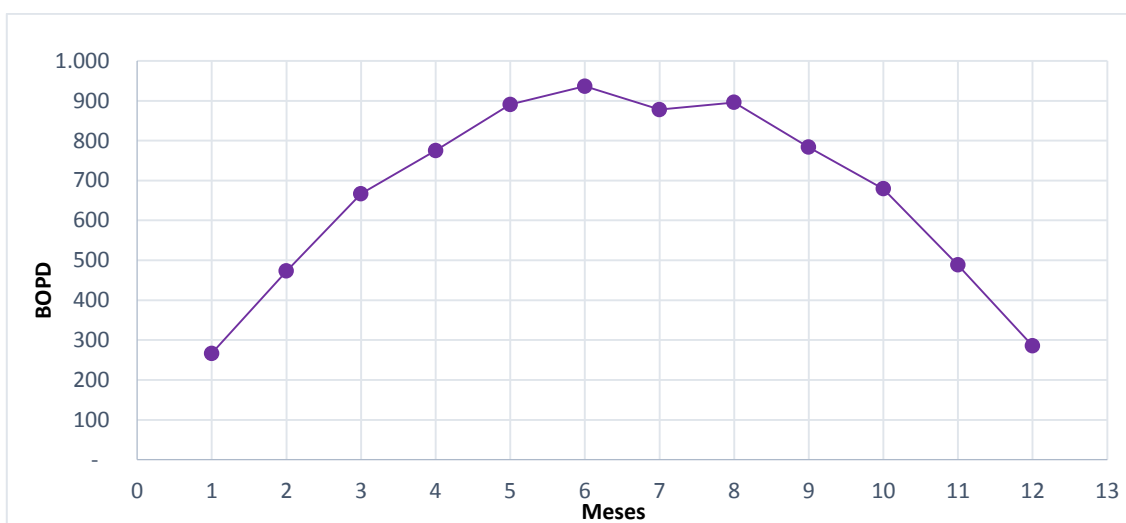
Fuente: Autores

**Tabla 49.** Indicadores económicos rediseño pozo 4D.

| INDICADORES ECONÓMICOS |            |
|------------------------|------------|
| CON CORTE ECONÓMICO    | 1 año      |
| VPN,US\$               | -241983    |
| TIR (%)                | Indefinido |
| EFIC.INV               | -0.97      |
| TIEMPO PAGO, Meses     | Indefinido |
| Incremento total BOPM  | 8018       |

Fuente: Autores. [Libro de Excel]. Enero 2016.

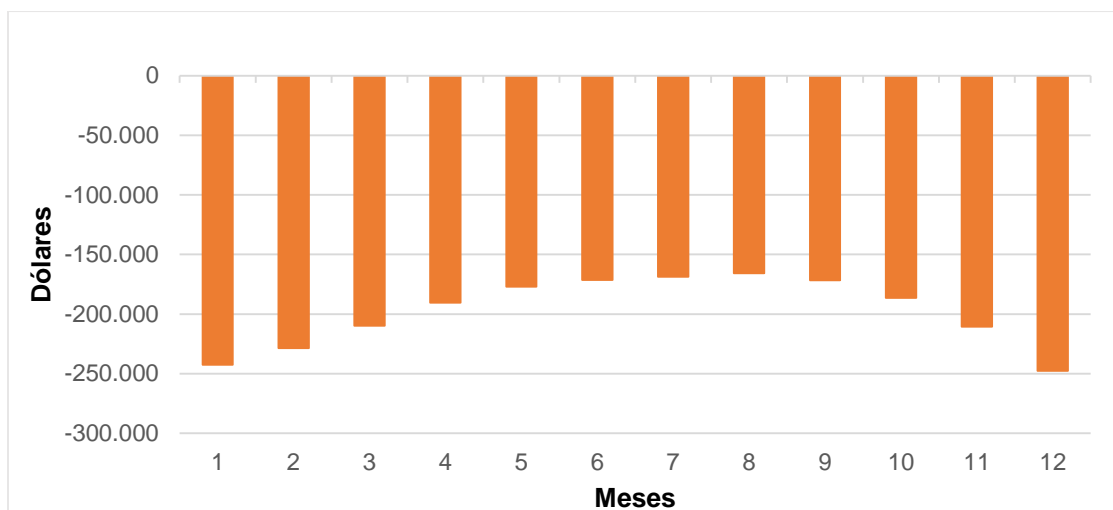
**Gráfica 48.** Incremento de producción.



Fuente. Autores.

La evaluación económica con corte a 1 año, da como resultado: un incremento de 8018 BOPM, un valor presente Neto (VPN) de -241983 US\$, valor negativo, que evidencia que este proyecto generará pérdidas, lo que se reafirma con los valores de una tasa interna de retorno (TIR) indefinida, eficiencia de inversión de -0.97 y un tiempo de pago indefinido. Los indicadores de producción y económicos reflejan que realizar el rediseño con la bomba sugerida no es económicamente viable y rentable.

**Gráfica 49.** Tiempo de recuperación de la inversión.



Fuente. Autores.

### 5.3.2 Pozo Ágata 5D

El rediseño propuesto para el pozo Ágata 5D es el cambio de sistema de levantamiento artificial por Bombeo Mecánico a levantamiento por Bombeo Electrosumergible con capacidad de 3300 barriles de fluido por día.

**Tabla 50.** Incremento de producción mensual de aceite.

| Mes         | 1   | 2   | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   |
|-------------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>BOPM</b> | 515 | 952 | 1407 | 1785 | 1980 | 2403 | 2558 | 2838 | 3057 | 3458 | 3734 | 3859 |

Fuente: Autores.

**Tabla 51.** Incremento de producción mensual de agua.

| Mes         | 1    | 2    | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    |
|-------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>BWPM</b> | 3926 | 7643 | 11915 | 15978 | 18791 | 24241 | 27524 | 32688 | 35620 | 40949 | 45113 | 47710 |

Fuente: Autores.

La evaluación económica con corte a 1 año, da como resultado: un incremento de 28546 BOPM (1045381 US\$, con un valor presente Neto (VPN) de 2591961 US\$, valor positivo, una tasa interna de retorno (TIR) que refleja un rendimiento económico del proyecto igual a 20%, una eficiencia de inversión de 2.37 y un tiempo de pago de 6 meses (Ver Anexo 25), indicadores que junto al

comportamiento de producción reflejan que realizar el rediseño con la bomba sugerida es económicamente viable y rentable.

**Tabla 52.** Indicadores económicos rediseño pozo 5D.

| INDICADORES ECONÓMICOS       |        |
|------------------------------|--------|
| <b>CON CORTE ECONÓMICO</b>   | 1 año  |
| <b>VPN,US\$</b>              | 591961 |
| <b>TIR (%)</b>               | 20     |
| <b>EFIC.INV</b>              | 2.37   |
| <b>TIEMPO PAGO, Meses</b>    | 6      |
| <b>Incremento total BOPM</b> | 28546  |

**Fuente:** Autores. [Libro de Excel]. Enero 2016.

### 5.3.3 Pozo Ágata 7H

El rediseño sugerido para éste pozo es el aumento de la capacidad de la bomba ESP actual. Se sugiere instalar una ESP que maneje 5.000 BFPD.

**Tabla 53.** Incremento de producción mensual de aceite.

| Mes         | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12 |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| <b>BOPM</b> | 209 | 382 | 502 | 620 | 663 | 714 | 708 | 601 | 587 | 457 | 251 | 30 |

**Fuente:** Autores.

**Tabla 54.** Incremento de producción mensual de agua.

| Mes         | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10     | 11     | 12     |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| <b>BWPM</b> | 10551 | 21138 | 30737 | 42421 | 51402 | 63846 | 74613 | 77150 | 96254 | 103673 | 107350 | 104100 |

**Fuente.** Autores.

**Tabla 55.** Indicadores económicos rediseño pozo 7H.

| INDICADORES ECONÓMICOS       |            |
|------------------------------|------------|
| <b>CON CORTE ECONÓMICO</b>   | 1 año      |
| <b>VPN,US\$</b>              | -368338    |
| <b>TIR (%)</b>               | Indefinido |
| <b>EFIC.INV</b>              | -1.47      |
| <b>TIEMPO PAGO, Meses</b>    | Indefinido |
| <b>Incremento total BOPM</b> | 5722       |

**Fuente.** Autores. [Libro de Excel]. Enero 2016.

La evaluación económica con corte a 1 año, da como resultado: un incremento de 5722 BOPM , los cuales no incrementan lo suficiente para compensar los costos

generados por la producción de agua, evidenciándose un valor presente Neto (VPN) de -368338 US\$, valor negativo que indica pérdidas, una tasa interna de retorno (TIR) indefinida, una eficiencia de inversión de -1.47 y un tiempo de pago indefinido (Ver Anexo 25), indicadores económicos que junto al comportamiento de producción reflejan que realizar el rediseño con la bomba sugerida no es económicamente viable y rentable.

### 5.3.4 Pozo Ágata 8D

El rediseño sugerido para éste pozo es el aumento de la capacidad de la bomba ESP actual. Se sugiere instalar una ESP que maneje 2700 BFPD.

**Tabla 56.** Incremento de producción mensual de aceite.

| Mes         | 1   | 2   | 3   | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11  | 12  |
|-------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|
| <b>BOPM</b> | 344 | 677 | 965 | 1181 | 1441 | 1577 | 1492 | 1355 | 1100 | 1081 | 913 | 807 |

Fuente. Autores.

**Tabla 57.** Incremento de producción mensual de agua.

| Mes         | 1    | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    |
|-------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>BWPM</b> | 7641 | 15826 | 23789 | 30759 | 39814 | 46333 | 48015 | 48152 | 43616 | 48426 | 46997 | 48700 |

Fuente. Autores.

**Tabla 58.** Indicadores económicos rediseño pozo 8D.

| <b>INDICADORES ECONÓMICOS</b> |       |
|-------------------------------|-------|
| <b>CON CORTE ECONÓMICO</b>    | 1 año |
| <b>VPN,US\$</b>               | 54760 |
| <b>TIR (%)</b>                | 4     |
| <b>EFIC.INV</b>               | 0.22  |
| <b>TIEMPO PAGO, Meses</b>     | 8     |
| <b>Incremento total BOPM</b>  | 12932 |

Fuente. Autores. [Libro de Excel]. Enero 2016.

La evaluación económica con corte a 1 año, da como resultado: un incremento de 12932 BOPM (525215 US\$) y en este caso, el valor presente Neto (VPN) es de 54760 US\$, valor positivo que indica ganancias, una tasa interna de retorno (TIR) que refleja un rendimiento económico del proyecto igual a 4%, una eficiencia de inversión de 0.22 y un tiempo de pago de 8 meses (Ver Anexo 25).

El proyecto resultaría económicamente rentable, sin embargo, la curva de declinación refleja una caída de la producción más rápida una vez hecho el rediseño, por lo que no se considera viable la realización de este trabajo.

### 5.3.5 Pozo Ágata 12D

El rediseño propuesto para el pozo Ágata 12D es el cambio de sistema de levantamiento artificial por Bombeo Mecánico a levantamiento por Bombeo Electrosumergible con capacidad de 2100 BFPD.

**Tabla 59.** Incremento de producción mensual de aceite.

| Mes         | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>BOPM</b> | 163 | 305 | 385 | 525 | 583 | 659 | 671 | 589 | 485 | 368 | 276 | 166 |

Fuente. Autores.

**Tabla 60.** Incremento de producción mensual de agua.

| Mes         | 1    | 2    | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    |
|-------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>BWPM</b> | 4646 | 9314 | 12648 | 18714 | 22689 | 28199 | 31910 | 33078 | 33183 | 32214 | 33392 | 32416 |

Fuente. Autores.

**Tabla 61.** Indicadores económicos rediseño pozo 12D.

| <b>INDICADORES ECONÓMICOS</b> |            |
|-------------------------------|------------|
| <b>CON CORTE ECONÓMICO</b>    | 1 año      |
| <b>VPN,US\$</b>               | -196893    |
| <b>TIR (%)</b>                | Indefinido |
| <b>EFIC.INV</b>               | -0.79      |
| <b>TIEMPO PAGO, Meses</b>     | Indefinido |
| <b>Incremento total BOPM</b>  | 5176       |

Fuente: Autores. [Libro de Excel]. Enero 2016.

La evaluación económica con corte a 1 año, da como resultado: un incremento de 5176 BOPM, un valor presente Neto (VPN) de -196893US\$, valor negativo, que evidencia que este proyecto generará pérdidas, lo que se reafirma con los valores de una tasa interna de retorno (TIR) indefinida, eficiencia de inversión de -0.79 y un tiempo de pago indefinido (Ver Anexo 25).

El comportamiento de producción y los indicadores económicos reflejan que realizar el rediseño con la bomba sugerida no es económicamente viable y rentable.

### 5.3.6 Pozo Ágata 13D

El rediseño propuesto para el pozo Ágata 13D es el cambio de sistema de levantamiento artificial por Bombeo Mecánico a levantamiento por Bombeo Electrosumergible. Se sugiere instalar una bomba con capacidad de 2.700 barriles de fluido por día.

**Tabla 62.** Incremento de producción mensual de aceite.

| Mes         | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>BOPM</b> | 220 | 401 | 488 | 640 | 677 | 719 | 676 | 637 | 535 | 381 | 151 | -88 |

**Fuente:** Autores.

**Tabla 63.** Incremento de producción mensual de agua.

| Mes         | 1    | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    |
|-------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>BWPM</b> | 8298 | 16637 | 22595 | 33435 | 40543 | 50394 | 57032 | 67514 | 76134 | 82059 | 85037 | 82528 |

**Fuente:** Autores.

**Tabla 64.** Indicadores económicos rediseño pozo 13D.

| <b>INDICADORES ECONÓMICOS</b> |            |
|-------------------------------|------------|
| <b>CON CORTE ECONÓMICO</b>    | 1 año      |
| <b>VPN,US\$</b>               | -327806    |
| <b>TIR (%)</b>                | Indefinido |
| <b>EFIC.INV</b>               | -1.31      |
| <b>TIEMPO PAGO, Meses</b>     | Indefinido |
| <b>Incremento total BOPM</b>  | 5437       |

**Fuente:** Autores. [Libro de Excel]. Enero 2016.

La evaluación económica con corte a 1 año, da como resultado: un incremento de 5413 BOPM, el cual no es suficiente para compensar la producción de agua, la cual me genera altos costos por tratamiento, lo que se evidencia al obtener un valor presente Neto (VPN) de -327806US\$, valor negativo, indicando que el proyecto generará pérdidas, lo que se reafirma con los valores de una tasa interna de retorno (TIR) indefinida, eficiencia de inversión de -1.31 y un tiempo de pago indefinido (Ver Anexo 25).

El comportamiento de producción y los indicadores económicos reflejan que realizar el rediseño con la bomba sugerida no es económicamente viable y rentable.



La realización de la predicción del comportamiento de producción y la evaluación económica de la misma de los pozos seleccionados para rediseños permite concluir que 5 de ellos en definitiva no resultan viables ni rentables para la compañía. El rediseño propuesto para el pozo 5D es el único que resulta viable y rentable, sin embargo se sugiere llevar a cabo un análisis más profundo respecto a la tendencia de la declinación mostrada en las proyecciones realizadas con el fin de buscar la manera de optimizarla.

Las cifras económicas obtenidas en el actual análisis se ven influenciadas en gran medida por el bajo precio del barril cotizado en parte del período evaluado.

## CONCLUSIONES

Después de llevar a cabo el análisis petrofísico y del comportamiento de producción basado en datos históricos proporcionados por la base de datos de la empresa Pacific Exploration & Production y a partir de la evaluación económica, de los pozos Ágata del campo comercial Apolo, se llega a las siguientes conclusiones:

1. Las variables que permiten optimizar la producción de los pozos del sector Ágata del campo Apolo son:

- Petrofísica y yacimiento: Presencia de barrera o sello, saturación inicial de agua, continuidad de la arena de interés, ubicación y distancia al contacto agua-aceite (WOC).
- Producción y optimización: Drawdown, presión de fondo fluyente, índice de productividad, barriles de fluido, barriles de crudo, barriles de agua, %BSW, producción acumulada (Np), frecuencia y tiempo de optimización.
- Sistema de levantamiento: Tipo de ALS y rediseños.

2. Los tres mejores pozos, teniendo en cuenta variables de producción como Np, cortes de agua, producción total de fluidos y respuesta a la optimización, son los pozos Amatista 5D, 3D, 2D; se caracterizan por tener saturación inicial de agua inferior al 55% , arena neta productora mayor a 20 pies, zona abierta a producción superior a 3 pies, distancia al contacto por encima de los 30 pies y fundamentalmente por presentar barrera o sello entre el contacto y la zona abierta a producción, característica que resulta influenciar la buena respuesta a la optimización y bajos cortes de agua (BSW<85%), lo que a su vez se ve reflejado con el aporte de la mayor cantidad de barriles de aceite producidos por el sector.

3. Los pozos Ágata 1D, 6, 12D, 14D y 16D tienen saturación inicial de agua superior al 50%, no presentan barrera entre la zona de interés, adicionalmente los pozos Ágata 1D y 6 no presentan barrera entre la arena productora y el WOC, características que se evidencian con altos cortes de agua (BSW>90) y por ende baja producción de aceite con respecto a la

producción de agua, lo que conlleva a que sean los pozos menos prospectivos del sector.

4. Los pozos Ágata 7H, 9DST, 12D y 14D y 16D no se perforaron hasta el WOC, esto pozos evidencian altos cortes de agua desde la etapa temprana de producción, demostrando que llevar a cabo la perforación de esta forma no dio los resultados esperados.
5. Los pozos con sistema de levantamiento por bombeo mecánico tienen ángulos de inclinación mayores a 40°, con pozos cuyo caudal máximo está entre 300 BFD hasta 4000 BFPD, drawdown entre 5 psi y 300 psi y cortes de agua superiores al 85% con drawdown inferiores a 35 psi. La bomba instalada opera de manera óptima con inclinaciones menores a 20° y maneja un caudal máximo de 838 y 978 BFPD, siendo insuficiente para la capacidad máxima de algunos pozos del sector, por tal razón, se considera mejor opción en términos de operar a condiciones óptimas, no tener restricciones de inclinación, aumentar la producción de fluidos, instalar bombas ESP con capacidades entre 2100 BFPD hasta 5600 BFPD.
6. Se estableció tras evaluar las características de yacimiento, producción y optimización que las variables temperatura, calidad del cemento y tipo de completamiento no resultaron ser influyentes en el comportamiento de producción de los pozos.
7. A condiciones actuales se utiliza transporte por tractocamión, el cual se evalúa económicamente, dando como resultado un VPN de 539569 US\$ a nivel de asociación y de 196323 US\$ a nivel Pacific E&P, lo que indica que el transporte utilizado es factible y generará ingresos a la compañía, es importante tener en cuenta, que este tipo de inversión, no hace parte de los activos de la empresa y por tanto no contribuye al capital de la misma.
8. Se realiza el análisis económico en un período de 10 meses , sobre los costos de transporte de crudo por tractocamión en comparación con el transporte por líneas, con corte económico a 10 años, se determina que para ambos casos el VPN es positivo y por ende son proyectos viables y rentables, sin embargo, el transporte por líneas resulta más favorable económicamente, ya que está representado por un VPN mayor (236923 US\$ nivel Pacific), indicadores económicos más favorables y a futuro

representa menos costos en cuanto a mantenimiento y se puede incrementar la producción sin generar costos adicionales.

9. El análisis del comportamiento de la producción de los pozos seleccionados para rediseño y la evaluación económica de la misma permite concluir que:
  - Los rediseños para los pozos Ágata 4D, 7H, 12D y 13D en definitiva no resultan viables ni rentables para la compañía ya que alcanzan el valor de límite económico de BSW en poco tiempo (6 -13 meses) y la producción de aceite cae por debajo de los valores obtenidos con el sistema de levantamiento actual lo que se ve reflejado en el análisis económico realizado, el cual arroja valores de VPN negativos y en el periodo evaluado (12 meses) no se recupera la inversión.
  - El rediseño propuesto para el pozo Ágata 8D resulta ser rentable con VPN positivo (54760 US\$) y tiempo de pago de 8 meses, sin embargo, no es viable ya que alcanza el valor de límite económico de BSW en 17 meses y pasados 14 meses la producción de aceite cae por debajo de los valores que se obtendrían con el sistema de levantamiento actual.
  - El rediseño propuesto para el pozo 5D es viable y rentable ya que las curvas de declinación muestran que incluso cuando se ha alcanzado el valor de límite económico de BSW se tendría incremento de producción de aceite. La evaluación económica arroja un VPN positivo (591961 US\$) y tiempo de pago de 6 meses, sin embargo, se sugiere llevar a cabo un análisis más profundo respecto a la tendencia de la declinación mostrada en las proyecciones con el fin de buscar la manera de optimizarla y ampliar el tiempo de vida productiva del pozo.

## RECOMENDACIONES

1. Evitar las generalizaciones, ya que el comportamiento histórico de cada pozo responde a sus propiedades; se hace necesario tener en cuenta, características de yacimiento, tipo de ALS, la “optimización” del mismo y la relación entre las condiciones de operación y producción dependiendo del sector a desarrollar (BOPD, BWPD, BFPD, %BSW).
2. Para pozos cuyos cortes y producción de agua sean altos desde sus inicios y considerando que para pozos futuros se cuente con líneas de producción, la recomendación es desde su etapa inicial llevarlo rápidamente a su potencial en el menor tiempo posible.
3. Las perforaciones realizadas hasta antes del WOC con el fin de retardar el influjo de agua, no resultaron favorables con respecto a este objetivo, para trabajos futuros es necesario evaluar su viabilidad.
4. Llevar un control detallado de la forma como se optimizan los pozos ya que influye en gran medida en el comportamiento de producción de los mismos y de esta forma evitar cambios bruscos de BSW que conllevarían a la conificación.
5. Teniendo en cuenta el comportamiento mostrado por los pozos evaluados se sugiere que para tener una buena respuesta de producción que los pozos del sector Ágata se operen con frecuencias entre 1.0 y 1.5 spm, incrementos de 0.2 spm y caudales entre 100-250 BFPD, adicionalmente se recomienda que el tiempo para dar inicio a la optimización sea entre 0.5-1.0 mes.
6. Realizar una evaluación más profunda teniendo en cuenta sensibilidad del BSW (P10, P50, P90), condiciones de yacimiento, características de producción y optimización, cuando se requiera hacer un rediseño con el fin de corroborar su viabilidad.
7. Se recomienda no realizar rediseños en pozos con  $BSW > 90\%$  ya que podrían no resultar rentables.
8. Optimizar los costos implicados en operaciones de extracción, tratamiento y transporte de fluidos con el fin de evitar grandes gastos fundamentalmente en épocas donde el precio del barril tiende a la baja.

## BIBLIOGRAFÍA

- Escobar Macualo, F.H. (2004). *Fundamentos de ingeniería de yacimientos*. Neiva: Universidad Surcolombiana.
- Torres Torres, E., Muñoz Rodríguez, A.F. (2007). *Evaluación técnica de las estrategias de levantamiento artificial implementada en campos maduros. Diseño de una herramienta software de selección*. Bucaramanga, Santander: Universidad Industrial de Santander. Recuperado de [repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/604/2/124050.pdf](http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/604/2/124050.pdf)
- Rey Gomez, S.J., Velasco Orjuela, J.A. (2007). *Aplicación software para la evaluación económica de proyectos de inyección de vapor*. Bucaramanga, Santander: Universidad Industrial de Santander. Recuperado de <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/619/2/124857.pdf>.
- Parra Pinzón, R. (2008). *Propiedades físicas de los fluidos de yacimientos*. Neiva: Universidad Surcolombiana.
- Valencia, R. (2008). *Análisis moderno de pruebas de presión*. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional. Recuperado de <http://es.slideshare.net/RaulValenciaT/3analisis-moderno-de-pruebas-de-presion>.
- Paris de Ferrer, M. (2009). *Fundamentos de ingeniería de yacimientos*. Maracaibo: Astro Data S.A.
- Aranda Aranda, E. (2010). *Facilidades de superficie*. Barrancabermeja: SENA y ECOPETROL.
- Muñoz, I. (2013). *Manual para control de calidad de los registros de cementación*. Bogotá: Pacific Exploration & Production.
- Moix Muntó, R. (2014). *Evaluación económica de proyectos petroleros*. Bogotá: Hipergraph 2014.
- Essenfeld, M. et al. (2014). *Análisis Paramétrico del comportamiento pasado y futuro del campo Apolo*. Pacific Rubiales Energy. Bogotá.

- Benalcázar, M. d. (2014). *Estudio y Aplicación de un programa de optimización de la producción en sistemas de Bombeo Mecánico con balancín convencional y otras tecnologías en pozos del oriente ecuatoriano*. Quito, Ecuador: Universidad Central de Ecuador.
- (s.f.). *Curso de Producción. Sección 6.0: Bombas para Petróleo Pesado (PCP)*.
- Gutierrez, J. A. (2009). *Optimización de la producción por sistema PCP en Campo Pacaya*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Ríos, R. O. (2012). *Reinterpretación litológica a partir de registros de pozo, Cuenca Llanos*. Bucaramanga, Santander: Universidad Industrial de Santander.
- Rojas, E. Y. (2007). *Análisis del desempeño de dos sistemas de levantamiento artificial Bombeo Electrosumergible y Bombeo Mecánico VSH2 utilizados en el campo Caño Limón*. Bucaramanga, Santander: Universidad Industrial de Santander.
- Suárez, C. A. (2011). *Modelamiento geoestadístico de los depósitos fluviales de la zona c-formación mugrosa en el área la Cira-Este del Campo La Cira*. Bucaramanga, Santander: Universidad Nacional de Colombia.
- Suescún, F. A. (2005). *Proyecto de grado en la modalidad de práctica empresarial Bombeo Electrosumergible. Descripción, diseño y monitoreo. Schlumberger-WCP-Artificial Lift System*. Bucaramanga, Santander: Universidad Industrial de Santander.
- Velasco, José M. (2014). *Tesis profesional. Balance de materia dinámico*. México D.F: Universidad Nacional Autónoma de México.

## WEBGRAFÍA

- Anónimo. *Tipos de pruebas para pozo*. Recuperado el 12 de septiembre de 2015 de <http://es.slideshare.net/uajmsrafa/tipo-de-pruebas-para-pozos>.
- Gil, E., Chamorro, A. (2009). *Técnicas recomendadas para el aumento de la producción en campos maduros*. Recuperado el 22 de octubre de <http://www.oilproduction.net/files/Aumento%20de%20produccion%20en%20campos%20maduros.pdf>.
- Paliza Araujo, M.A. (2010). *Registros de Adherencia*. Recuperado el 8 de septiembre de 2015 de [https://www.academia.edu/9246046/Registros\\_CBL\\_VDL](https://www.academia.edu/9246046/Registros_CBL_VDL).
- Anónimo. (2010). *Pruebas de producción*. Recuperado el 12 de septiembre de 2015 de <http://oilworld2008.blogspot.com.co/2010/08/pruebas-de-produccion.html>
- Hirschfeldt, M. (2008). *Manual de Bombeo de Cavidades Progresivas*. Recuperado el 7 de octubre de 2015 de <http://www.oilproduction.net/files/PCPump-Handbook-2008V1.pdf>.
- Serna, M. A. (1999). *Análisis nodal y el flujo en un sistema de producción*. Recuperado el 20 de Octubre de 2015 de Reposorio Institucional UN: <http://www.bdigital.unal.edu.co/9916/#sthash.zwsXFYlc.dpuf>



# **ANEXOS**

## ANEXO 1. Abreviaturas

**ALS:** Artificial Lift System.  
**API:** American Petroleum Institute.  
**Bbl:** Barriles.  
**BCP:** Bombeo por Cavidades Progresivas.  
**BES:** Bombeo Electrosumergible.  
**BF:** Barriles de fluido.  
**BFPD:** Barriles de fluido por día.  
**BFPM:** Barriles de fluido por mes.  
**BH:** Bombeo Hidráulico.  
**BM:** Bombeo Mecánico.  
**BN:** Barriles normales.  
**BNP:** Barriles normales de petróleo.  
**BO:** Barriles de aceite.  
**BOPD:** Barriles de aceite por día.  
**BOPM:** Barriles de aceite por mes.  
**BPD:** Barriles por día.  
**BSW:** Basic Sediment and Water.  
**BW:** Barriles de agua.  
**BWPD:** Barriles de agua por día.  
**BWPM:** Barriles de agua por mes.  
**BY:** Barriles de yacimiento.  
**CAPEX:** Capital Expenditure.  
**CBL:** Cement bolt log.  
**Cp:** Centipoise.  
**D:** Desviado.  
**DD:** Drawdown.  
**DST:** Drill steam test.

**EPIS:** Exploration & Production Information Service

**ESP:** Electric submersible pump.

**Ft:** Feet.

**°F:** Grados Fahrenheit.

**GOR:** Gas oil ratio.

**GR:** Gamma Ray.

**H:** Horizontal.

**HZ:** Hertz.

**ID:** Internal Diameter.

**IP:** Índice de productividad.

**In:** Inch.

**K:** Permeabilidad.

**Km:** Kilómetros.

**LACT:** Lease Automatic Custody Transfer.

**MD:** Measured Depth.

**MMBPN:** Millones de Barriles de petróleo neto.

**Mds:** Milidarcies.

**Np:** Petróleo producido acumulado.

**OPEX:** Operating expense.

**Pb:** Presión de burbuja.

**PCN:** Pies cúbicos normales.

**PCP:** Progressing cavity pump.

**Pi:** Presión inicial.

**PIP:** Pump intake pressure.

**POES:** Petróleo original en sitio.

**Ppm:** Partes por millón.

**Psi:** Pounds-force per square inch.

**PVT:** Pressure-Volume-Temperature.

**Pwf:** Presión de fondo fluyente.

**Qmáx:** Caudal máximo.

**RPM:** Revoluciones por minuto.

**Scf:** standard cubic foot.

**SPM:** Stroques por minuto.

**ST:** Side track.

**Stb:** Stock tank barrel.

**Swi:** Saturación inicial de agua.

**TAB:** Tope de arenas basales.

**THP:** Tubing Head Pressure.

**THT:** Tubing Head Temperature.

**TIR:** Tasa interna de retorno.

**TVD:** True vertical depth.

**URS:** Registro Ultrasonico

**V:** Vertical.

**VDL:** Variable density log.

**VPN:** Valor presente neto.

**WOC:** Water oil contact.

**WOR:** Water oil ratio.

**WTI:** West Texas Intermediate.

**$\theta_{\text{máx}}$ :** Inclinación máxima.

## ANEXO 2. Glosario

**Acuífero:** Un acuífero es una formación geológica permeable que permite la circulación y el almacenamiento del agua subterránea por sus poros o grietas.

**BS&W (Basic Sediment and Water):** se antepone al indicar el porcentaje de materiales extraños y agua que se producen con el petróleo y que deben ser separados de éste antes de su entrega en el punto de venta.

**Campo petrolero:** área geográfica en la que una serie de pozos productores de petróleo y gas se encuentran en una misma reserva probada. Un campo puede referirse únicamente a un área superficial o a formaciones subterráneas, puede llegar a tener reservas separadas y a diferentes profundidades.

**Cañoneo:** consiste en realizar disparos dentro del pozo revestido y cementado en intervalos definidos y con cargas explosivas con el fin de comunicar la zona virgen con el hueco del pozo.

**Caudal:** volumen de líquido o gas que fluye en una determinada área por unidad de tiempo, también es conocido como flujo o gasto.

**Clúster:** estrategia de desarrollo que consiste en la perforación de un pozo vertical y cuatro o cinco pozos horizontales para obtener un área de drenaje mayor de la zona de interés, en una misma locación.

**Cuenca:** depresión de la corteza terrestre, formada por la actividad tectónica de las placas en la que se acumulan sedimentos.

**Darcy:** unidad de medida estándar de la permeabilidad. Un darcy describe la permeabilidad describe la permeabilidad de un medio poroso a través del cual se produce el paso de un centímetro cúbico de fluido que tiene un centipoise de viscosidad y fluye en un segundo bajo una presión diferencial de una atmósfera, donde el medio poroso posee un área en sección transversal de un centímetro cuadrado y una longitud de un centímetro.

**Factor de recobro:** es la relación expresada en porcentaje que existe de acuerdo a métodos reconocidos por la industria entre el hidrocarburo que puede ser recuperado de un yacimiento y el hidrocarburo original existente en el mismo yacimiento.

**Formación:** unidad fundamental de la litoestratigrafía. Un cuerpo de roca suficientemente característico y continuo para ser mapeado. En estratigrafía, una formación es un cuerpo de estratos de un tipo predominante o una combinación de diversos tipos.

**Gravedad API:** Densidad de grados API consiste en una unidad de densidad adoptada por el Instituto Americano del Petróleo (API) desde años atrás. Según la escala API, cuanto más alto el índice, menor la densidad del crudo. La mayoría de los crudos se encuentran entre los 27 y 40 grados API; crudos con valores inferiores a 27 grados API se consideran pesados y aquellos por sobre los 40 grados API, livianos.

**HC:** los pozos HC son aquellos que tienen sección abierta a flujo menor a 550 ft.

**Intake:** sección de entrada de los fluidos en los equipos de levantamiento artificial.

**Liner ranurado:** tubería ranurada que previene la producción de arena basándose en el ancho de las ranuras o aperturas para el flujo, creando así un filtro que permite la entrada de petróleo al pozo.

**Manifold:** múltiple de producción, es el equipo que une la línea de flujo de pozo con los equipos de batería de producción, normalmente con el separador. También en algunos casos existen conexiones para desviar la producción directamente a tanques u otros equipos del módulo de producción (tanques de prueba, gun barrel, etc.)

**Net Pay:** parte de un yacimiento que contiene hidrocarburos económicamente producibles. El término deriva del hecho de que es capaz de " pagar " un ingreso.

**Perforación:** proceso de construir un agujero en el suelo para conectar la superficie con una zona de interés geológico de la cual se puede extraer un recurso natural o petróleo.

**Permeabilidad:** la permeabilidad normal es una medida de la capacidad de una roca para transmitir un fluido monofásico bajo condiciones de flujo laminar. La unidad de permeabilidad es el darcy.

**Porosidad:** Cantidad de espacio vacío en una roca de formación, que usualmente se expresa como el porcentaje de espacio vacío por volumen total. La porosidad absoluta se refiere al total de espacios porales en una roca, sin tener en cuenta si ese espacio es accesible a la penetración por fluidos. La porosidad efectiva se refiere a la cantidad de espacios porales conectados entre sí, es decir, el espacio accesible a la penetración por fluidos.

**Presión:** unidad de magnitud física escalar que mide la fuerza aplicada por unidad de área.

**Software:** conjunto de programas, instrucciones y reglas informáticas que permiten ejecutar distintas tareas en un computador. Es desarrollado mediante distintos lenguajes de programación, que permiten especificar los datos que debe operar un computador.

**Tubería:** conducto formado por tubos que sirve para distribuir líquidos o gases.

**Tubing:** tubería instalada en el pozo dentro del revestimiento (casing) y se extiende desde la boca del pozo hasta la profundidad igual o superior a la formación, a través de la cual los fluidos de la formación son transportados a la superficie.

**Yacimiento:** acumulación significativa de materiales geológicos (minerales, gases, petróleo), que en algún caso pueden ser objeto de explotación.

### ANEXO 3. Análisis de parámetros petrofísicos de los pozos Ágata.

| POZO       | TIPO DE POZO | PETROFÍSICA |       |                 |         |              |       |         |         |                  |       |                  |
|------------|--------------|-------------|-------|-----------------|---------|--------------|-------|---------|---------|------------------|-------|------------------|
|            |              | Net Pay     |       | Barrera o Sello | Swi (%) | ZONA ABIERTA |       | WOC     |         | DISTANCIA AL WOC |       | Temperatura (°F) |
|            |              | MD          | TVD   |                 |         | MD           | TVD   | MD      | TVD     | MD               | TVD   |                  |
| ÁGATA-1D   | D            | 17,5        | 15    | NO              | 57      | 6            | 5,19  | 3633    | 3135,15 | 15               | 11,97 | 140              |
| ÁGATA-2D   | D            | 60          | 20    | SI              | 51      | 16           | 5,24  | 5462    | 3157    | 132              | 43,62 | 138              |
| ÁGATA-3D   | D            | 45,5        | 21    | SI              | 37      | 8            | 3,63  | 4902    | 3174,01 | 66               | 30,23 | 136              |
| ÁGATA-4D   | D            | 37          | 24    | NO              | 43      | 16           | 10,17 | 4039    | 3145,03 | 31               | 19,95 | 133              |
| ÁGATA-5D   | D            | 64          | 31,05 | SI              | 41      | 14           | 6,42  | 5040    | 3183,86 | 80               | 39,36 | 129              |
| ÁGATA-006  | V            | 13          | 13    | NO              | 54      | 5            | 5     | 3136    | 3136    | 7                | 7     | 150              |
| ÁGATA-7H   | HC           | 245,5       | 245,5 | NO              | 46      | 271,67       | 3,31  | 3173    |         |                  |       | 140              |
| ÁGATA-8D   | D            | 44,5        | 23,22 | NO              | 38      | 10           | 5,18  | 4484    | 3164,85 | 53               | 27,89 | 136              |
| ÁGATA-9DST | D            | 18,5        | 8,5   | NO              | 42      | 10           | 4,61  | 4766    | 3124,74 | 4                | 1,84  | 135              |
| ÁGATA-10ST | D            | 27,5        | 11,5  | NO              | 65      | 8            | 3,3   | 4308    | 3126    | 42               | 17,23 | 147              |
| ÁGATA-11D  | D            | 29,5        | 21    | NO              | 35      | 8            | 5,67  | 3589    | 3143    | 33               | 23,67 | 135              |
| ÁGATA-12D  | D            | 6,5         | 2,64  | NO              | 57      | 8            | 3,22  | 4766    | 3124,74 |                  |       | 143              |
| ÁGATA-13D  | D            | 34,5        | 15    | NO              | 50      | 8            | 3,38  | 5490    | 3162,22 | 20               | 8,51  | 145              |
| ÁGATA-14D  | D            | 3           | 1,4   | NO              | 67      | 8            | 3,75  |         | 3124,74 |                  | 1,13  | 138              |
| ÁGATA-16D  | D            | 12,5        | 2,4   | NO              | 64      | 10           | 1,94  | 3104,97 |         |                  |       | 144              |
| ÁGATA-17D  | D            | 77          | 22    | NO              | 31      | 10           | 2,88  | 5919    | 3155,64 | 77               | 22,48 | 139              |

Fuente. Consolidado por los autores de Gerencia de Yacimientos y Perforación.

METAPETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Evaluaciones petrofísicas y estados mecánicos pozos Ágata.



#### ANEXO 4. Análisis de parámetros de yacimientos de los pozos Ágata.

| POZO     | CLÚSTER  | TIPO DE POZO | YACIMIENTO  |                        |            |
|----------|----------|--------------|---|------------------------|------------|
|          |          |              | Evaluación Cementación  | Tipo de completamiento | IP inicial |
| ÁGATA-1D | ÁGATA 3D | D            | <b>Buena calidad del cemento.</b> El registro CBL muestra buena adherencia entre el revestimiento y el cemento; el registro V DL presenta aceptables arribo entre el cemento y la formación. <b>El completamiento se llevó a cabo en la parte superior de la arena.</b>   | Cañoneo                | 0,8        |
| ÁGATA-2D | ÁGATA 3D | D            | <b>Buena calidad del cemento.</b> El registro CBL muestra buena adherencia entre el revestimiento y el cemento; el registro V DL presenta aceptables arribo entre el cemento y la formación. <b>El completamiento se llevó a cabo en la parte superior de la arena.</b>   | Ventana a 16"          | 0,4        |
| ÁGATA-3D | ÁGATA 3D | D            | <b>Regular calidad del cemento.</b> EL registro CBL muestra buena adherencia entre el revestimiento y el cemento; el registro V DL presenta buena adherencia entre el cemento y la formación. En la parte inferior de la arena (4876'-4890') se aprecia mala cementación. <b>El completamiento se llevó a cabo en la parte superior de la arena.</b>                              | Cañoneo                | 0,22       |
| ÁGATA-4D | ÁGATA 3D | D            | <b>Buena calidad del cemento.</b> El registro CBL muestra buena adherencia entre el revestimiento y el cemento; el registro VDL presenta aceptables arribo entre el cemento y la formación. <b>El completamiento se llevó a cabo en la parte superior de la arena.</b>  | Cañoneo                | 1,14       |
| ÁGATA-5D | ÁGATA 3D | D            | <b>Buena calidad del cemento.</b> El registro CBL muestra buena adherencia entre el revestimiento y el cemento; el registro V DL presenta aceptables arribo entre el cemento y la formación. De forma general se evidencia buena adherencia en la parte superior e inferior del intervalo a completar. <b>El completamiento se llevó a cabo en la parte superior de la arena.</b> | Ventana a 13"          | 0,7        |
| ÁGATA-6  | ÁGATA 3D | V            | <b>Buena calidad del cemento.</b> El registro CBL muestra buena adherencia entre el revestimiento y el cemento; el registro V DL presenta aceptables arribo entre el cemento y la formación. <b>El completamiento se llevó a cabo en zona centro de la arena.</b>   | Cañoneo                | 0,25       |

**ANEXO 4. (Continuación).**

| POZO       | CLÚSTER  | TIPO DE POZO | YACIMIENTO  |                        |            |
|------------|----------|--------------|---|------------------------|------------|
|            |          |              | Evaluación Cementación  | Tipo de completamiento | IP inicial |
| ÁGATA-7H   | ÁGATA 3D | HC           | <b>Regular a mala calidad de cemento en la zona de interés.</b> El registro CVL-VDL no presenta arribos de formación hacia la zona de interés, sin embargo se aprecian algunos sellos de cemento con lecturas menores a 5 mv hacia el Tope de Basales (4075'). El mapa URS indica una buena cementación por encima de la arena objetivo (4075') pero mala cementación desde el tope de la arena objetivo hasta encima del zapato (4193'). Se alcanza a apreciar cemento contaminado o con falta de fragüe. <b>Se estima que de realizarse una cementación remedial no se pueda mejorar el cemento.</b>  | Liner ranurado de 4.5" | 6,86       |
| ÁGATA-8D   | ÁGATA 3D | D            | <b>Regular calidad del cemento.</b> El registro CBL muestra que en promedio en la zona de interés se tiene buena cementación. El registro VDL muestra en la zona de interés buena adherencia entre el cemento y la formación. El mapa URS indica una regular cementación a lo largo del pozo mostrando zonas con cemento contaminado o con falta de fragüe. Se observa buena calidad de cemento desde el zapato hasta 100 pies por encima del TAB (4619'MD - 4300' MD) , dentro de este intervalo se encuentra una zona (4410' MD - 4440' MD) con cemento contaminado o con falta de fragüe, lo que corresponde justo con la zona a ensanchar. <b>El completamiento se hace en la parte superior de la arena.</b> | Ventana a 16"          | 1,66       |
| ÁGATA-9DST | ÁGATA 9D | D            | <b>Regular cemento</b> por encima y en la zona de interés (Tope Basales: 4748'; Intervalo a Ampliar: 4760'-4770'). Se puede continuar con el plan del pozo.   | Ventana a 16"          | 0,81       |
| ÁGATA-10ST | ÁGATA-10 | D            | <b>Buena cementación</b> en la zona de interés. Continuar con el plan establecido para el pozo. Ampliar el intervalo 4258-4266 (8 pies) en MD a 16 pulgadas   | Ventana a 16"          | 0,46       |

#### ANEXO 4. (Continuación).

| POZO      | CLÚSTER  | TIPO DE POZO | YACIMIENTO  |                        |            |
|-----------|----------|--------------|---|------------------------|------------|
|           |          |              | Evaluación Cementación  | Tipo de completamiento | IP inicial |
| ÁGATA-11D | ÁGATA 9D | D            | <b>Buena calidad del cemento.</b> El registro CBL muestra buena adherencia entre el revestimiento y el cemento; el registro V DL presenta aceptables arribos entre el cemento y la formación. <b>El completamiento se llevó a cabo en la parte superior de la arena.</b>  | Ventana a 16"          | 1,46       |
| ÁGATA-12D | ÁGATA 9D | D            | <b>Buena calidad de Cemento/continuar con el plan del pozo.</b>   | Ventana a 16"          | 0,37       |
| ÁGATA-13D | ÁGATA 9D | D            | <b>Mala calidad de cemento entre el intervalo a ampliar (5462' – 5470') y el contacto agua – petróleo (5490).</b> Las lecturas del URS indican mala adherencia entre el CSG y el cemento. El registro VDL no presenta arribos de formación entre la zona de interés y el contacto, donde se observan señales de casing lo que evidencia mala adherencia a la formación. El mapa URS evidencia un canal que permite comunicación de fluidos entre la zona de interés (5462' – 5470') y el contacto agua – petróleo (5490'). <b>El completamiento se realizó en la zona central de la arena de interés.</b> | Ventana a 13"          | 1,15       |
| ÁGATA-14D | ÁGATA 9D | D            | <b>Buena calidad del cemento.</b> El registro CBL muestra buena adherencia entre el revestimiento y el cemento; el registro V DL presenta aceptables arribos entre el cemento y la formación. <b>El completamiento se llevó a cabo en la parte superior de la arena.</b>  | Ventana a 16"          | 0,38       |
| ÁGATA-16D | ÁGATA-10 | D            | <b>Buena cementación en la zona de interés,</b> no se aprecian canales continuos que favorezcan la migración de fluidos, se recomienda continuar con el plan del pozo. <b>El completamiento se llevó a cabo en la parte superior de la arena.</b>   | Ventana a 16"          | 0,41       |
| ÁGATA-17D | ÁGATA 9D | D            | <b>Regular cementación</b> en la zona de interés, se recomienda continuar con el plan establecido para el pozo.   | Ventana a 13"          | 0,35       |

**Fuente.** Consolidado por los autores de Gerencia de Yacimientos y Operaciones.  
METAPETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Evaluaciones de cementación y Base de datos pozos Ágata.

**ANEXO 5.** Análisis de parámetros de Sistemas de Levantamiento Artificial de los pozos Ágata.

| POZO       | CLÚSTER  | TIPO DE POZO | SISTEMAS DE LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL (ALS) |                   |                     |                        |
|------------|----------|--------------|--|-------------------|---------------------|------------------------|
|            |          |              | ALS  | Fecha Instalación | Tipo de Bomba       | PROFUNDIDAD DEL SENSOR |
| ÁGATA-1D   | ÁGATA 3D | D            | BM   | 11/11/2013        | 30-275-THC-17-3-2-2 | N/A                    |
| ÁGATA-2D   | ÁGATA 3D | D            | BM   | 30/04/2014        | 30-275-THC-20-2-2-0 | N/A                    |
| ÁGATA-3D   | ÁGATA 3D | D            | BM   | 22/11/2013        | 30-275-THC-20-2-2-2 | N/A                    |
| ÁGATA-4D   | ÁGATA 3D | D            | BM   | 07/12/2013        | 30-275-THC-30-3-2-2 | N/A                    |
| ÁGATA-5D   | ÁGATA 3D | D            | BM   | 26/12/2013        | 30-275-THC-20-2-2-0 | N/A                    |
| ÁGATA-6    | ÁGATA 3D | V            | BM   | 15/05/2014        | 30-275-THC-20-2-2-0 | N/A                    |
| ÁGATA-7H   | ÁGATA 3D | HC           | ESP  | 30/03/2014        | DN1050              | 3133'                  |
| ÁGATA-8D   | ÁGATA 3D | D            | ESP  | 11/04/2014        | TD850               | 4226'                  |
| ÁGATA-9DST | ÁGATA 9D | D            | BM   | 23/08/2014        | 30-275-THC-24-2-2-0 | N/A                    |
| ÁGATA-10ST | ÁGATA-10 | D            | BM   | 28/10/2014        | 30-275-THC-24-2-2-0 | N/A                    |
| ÁGATA-11D  | ÁGATA 9D | D            | BM   | 09/07/2014        | 30-275-THC-24-2-2-0 | N/A                    |
| ÁGATA-12D  | ÁGATA 9D | D            | BM   | 19/10/2014        | 30-275-THC-24-2-2-0 | N/A                    |
| ÁGATA-13D  | ÁGATA 9D | D            | BM   | 02/10/2014        | 30-275-THC-24-2-2-0 | N/A                    |
| ÁGATA-14D  | ÁGATA 9D | D            | BM   | 03/11/2014        | 30-275-THC-24-2-2-0 | N/A                    |
| ÁGATA-16D  | ÁGATA-10 | D            | BM   | 13/11/2014        | 30-275-THC-20-3-2-0 | N/A                    |
| ÁGATA-17D  | ÁGATA 9D | D            | BM   | 23/01/2015        | 30-275-THC-24-2-2-0 | N/A                    |

**Fuente.** Consolidado por los autores de Gerencia de Perforación, METAPETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Estados mecánicos pozos Ágata.

## ANEXO 6. Análisis de parámetros de optimización de los pozos Ágata.

| POZO       | CLÚSTER  | TIPO DE POZO | OPTIMIZACIÓN |                      |      |      |      |      |                      |           |
|------------|----------|--------------|--------------|----------------------|------|------|------|------|----------------------|-----------|
|            |          |              | D.D Inicial  | Prueba de producción | BFPD | BOPD | BWPD | %BSW | Frecuencia (HZ, SPM) | IP ACTUAL |
| ÁGATA-1D   | ÁGATA 3D | D            | 8,7          | 31/03/2015           | 516  | 6    | 510  | 99   | 5.5 spm              | 0,84      |
| ÁGATA-2D   | ÁGATA 3D | D            | 20,46        | 31/03/2015           | 232  | 88   | 144  | 62   | 1.7 spm              | 0,77      |
| ÁGATA-3D   | ÁGATA 3D | D            | 71,72        | 31/03/2015           | 200  | 75   | 126  | 63   | 2.3 spm              | 0,17      |
| ÁGATA-4D   | ÁGATA 3D | D            | 13,77        | 31/03/2015           | 558  | 23   | 535  | 96   | 4.2 spm              | 4,63      |
| ÁGATA-5D   | ÁGATA 3D | D            | 18,03        | 31/03/2015           | 515  | 77   | 438  | 85   | 3.3 spm              | 3,72      |
| ÁGATA-6    | ÁGATA 3D | V            | 32,97        | 31/03/2015           | 0    | 0    | 0    | -    | 1.6 spm              | 0,21      |
| ÁGATA-7H   | ÁGATA 3D | HC           | 7,24         | 31/03/2015           | 703  | 19   | 685  | 97   | 30 Hz                | 11,17     |
| ÁGATA-8D   | ÁGATA 3D | D            | 9,79         | 31/03/2015           | 697  | 35   | 662  | 95   | 37 Hz                | 4.69      |
| ÁGATA-9DST | ÁGATA 9D | D            | 11,63        | 31/03/2015           | 490  | 22   | 468  | 96   | 2.9 spm              | 6.61      |
| ÁGATA-10ST | ÁGATA-10 | D            | 19,17        | 31/03/2015           | 255  | 51   | 205  | 80   | 1.2 spm              | 0,77      |
| ÁGATA-11D  | ÁGATA 9D | D            | 15,91        | 31/03/2015           | 208  | 80   | 129  | 62   | 1.1 spm              | 1,77      |
| ÁGATA-12D  | ÁGATA 9D | D            | 21,61        | 31/03/2015           | 250  | 13   | 238  | 95   | 1.8 spm              | 3,1       |
| ÁGATA-13D  | ÁGATA 9D | D            | 7,85         | 31/03/2015           | 240  | 9    | 231  | 96   | 1.6 spm              | 5,28      |
| ÁGATA-14D  | ÁGATA 9D | D            | 20,66        | 31/03/2015           | 322  | 16   | 306  | 95   | 1.6 spm              | 3,51      |
| ÁGATA-16D  | ÁGATA-10 | D            | 30,68        | 31/03/2015           | 381  | 22   | 359  | 94   | 2.3 spm              | 0,82      |
| ÁGATA-17D  | ÁGATA 9D | D            | 31,82        | 31/03/2015           | 192  | 46   | 147  | 76   | 0.8 spm              | 1,03      |

**Fuente.** Consolidado por los autores de Operaciones. METAPETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Reporte de producción 31 de Marzo 2015 Campo Apolo [Libro Excel].

## ANEXO 7. Data de producción por prueba del pozo Ágata 1D.

| Prof. Zona abierta (TVD) | Presión estática | Nivel fluido mín | G.E   | Prof. Bomba | Qmax | Pwf min | Pip min | Sumergencia min |
|--------------------------|------------------|------------------|-------|-------------|------|---------|---------|-----------------|
| 3121                     | 1339             | 2.859            | 0,974 | 2884        | 714  | 110     | 9       | 25              |

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP  | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW  | Pwf  | IP   | %DD   |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|------|-------|-------------|-------|------|------|-------|
|           |      |      | 0    |     |     |     |          | 1339 |       |             |       | 1339 |      |       |
| 01-dic-13 |      | 81   | 81   | BM  | 4   |     | 1,8      |      |       |             | 100   |      |      |       |
| 03-dic-13 | 3    | 87   | 90   | BM  | 4   |     | 1,6      |      |       |             | 96,23 |      |      |       |
| 07-dic-13 | 3    | 95   | 99   | BM  | 4   |     | 1,7      |      |       |             | 96,51 |      |      |       |
| 15-dic-13 |      | 83   | 83   | BM  | 10  |     | 1,75     |      |       |             | 100   |      |      |       |
| 16-dic-13 |      | 81   | 81   | BM  | 12  |     | 1,75     |      |       |             | 100   |      |      |       |
| 17-dic-13 | 8    | 83   | 90   | BM  | 10  |     | 1,75     |      |       |             | 91,50 |      |      |       |
| 18-dic-13 | 27   | 62   | 89   | BM  | 10  |     | 1,75     |      |       |             | 69,75 |      |      |       |
| 20-dic-13 | 21   | 76   | 98   | BM  | 10  |     | 1,75     |      |       |             | 78,21 |      |      |       |
| 22-dic-13 | 26   | 65   | 91   | BM  | 10  |     | 1,75     |      |       |             | 71,59 |      |      |       |
| 25-dic-13 | 9    | 86   | 95   | BM  | 10  |     | 1,75     |      |       |             | 90,02 |      |      |       |
| 30-dic-13 | 18   | 63   | 81   | BM  | 10  |     | 1,75     |      |       |             | 78,07 |      |      |       |
| 01-ene-14 | 13   | 73   | 87   | BM  | 10  |     | 1,75     |      |       |             | 84,76 |      |      |       |
| 04-ene-14 | 12   | 71   | 83   | BM  | 10  |     | 1,75     |      |       |             | 85,05 |      |      |       |
| 05-ene-14 | 11   | 71   | 82   | BM  | 10  |     | 1,75     |      |       |             | 86,70 |      |      |       |
| 06-ene-14 | 11   | 77   | 88   | BM  | 10  |     | 1,75     |      |       |             | 87,44 |      |      |       |
| 07-ene-14 | 12   | 71   | 83   | BM  | 10  |     | 1,75     |      |       |             | 85,68 |      |      |       |
| 08-ene-14 | 10   | 71   | 81   | BM  | 10  |     | 1,75     |      |       |             | 87,62 |      |      |       |
| 11-ene-14 | 9    | 82   | 91   | BM  | 10  |     | 1,75     |      |       |             | 90,54 |      |      |       |
| 12-ene-14 | 9    | 81   | 90   | BM  | 10  |     | 1,75     |      |       |             | 90,54 |      |      |       |
| 17-ene-14 | 7    | 86   | 94   | BM  | 10  |     | 1,75     | 1121 | 278   | 2626        | 92,02 | 1222 | 0,80 | 8,70  |
| 19-ene-14 | 13   | 88   | 100  | BM  | 10  |     | 1,75     | 1112 | 284   | 2605        | 87,45 | 1213 | 0,80 | 9,37  |
| 20-ene-14 | 6    | 71   | 76   | BM  | 10  |     | 1,75     | 1112 | 284   | 2605        | 92,60 | 1213 | 0,61 | 9,37  |
| 24-ene-14 | 8    | 92   | 100  | BM  | 10  |     | 2        | 1100 | 309   | 2575        | 91,79 | 1200 |      | 10,33 |
| 25-ene-14 | 7    | 94   | 101  | BM  | 10  |     | 2        |      |       |             | 92,93 |      |      |       |
| 26-ene-14 | 10   | 83   | 93   | BM  | 10  |     | 2        | 1097 | 314   | 2570        | 89,11 | 1198 | 0,67 | 10,49 |
| 27-ene-14 | 9    | 94   | 104  | BM  | 10  |     | 2        |      |       |             | 90,99 |      |      |       |

## ANEXO 7. (Continuación).

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP  | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW  | Pwf  | IP   | %DD   |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|------|-------|-------------|-------|------|------|-------|
| 28-ene-14 | 12   | 94   | 106  | BM  | 10  |     | 2        | 1099 | 311   | 2573        | 88,87 | 1200 | 0,76 | 10,39 |
| 30-ene-14 | 9    | 93   | 102  | BM  | 10  |     | 2        |      |       |             | 91,05 |      |      |       |
| 01-feb-14 | 10   | 97   | 107  | BM  | 10  |     | 2        |      |       |             | 90,68 |      |      |       |
| 04-feb-14 | 11   | 95   | 106  | BM  | 10  |     | 2        | 1100 | 308   | 2576        | 89,43 | 1201 | 0,77 | 10,30 |
| 06-feb-14 | 11   | 93   | 104  | BM  | 10  |     | 2        |      |       |             | 89,26 |      |      |       |
| 09-feb-14 | 3    | 100  | 103  | BM  | 10  |     | 2        | 1100 | 308   | 2576        | 96,63 | 1201 | 0,75 | 10,30 |
| 10-feb-14 | 3    | 100  | 103  | BM  | 10  |     | 2        |      |       |             | 96,70 |      |      |       |
| 11-feb-14 | 3    | 100  | 104  | BM  | 10  |     | 2        |      |       |             | 96,70 |      |      |       |
| 17-feb-14 | 8    | 88   | 96   | BM  | 10  |     | 2        | 1109 | 287   | 2597        | 92,03 | 1210 | 0,74 | 9,63  |
| 23-feb-14 | 7    | 99   | 106  | BM  | 5   |     | 2        |      |       |             | 93,01 |      |      |       |
| 26-feb-14 | 29   | 94   | 122  | BM  | 5   |     | 1        |      |       |             | 76,56 |      |      |       |
| 03-mar-14 | 10   | 101  | 111  | BM  | 5   |     | 1        |      |       |             | 90,63 |      |      |       |
| 07-mar-14 | 20   | 150  | 170  | BM  | 5   |     | 1,5      |      |       |             | 88,12 |      |      |       |
| 11-mar-14 | 12   | 157  | 170  | BM  | 5   |     | 1,5      |      |       |             | 92,68 |      |      |       |
| 12-mar-14 | 19   | 233  | 253  | BM  | 5   |     | 2        |      |       |             | 92,35 |      |      |       |
| 14-mar-14 | 23   | 234  | 257  | BM  | 5   |     | 2        | 1042 | 443   | 2441        | 90,92 | 1143 | 1,32 | 14,60 |
| 15-mar-14 | 23   | 219  | 242  | BM  | 5   |     | 2        | 1042 | 443   | 2441        | 90,29 | 1143 | 1,24 | 14,60 |
| 16-mar-14 | 27   | 226  | 253  | BM  | 5   |     | 2        | 1042 | 443   | 2441        | 89,17 | 1143 | 1,29 | 14,60 |
| 17-mar-14 | 28   | 218  | 246  | BM  | 5   |     | 2        | 1042 | 443   | 2441        | 88,57 | 1143 | 1,26 | 14,60 |
| 19-mar-14 | 32   | 220  | 252  | BM  | 5   |     | 2        | 1042 |       | 2441        | 87,47 | 1143 | 1,29 | 14,60 |
| 23-mar-14 | 27   | 224  | 251  | BM  | 5   |     | 2        |      |       |             | 89,34 |      |      |       |
| 24-mar-14 | 23   | 213  | 236  | BM  | 5   |     | 2        |      |       |             | 90,14 |      |      |       |
| 25-mar-14 | 22   | 223  | 245  | BM  | 5   |     | 2        | 1052 | 420   | 2464        | 91,03 | 1153 | 1,32 | 13,87 |
| 27-mar-14 | 16   | 232  | 248  | BM  | 5   |     | 2        |      |       |             | 93,57 |      |      |       |
| 05-may-14 | 30   | 226  | 256  | BM  | 8   |     | 2        | 997  | 550   | 2334        | 88,39 | 1098 | 1,06 | 18,02 |
| 06-may-14 | 28   | 225  | 253  | BM  | 8   |     | 2        | 997  | 550   | 2334        | 89,05 | 1098 | 1,05 | 18,02 |
| 08-may-14 | 30   | 230  | 260  | BM  | 8   |     | 2        |      |       |             | 88,34 |      |      |       |
| 10-may-14 | 19   | 238  | 257  | BM  | 8   |     | 2        | 981  | 588   | 2297        | 92,53 | 1082 | 1,00 | 19,20 |
| 13-may-14 | 29   | 224  | 253  | BM  | 8   |     | 2        | 972  | 607   | 2277        | 88,67 | 1073 | 0,95 | 19,83 |
| 16-may-14 | 24   | 228  | 252  | BM  | 8   |     | 2        | 972  | 607   | 2277        | 90,41 | 1073 | 0,95 | 19,83 |
| 25-may-14 | 22   | 231  | 253  | BM  | 8   |     | 2        |      |       |             | 91,41 |      |      |       |
| 29-may-14 | 22   | 231  | 253  | BM  | 8   |     | 2        | 964  | 628   | 2257        | 91,23 | 1065 | 0,92 | 20,47 |
| 03-jun-14 | 22   | 293  | 315  | BM  | 8   |     | 2,5      |      |       |             | 93,05 |      |      |       |

## ANEXO 7. (Continuación).

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW  | Pwf | IP   | %DD   |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|-----|-------|-------------|-------|-----|------|-------|
| 11-jun-14 | 23   | 290  | 314  | BM  | 8   |     | 2,5      | 873 | 840   | 2044        | 92,57 | 974 | 0,86 | 27,27 |
| 15-jun-14 | 19   | 296  | 314  | BM  | 8   |     | 2,5      |     |       |             | 94,01 |     |      |       |
| 18-jun-14 | 28   | 281  | 309  | BM  | 8   |     | 2,5      |     |       |             | 90,84 |     |      |       |
| 19-jun-14 | 29   | 272  | 301  | BM  | 8   |     | 2,5      |     |       |             | 90,45 |     |      |       |
| 21-jun-14 | 19   | 298  | 317  | BM  | 8   |     | 2,5      |     |       |             | 93,99 |     |      |       |
| 23-jun-14 | 18   | 298  | 316  | BM  | 8   |     | 2,5      | 841 | 915   | 1969        | 94,28 | 942 | 0,80 | 29,66 |
| 24-jun-14 | 19   | 282  | 301  | BM  | 8   |     | 2,5      |     |       |             | 93,71 |     |      |       |
| 25-jun-14 | 21   | 296  | 317  | BM  | 8   |     | 2,5      |     |       |             | 93,39 |     |      |       |
| 26-jun-14 | 17   | 281  | 299  | BM  | 8   |     | 2,5      |     |       |             | 94,23 |     |      |       |
| 27-jun-14 | 17   | 295  | 312  | BM  | 8   |     | 2,5      |     |       |             | 94,60 |     |      |       |
| 28-jun-14 | 15   | 291  | 306  | BM  | 8   |     | 2,5      | 858 | 876   | 2009        | 95,15 | 959 | 0,81 | 28,38 |
| 01-jul-14 | 22   | 283  | 304  | BM  |     |     | 2,5      | 858 | 876   | 2009        | 92,83 | 959 | 0,80 | 28,38 |
| 02-jul-14 | 22   | 288  | 310  | BM  |     |     | 2,5      | 858 | 876   | 2009        | 92,97 | 959 | 0,81 | 28,38 |
| 03-jul-14 | 26   | 288  | 314  | BM  |     |     | 2,5      |     |       |             | 91,86 |     |      |       |
| 05-jul-14 | 32   | 276  | 307  | BM  |     |     | 2,5      | 839 | 919   | 1965        | 89,72 | 940 | 0,77 | 29,79 |
| 06-jul-14 | 31   | 276  | 307  | BM  |     |     | 2,5      | 839 | 919   | 1965        | 89,94 | 940 | 0,77 | 29,79 |
| 07-jul-14 | 36   | 267  | 303  | BM  |     |     | 2,5      | 839 | 919   | 1965        | 88,13 | 940 | 0,76 | 29,79 |
| 08-jul-14 | 38   | 270  | 308  | BM  | 8   |     | 2,5      | 839 | 919   | 1965        | 87,73 | 940 | 0,77 | 29,79 |
| 09-jul-14 | 37   | 270  | 308  | BM  | 8   |     | 2,5      | 839 | 919   | 1965        | 87,93 | 940 | 0,77 | 29,79 |
| 10-jul-14 | 37   | 268  | 305  | BM  | 8   |     | 2,5      | 825 | 951   | 1933        | 87,83 | 926 | 0,74 | 30,81 |
| 11-jul-14 | 41   | 267  | 308  | BM  | 8   |     | 2,5      | 825 | 951   | 1933        | 86,66 | 926 | 0,75 | 30,81 |
| 12-jul-14 | 37   | 270  | 307  | BM  | 8   |     | 2,5      | 822 | 959   | 1925        | 87,81 | 923 | 0,74 | 31,06 |
| 16-jul-14 | 37   | 268  | 306  | BM  | 8   |     | 2,5      |     |       |             | 87,77 |     |      |       |
| 17-jul-14 | 38   | 275  | 313  | BM  | 8   |     | 2,5      |     |       |             | 87,82 |     |      |       |
| 20-jul-14 | 19   | 293  | 312  | BM  | 8   |     | 2,5      |     |       |             | 94,00 |     |      |       |
| 21-jul-14 | 17   | 295  | 312  | BM  | 8   |     | 2,5      | 790 | 1036  | 1849        | 94,59 | 890 | 0,70 | 33,49 |
| 23-jul-14 | 20   | 286  | 306  | BM  | 8   |     | 2,5      |     |       |             | 93,40 |     |      |       |
| 25-jul-14 | 23   | 289  | 312  | BM  | 8   |     | 2,5      |     |       |             | 92,67 |     |      |       |
| 27-jul-14 | 20   | 276  | 296  | BM  | 8   |     | 2,5      | 825 | 953   | 1931        | 93,26 | 925 | 0,72 | 30,87 |
| 28-jul-14 | 20   | 264  | 284  | BM  | 8   |     | 2,5      | 825 | 953   | 1931        | 92,88 | 925 | 0,69 | 30,87 |
| 29-jul-14 | 19   | 265  | 284  | BM  | 8   |     | 2,5      | 818 | 970   | 1915        | 93,37 | 919 | 0,68 | 31,38 |
| 30-jul-14 | 15   | 248  | 264  | BM  | 8   |     | 2,5      | 818 | 970   | 1915        | 94,14 | 919 | 0,63 | 31,38 |
| 31-jul-14 | 17   | 257  | 274  | BM  | 8   |     | 2,5      | 818 | 970   | 1915        | 93,86 | 919 | 0,65 | 31,38 |
| 06-ago-14 | 15   | 282  | 297  | BM  | 8   |     | 2,5      | 792 | 1031  | 1854        | 94,90 | 893 | 0,67 | 33,33 |
| 10-ago-14 | 16   | 263  | 280  | BM  | 8   |     | 2,5      | 794 | 1026  | 1859        | 94,22 | 895 | 0,63 | 33,17 |



## ANEXO 7. (Continuación).

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW  | Pwf  | IP   | %DD   |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|-----|-------|-------------|-------|------|------|-------|
| 11-ago-14 | 18   | 257  | 275  | BM  | 8   |     | 2,5      | 796 | 1019  | 1865        | 93,45 | 897  | 0,62 | 32,97 |
| 12-ago-14 | 21   | 265  | 285  | BM  | 8   |     | 2,5      |     |       |             | 92,74 |      |      |       |
| 13-ago-14 | 20   | 255  | 275  | BM  | 8   |     | 2,5      |     |       |             | 92,70 |      |      |       |
| 14-ago-14 | 20   | 260  | 280  | BM  | 8   |     | 2,5      |     |       |             | 92,96 |      |      |       |
| 18-ago-14 | 20   | 256  | 276  | BM  | 8   |     | 2,5      | 792 | 1030  | 1854        | 92,72 | 893  | 0,62 | 33,33 |
| 19-ago-14 | 17   | 253  | 270  | BM  | 8   |     | 2,5      |     |       |             | 93,62 |      |      |       |
| 26-ago-14 | 22   | 263  | 285  | BM  | 8   |     | 2,5      | 830 | 941   | 1943        | 92,27 | 931  | 0,70 | 30,49 |
| 28-ago-14 | 23   | 336  | 358  | BM  | 8   |     | 3        | 687 | 1274  | 1610        | 93,69 | 788  | 0,65 | 41,11 |
| 29-ago-14 | 25   | 358  | 383  | BM  | 8   |     | 3        | 830 | 941   | 1943        | 93,55 | 931  | 0,94 | 30,49 |
| 30-ago-14 | 20   | 345  | 365  | BM  | 8   |     | 3        | 684 | 1283  | 1602        | 94,60 | 785  | 0,66 | 41,36 |
| 31-ago-14 | 18   | 347  | 365  | BM  | 5   |     | 3        | 830 | 941   | 1943        | 95,02 | 931  | 0,90 | 30,49 |
| 01-sep-14 | 21   | 351  | 372  | BM  | 8   |     | 3        | 687 | 1275  | 1609        | 94,37 | 788  | 0,68 | 41,14 |
| 02-sep-14 | 21   | 340  | 362  | BM  | 8   |     | 3        | 830 | 941   | 1943        | 94,06 | 931  | 0,89 | 30,49 |
| 03-sep-14 | 22   | 342  | 364  | BM  | 8   |     | 3        |     |       |             | 93,97 |      |      |       |
| 04-sep-14 | 20   | 338  | 358  | BM  | 8   |     | 3        | 830 | 941   | 1943        | 94,37 | 931  | 0,88 | 30,49 |
| 05-sep-14 | 19   | 357  | 376  | BM  | 8   |     | 3        | 830 | 941   | 1943        | 94,89 | 931  | 0,92 | 30,49 |
| 10-sep-14 | 19   | 353  | 372  | BM  | 8   |     | 3        | 676 | 1302  | 1582        | 94,99 | 776  | 0,66 | 42,00 |
| 11-sep-14 | 19   | 362  | 381  | BM  | 8   |     | 3        | 638 | 1391  | 1493        | 95,00 | 738  | 0,63 | 44,84 |
| 12-sep-14 | 19   | 382  | 400  | BM  | 8   |     | 3        | 667 | 1322  | 1562        | 95,32 | 768  | 0,70 | 42,64 |
| 13-sep-14 | 21   | 349  | 371  | BM  | 8   |     | 3        | 659 | 1342  | 1543        | 94,25 | 760  | 0,64 | 43,25 |
| 14-sep-14 | 26   | 353  | 379  | BM  | 8   |     | 3        |     |       |             | 93,25 |      |      |       |
| 15-sep-14 | 27   | 355  | 381  | BM  | 8   |     | 3        |     |       |             | 92,94 |      |      |       |
| 16-sep-14 | 29   | 342  | 371  | BM  | 8   |     | 3        |     |       |             | 92,30 |      |      |       |
| 20-sep-14 | 28   | 336  | 364  | BM  | 10  |     | 3        | 654 | 1353  | 1531        | 92,32 | 755  | 0,62 | 43,63 |
| 21-sep-14 | 27   | 348  | 375  | BM  | 10  |     | 3        | 651 | 1361  | 1524        | 92,81 | 752  | 0,64 | 43,85 |
| 24-sep-14 | 24   | 347  | 371  | BM  | 10  |     | 3        | 830 | 941   | 1943        | 93,48 | 931  | 0,91 | 30,49 |
| 25-sep-14 | 19   | 345  | 364  | BM  | 10  |     | 3        | 629 | 1413  | 1472        | 94,75 | 729  | 0,60 | 45,51 |
| 26-sep-14 | 17   | 353  | 371  | BM  | 10  |     | 3        | 649 | 1364  | 1520        | 95,33 | 750  | 0,63 | 43,98 |
| 27-sep-14 | 20   | 359  | 379  | BM  | 10  |     | 3        | 830 | 941   | 1943        | 94,82 | 931  | 0,93 | 30,49 |
| 28-sep-14 | 19   | 354  | 373  | BM  | 10  |     | 3        | 630 | 1408  | 1476        | 94,87 | 731  | 0,61 | 45,38 |
| 29-sep-14 | 21   | 347  | 369  | BM  | 10  |     | 3        | 701 | 1244  | 1641        | 94,20 | 802  | 0,69 | 40,12 |
| 30-sep-14 | 27   | 389  | 416  | BM  | 10  |     | 3        |     |       |             | 93,40 |      |      |       |
| 03-oct-14 | 38   | 349  | 387  | BM  | 20  |     | 3        | 943 | 690   | 2209        | 90,21 | 1044 | 1,31 | 22,00 |
| 04-oct-14 | 35   | 338  | 372  | BM  | 20  |     | 3        |     |       |             | 90,72 |      |      |       |
| 05-oct-14 | 40   | 371  | 411  | BM  | 20  |     | 3        | 893 | 793   | 2092        | 90,21 | 994  | 1,19 | 25,73 |

## ANEXO 7. (Continuación).

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW  | Pwf | IP   | %DD   |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|-----|-------|-------------|-------|-----|------|-------|
| 09-oct-14 | 31   | 317  | 348  | BM  | 20  |     | 3        | 890 | 801   | 2084        | 91,10 | 991 | 1,00 | 25,99 |
| 14-oct-14 | 24   | 352  | 376  | BM  | 10  |     | 3        |     |       |             | 93,54 |     |      |       |
| 15-oct-14 | 23   | 354  | 376  | BM  | 10  |     | 3        | 808 | 992   | 1892        | 93,97 | 909 | 0,88 | 32,11 |
| 16-oct-14 | 21   | 335  | 355  | BM  | 10  |     | 3        |     |       |             | 94,14 |     |      |       |
| 17-oct-14 | 23   | 340  | 363  | BM  | 10  |     | 3        | 782 | 1054  | 1831        | 93,65 | 883 | 0,80 | 34,06 |
| 18-oct-14 | 23   | 350  | 373  | BM  | 10  |     | 3        | 760 | 1103  | 1781        | 93,95 | 861 | 0,78 | 35,65 |
| 19-oct-14 | 25   | 330  | 355  | BM  | 10  |     | 3        | 760 | 1103  | 1781        | 93,00 | 861 | 0,74 | 35,65 |
| 20-oct-14 | 25   | 322  | 347  | BM  | 10  |     | 3        |     |       |             | 92,70 |     |      |       |
| 21-oct-14 | 28   | 327  | 354  | BM  | 10  |     | 3        | 732 | 1169  | 1715        | 92,18 | 833 | 0,70 | 37,76 |
| 22-oct-14 | 23   | 335  | 358  | BM  | 10  |     | 3        | 732 | 1169  | 1715        | 93,57 | 833 | 0,71 | 37,76 |
| 23-oct-14 | 23   | 326  | 349  | BM  | 10  |     | 3        | 740 | 1153  | 1732        | 93,50 | 840 | 0,70 | 37,22 |
| 24-oct-14 | 32   | 435  | 467  | BM  | 10  |     | 4        | 587 | 1511  | 1374        | 93,22 | 688 | 0,72 | 48,64 |
| 25-oct-14 | 48   | 440  | 488  | BM  | 10  |     | 4        | 556 | 1581  | 1303        | 90,25 | 657 | 0,72 | 50,90 |
| 26-oct-14 | 54   | 424  | 479  | BM  | 10  |     | 4        | 558 | 1578  | 1306        | 88,66 | 659 | 0,70 | 50,80 |
| 27-oct-14 | 50   | 448  | 498  | BM  | 10  |     | 4        | 513 | 1684  | 1201        | 89,95 | 614 | 0,69 | 54,15 |
| 29-oct-14 | 45   | 426  | 471  | BM  | 10  |     | 4        | 513 | 1684  | 1201        | 90,51 | 614 | 0,65 | 54,15 |
| 02-nov-14 | 56   | 418  | 474  | BM  | 10  |     | 4        | 485 | 1747  | 1137        | 88,27 | 586 | 0,63 | 56,20 |
| 05-nov-14 | 32   | 426  | 458  | BM  | 10  |     | 4        | 464 | 1798  | 1086        | 92,96 | 565 | 0,59 | 57,82 |
| 06-nov-14 | 31   | 438  | 469  | BM  | 10  |     | 4        | 447 | 1837  | 1047        | 93,36 | 548 | 0,59 | 59,07 |
| 08-nov-14 | 31   | 417  | 448  | BM  | 10  |     | 4        | 436 | 1862  | 1022        | 93,08 | 537 | 0,56 | 59,86 |
| 09-nov-14 | 32   | 425  | 457  | BM  | 10  |     | 4        | 451 | 1827  | 1057        | 92,94 | 552 | 0,58 | 58,75 |
| 10-nov-14 | 33   | 414  | 447  | BM  | 10  |     | 4        | 424 | 1891  | 993         | 92,52 | 525 | 0,55 | 60,79 |
| 13-nov-14 | 31   | 399  | 430  | BM  | 10  |     | 4        | 412 | 1920  | 964         | 92,87 | 513 | 0,52 | 61,71 |
| 14-nov-14 | 26   | 381  | 407  | BM  | 10  |     | 4        | 455 | 1819  | 1066        | 93,52 | 556 | 0,52 | 58,46 |
| 16-nov-14 | 31   | 384  | 415  | BM  | 10  |     | 4        | 350 | 2065  | 819         | 92,60 | 451 | 0,47 | 66,34 |
| 17-nov-14 | 41   | 455  | 495  | BM  | 10  |     | 4,5      | 337 | 2096  | 789         | 91,80 | 438 | 0,55 | 67,30 |
| 18-nov-14 | 42   | 419  | 461  | BM  | 10  |     | 4,5      | 337 | 2096  | 789         | 90,92 | 438 | 0,51 | 67,30 |
| 19-nov-14 | 40   | 420  | 461  | BM  | 10  |     | 4,5      | 296 | 2190  | 694         | 91,22 | 397 | 0,49 | 70,33 |
| 22-nov-14 | 35   | 473  | 508  | BM  | 10  |     | 5        | 234 | 2336  | 548         | 93,15 | 335 | 0,51 | 74,98 |
| 23-nov-14 | 41   | 458  | 499  | BM  | 10  |     | 5        | 234 | 2336  | 548         | 91,85 | 335 | 0,50 | 74,98 |
| 24-nov-14 | 42   | 436  | 478  | BM  | 10  |     | 5        | 217 | 2377  | 508         | 91,21 | 318 | 0,47 | 76,26 |
| 25-nov-14 | 45   | 448  | 493  | BM  | 10  |     | 5        | 217 | 2377  | 508         | 90,83 | 318 | 0,48 | 76,26 |
| 28-nov-14 | 38   | 456  | 494  | BM  | 10  |     | 5        | 209 | 2394  | 490         | 92,33 | 310 | 0,48 | 76,83 |
| 29-nov-14 | 35   | 443  | 478  | BM  | 10  |     | 5        |     |       |             | 92,69 |     |      |       |

## ANEXO 7. (Continuación).

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM /<br>HZ | PIP | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW  | Pwf | IP   | %DD   |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|-------------|-----|-------|-------------|-------|-----|------|-------|
| 30-nov-14 | 35   | 463  | 498  | BM  | 10  |     | 5           | 224 | 2360  | 524         | 92,90 | 325 | 0,49 | 75,75 |
| 02-dic-14 | 27   | 460  | 487  | BM  | 10  |     | 5           | 219 | 2370  | 514         | 94,43 | 320 | 0,48 | 76,07 |
| 03-dic-14 | 32   | 453  | 485  | BM  | 10  |     | 5           | 189 | 2442  | 442         | 93,43 | 290 | 0,46 | 78,36 |
| 04-dic-14 | 31   | 456  | 487  | BM  | 10  |     | 5           | 836 | 941   | 1958        | 93,65 | 937 | 1,21 | 30,01 |
| 05-dic-14 | 37   | 460  | 498  | BM  | 10  |     | 5           | 208 | 2398  | 486         | 92,50 | 308 | 0,48 | 76,96 |
| 11-dic-14 | 48   | 550  | 598  | BM  | 10  |     | 5,5         | 48  | 2772  | 112         | 92,03 | 149 | 0,50 | 88,89 |
| 31-dic-14 | 41   | 598  | 639  | BM  | 10  |     | 5,5         | 53  | 2759  | 125         | 93,60 | 154 | 0,54 | 88,47 |
| 27-ene-15 | 18   | 513  | 531  | BM  | 10  |     | 5,5         | 59  | 2747  | 138         | 96,61 | 160 | 0,45 | 88,06 |
| 29-ene-15 | 14   | 515  | 529  | BM  | 10  |     | 5,5         | 65  | 2733  | 152         | 97,28 | 166 | 0,45 | 87,61 |
| 02-feb-15 | 23   | 497  | 520  | BM  | 10  |     | 5,5         |     |       |             | 95,59 | 101 | 0,42 | 92,46 |
| 25-feb-15 | 6    | 510  | 516  | BM  | 10  |     | 4,5         | 623 | 1970  |             | 98,83 | 724 | 0,84 | 45,92 |

**Fuente.** Modificado de METAPETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Base de datos Campo Apolo  
[Libro Excel].

## ANEXO 8. Data de producción por prueba del pozo Ágata 2D.

| Prof. Zona abierta (TVD) | Presión estática | Nivel fluido mín | G.E   | Prof. Bomba | Qmax | Pwf min | Pip min | Sumergencia min |
|--------------------------|------------------|------------------|-------|-------------|------|---------|---------|-----------------|
| 3111                     | 1342             | 2.569            | 0,974 | 2594        | 857  | 228     | 8       | 25              |

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW  | Pwf  | IP   | %DD   |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|-----|-------|-------------|-------|------|------|-------|
|           |      |      | 0    |     |     |     |          |     |       |             |       | 1342 |      |       |
| 06-may-14 |      | 121  | 121  | BM  | 2   |     | 1        |     |       |             | 100   |      |      |       |
| 08-may-14 |      | 112  | 112  | BM  | 2   |     | 1        |     |       |             | 100   |      |      |       |
| 09-may-14 | 89   | 36   | 125  | BM  | 2   |     | 1        |     |       |             | 28,64 |      |      |       |
| 10-may-14 | 60   | 51   | 110  | BM  | 2   |     | 1        |     |       |             | 46,07 |      |      |       |
| 11-may-14 | 85   | 39   | 124  | BM  | 2   |     | 1        |     |       |             | 31,45 |      |      |       |
| 13-may-14 | 77   | 34   | 111  | BM  | 2   |     | 1        | 847 | 609   | 1984        | 30,38 | 1068 | 0,40 | 20,46 |
| 16-may-14 | 68   | 31   | 99   | BM  | 2   |     | 1        | 847 | 609   | 1984        | 31,37 | 1068 | 0,36 | 20,46 |
| 17-may-14 | 73   | 33   | 106  | BM  | 2   |     | 1        |     |       |             | 31,37 |      |      |       |
| 18-may-14 | 70   | 28   | 98   | BM  | 2   |     | 1        |     |       |             | 28,32 |      |      |       |
| 19-may-14 | 74   | 31   | 105  | BM  | 2   |     | 1        |     |       |             | 29,46 |      |      |       |
| 20-may-14 | 73   | 30   | 103  | BM  | 2   |     | 1        |     |       |             | 29,39 |      |      |       |
| 21-may-14 | 75   | 30   | 105  | BM  | 2   |     | 1        |     |       |             | 28,56 |      |      |       |
| 22-may-14 | 76   | 30   | 106  | BM  | 2   |     | 1        |     |       |             | 28,31 |      |      |       |
| 24-may-14 | 65   | 29   | 94   | BM  | 2   |     | 1        |     |       |             | 30,70 |      |      |       |
| 26-may-14 | 89   | 42   | 132  | BM  | 2   |     | 1        | 858 | 583   | 2010        | 32,20 | 1079 | 0,50 | 19,64 |
| 28-may-14 | 80   | 41   | 121  | BM  | 2   |     | 1        |     |       |             | 34,11 |      |      |       |
| 29-may-14 | 82   | 43   | 125  | BM  | 2   |     | 1        | 854 | 594   | 1999        | 34,43 | 1074 | 0,47 | 19,99 |
| 30-may-14 | 69   | 35   | 105  | BM  | 2   |     | 1        |     |       |             | 33,69 |      |      |       |
| 31-may-14 | 70   | 34   | 104  | BM  | 2   |     | 1        |     |       |             | 32,94 |      |      |       |
| 01-jun-14 | 70   | 34   | 104  | BM  | 2   |     | 1        | 863 | 571   | 2022        | 32,78 | 1084 | 0,40 | 19,25 |
| 02-jun-14 | 72   | 34   | 105  | BM  | 2   |     | 1        | 853 | 595   | 1998        | 32,04 | 1074 | 0,39 | 20,02 |
| 03-jun-14 | 80   | 38   | 118  | BM  | 2   |     | 1        |     |       |             | 32,29 |      |      |       |
| 05-jun-14 | 76   | 39   | 115  | BM  | 2   |     | 1        | 866 | 565   | 2028        | 33,61 | 1086 | 0,45 | 19,06 |
| 06-jun-14 | 80   | 43   | 123  | BM  | 2   |     | 1        | 866 | 565   | 2028        | 34,80 | 1086 | 0,48 | 19,06 |
| 07-jun-14 | 82   | 44   | 126  | BM  | 2   |     | 1        | 866 | 565   | 2028        | 34,80 | 1086 | 0,49 | 19,06 |
| 09-jun-14 | 83   | 42   | 125  | BM  | 2   |     | 1        | 878 | 537   | 2056        | 33,28 | 1098 | 0,51 | 18,17 |
| 13-jun-14 | 89   | 42   | 130  | BM  | 2   |     | 1        |     | 621   |             | 31,98 |      |      |       |
| 15-jun-14 | 105  | 43   | 148  | BM  | 2   |     | 1,25     |     |       |             | 29,14 |      |      |       |
| 16-jun-14 | 106  | 49   | 155  | BM  | 2   |     | 1,25     |     |       |             | 31,91 |      |      |       |
| 19-jun-14 | 94   | 55   | 149  | BM  | 2   |     | 1,25     |     |       |             | 36,79 |      |      |       |

## ANEXO 8. (Continuación).

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW  | Pwf  | IP   | %DD   |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|-----|-------|-------------|-------|------|------|-------|
| 22-jun-14 | 104  | 49   | 153  | BM  | 2   |     | 1,25     |     |       |             | 32,01 |      |      |       |
| 24-jun-14 | 104  | 34   | 138  | BM  | 2   |     | 1,25     |     |       |             | 24,87 |      |      |       |
| 01-jul-14 | 121  | 40   | 162  | BM  |     |     | 1,25     | 857 | 587   | 2006        | 25,00 | 1077 | 0,61 | 19,76 |
| 22-jul-14 | 85   | 82   | 167  | BM  | 2   |     | 1,25     |     |       |             | 49,18 |      |      |       |
| 23-jul-14 | 76   | 79   | 155  | BM  | 2   |     | 1,25     |     |       |             | 51,03 |      |      |       |
| 06-ago-14 | 69   | 82   | 150  | BM  | 2   |     | 1,25     | 866 | 564   | 2029        | 54,23 | 1087 | 0,59 | 19,03 |
| 17-ago-14 | 73   | 99   | 172  | BM  | 2   |     | 1,25     |     |       |             | 57,43 |      |      |       |
| 18-ago-14 | 74   | 98   | 172  | BM  | 2   |     | 1,25     | 875 | 543   | 2050        | 57,15 | 1096 | 0,70 | 18,36 |
| 27-ago-14 | 74   | 92   | 165  | BM  | 2   |     | 1,25     | 863 | 571   | 2022        | 55,33 | 1084 | 0,64 | 19,25 |
| 07-sep-14 | 81   | 104  | 185  | BM  | 2   |     | 1,25     | 862 | 574   | 2019        | 56,10 | 1083 | 0,71 | 19,35 |
| 16-sep-14 | 72   | 89   | 161  | BM  | 2   |     | 1,25     |     |       |             | 55,42 |      |      |       |
| 17-sep-14 | 75   | 83   | 159  | BM  | 2   |     | 1,25     |     |       |             | 52,64 |      |      |       |
| 30-sep-14 | 84   | 99   | 183  | BM  | 2   |     | 1,25     | 872 | 551   | 2042        | 54,09 | 1092 | 0,73 | 18,62 |
| 12-oct-14 | 81   | 76   | 156  | BM  | 2   |     | 1,25     | 892 | 505   | 2088        | 48,46 | 1112 | 0,68 | 17,15 |
| 30-oct-14 | 54   | 105  | 159  | BM  | 2   |     | 1,25     | 886 | 519   | 2074        | 66,09 | 1106 | 0,67 | 17,60 |
| 06-nov-14 | 89   | 90   | 179  | BM  | 2   |     | 1,25     | 898 | 490   | 2103        | 50,24 | 1118 | 0,80 | 16,68 |
| 08-nov-14 | 76   | 97   | 173  | BM  | 2   |     | 1,25     | 896 | 494   | 2099        | 56,15 | 1117 | 0,77 | 16,80 |
| 13-nov-14 | 52   | 114  | 166  | BM  | 2   |     | 1,25     |     |       |             | 68,48 |      |      |       |
| 25-nov-14 | 74   | 91   | 165  | BM  | 2   |     | 1,25     | 904 | 476   | 2117        | 55,30 | 1124 | 0,76 | 16,23 |
| 02-dic-14 | 59   | 99   | 158  | BM  | 2   |     | 1,25     | 898 | 489   | 2104        | 62,81 | 1119 | 0,71 | 16,65 |
| 04-dic-14 | 54   | 104  | 158  | BM  | 2   |     | 1,25     | 863 | 571   | 2022        | 65,69 | 1084 | 0,61 | 19,25 |
| 17-dic-14 | 74   | 106  | 180  | BM  | 2   | 108 | 1,5      | 886 | 518   | 2075        | 59,01 | 1107 | 0,76 | 17,57 |
| 23-dic-14 | 71   | 113  | 183  | BM  | 2   | 108 | 1,5      | 872 | 550   | 2043        | 61,49 | 1093 | 0,73 | 18,59 |
| 02-ene-15 | 80   | 125  | 205  | BM  | 10  | 108 | 1,7      | 854 | 593   | 2000        | 60,97 | 1074 | 0,76 | 19,95 |
| 12-ene-15 | 73   | 124  | 197  | BM  | 10  | 108 | 1,7      | 866 | 579   | 2027        | 62,93 | 1086 | 0,77 | 19,09 |
| 09-feb-15 | 81   | 120  | 201  | BM  | 10  | 108 | 1,9      |     | 642   | 1951        | 59,73 |      |      |       |
| 16-feb-15 | 82   | 143  | 226  | BM  | 10  | 108 | 1,9      |     | 551   | 2042        | 63,51 |      |      |       |
| 02-mar-15 | 87   | 146  | 234  | BM  | 10  | 108 | 1,9      |     | 615   | 1978        | 62,69 |      |      |       |
| 16-mar-15 | 84   | 134  | 219  | BM  | 10  | 108 | 1,9      |     | 513   | 2080        | 61,48 |      |      |       |
| 19-mar-15 | 97   | 164  | 260  | BM  | 10  | 108 | 1,9      |     | 396   | 2197        | 62,89 |      |      |       |
| 22-mar-15 | 95   | 138  | 233  | BM  | 10  | 108 | 1,9      |     |       |             | 59,24 |      |      |       |
| 26-mar-15 | 82   | 129  | 212  | BM  | 10  | 108 | 1,9      |     |       |             | 61,16 |      |      |       |
| 29-mar-15 | 82   | 148  | 230  | BM  | 10  | 108 | 1,9      |     |       |             | 64,36 |      |      |       |

**Fuente.** Modificado de METAPETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Base de datos Campo Apolo  
[Libro Excel].

## ANEXO 9. Data de producción por prueba del pozo Ágata 3D.

| Prof. Zona abierta (TVD) | Presión estática | Nivel fluido mín | G.E   | Prof. Bomba | Qmax | Pwf min | Pip min | Sumergencia min |
|--------------------------|------------------|------------------|-------|-------------|------|---------|---------|-----------------|
| 3142                     | 1329             | 2.744            | 0,974 | 2769        | 218  | 168     | 9       | 25              |

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP  | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW  | Pwf  | IP   | %DD   |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|------|-------|-------------|-------|------|------|-------|
|           |      |      |      |     |     |     |          | 1329 |       |             |       | 1329 |      |       |
| 15-dic-13 |      | 143  | 143  | BM  | 30  |     | 1,25     |      |       |             | 100   |      |      |       |
| 16-dic-13 |      | 160  | 160  | BM  | 30  |     | 1,25     |      |       |             | 100   |      |      |       |
| 18-dic-13 | 73   | 52   | 124  | BM  | 30  |     | 1,25     |      |       |             | 41,58 |      |      |       |
| 20-dic-13 | 143  | 22   | 165  | BM  | 39  |     | 1,25     |      |       |             | 13,25 |      |      |       |
| 21-dic-13 | 126  | 20   | 146  | BM  | 46  |     | 1,25     |      |       |             | 13,58 |      |      |       |
| 22-dic-13 | 128  | 23   | 151  | BM  | 47  |     | 1,25     |      |       |             | 15,06 |      |      |       |
| 23-dic-13 | 139  | 25   | 164  | BM  | 45  |     | 1,25     |      |       |             | 15,14 |      |      |       |
| 24-dic-13 | 145  | 24   | 169  | BM  | 42  |     | 1,25     |      |       |             | 14,16 |      |      |       |
| 25-dic-13 | 138  | 21   | 160  | BM  | 42  |     | 1,25     |      |       |             | 13,33 |      |      |       |
| 26-dic-13 | 177  | 28   | 205  | BM  | 41  |     | 1,5      |      |       |             | 13,82 |      |      |       |
| 28-dic-13 | 178  | 29   | 207  | BM  | 50  |     | 1,5      |      |       |             | 13,79 |      |      |       |
| 31-dic-13 | 169  | 46   | 215  | BM  | 58  |     | 1,76     |      |       |             | 21,49 |      |      |       |
| 03-ene-14 | 124  | 71   | 194  | BM  | 58  |     | 1,76     |      |       |             | 36,49 |      |      |       |
| 06-ene-14 | 141  | 45   | 186  | BM  | 60  |     | 1,76     |      |       |             | 24,19 |      |      |       |
| 07-ene-14 | 137  | 59   | 196  | BM  | 60  |     | 1,76     |      |       |             | 30,05 |      |      |       |
| 08-ene-14 | 150  | 67   | 217  | BM  | 50  |     | 1,76     |      |       |             | 30,87 |      |      |       |
| 09-ene-14 | 170  | 75   | 246  | BM  | 35  |     | 1,76     |      |       |             | 30,72 |      |      |       |
| 11-ene-14 | 140  | 58   | 197  | BM  | 25  |     | 1,76     |      |       |             | 29,23 |      |      |       |
| 12-ene-14 | 143  | 61   | 204  | BM  | 25  |     | 1,76     |      |       |             | 29,88 |      |      |       |
| 14-ene-14 | 152  | 60   | 212  | BM  | 25  |     | 1,76     | 216  | 1955  | 507         | 28,48 | 376  | 0,22 | 71,72 |
| 15-ene-14 | 150  | 57   | 208  | BM  | 25  |     | 1,76     | 216  | 1955  | 507         | 27,57 | 376  | 0,22 | 71,72 |
| 16-ene-14 | 158  | 54   | 212  | BM  | 25  |     | 1,76     | 338  | 1983  | 791         | 25,43 | 497  | 0,25 | 62,59 |
| 18-ene-14 | 152  | 59   | 212  | BM  | 25  |     | 1,76     | 349  | 1958  | 817         | 27,99 | 508  | 0,26 | 61,75 |
| 19-ene-14 | 147  | 74   | 221  | BM  | 25  |     | 1,76     | 348  | 1958  | 816         | 33,51 | 508  | 0,27 | 61,79 |
| 20-ene-14 | 152  | 73   | 225  | BM  | 25  |     | 1,76     | 348  | 1958  | 816         | 32,35 | 508  | 0,27 | 61,79 |
| 24-ene-14 | 182  | 99   | 281  | BM  | 25  |     | 2,3      | 83   | 2579  | 194         | 35,10 | 242  | 0,26 | 81,77 |
| 25-ene-14 | 189  | 112  | 301  | BM  | 20  |     | 2,3      |      |       |             | 37,21 |      |      |       |
| 26-ene-14 | 186  | 96   | 282  | BM  | 20  |     | 2,3      | 84   | 2577  | 196         | 33,98 | 243  | 0,26 | 81,71 |
| 27-ene-14 | 179  | 97   | 276  | BM  | 20  |     | 2,3      |      |       |             | 35,18 |      |      |       |
| 29-ene-14 | 181  | 104  | 285  | BM  | 20  |     | 2,3      |      |       |             | 36,54 |      |      |       |

## ANEXO 9. (Continuación).

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW  | Pwf | IP   | %DD   |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|-----|-------|-------------|-------|-----|------|-------|
| 01-feb-14 | 156  | 84   | 240  | BM  | 10  |     | 2,3      |     |       |             | 34,92 |     |      |       |
| 03-feb-14 | 165  | 114  | 279  | BM  | 10  |     | 2,3      |     |       |             | 40,87 |     |      |       |
| 05-feb-14 | 185  | 89   | 274  | BM  | 10  |     | 2,3      |     |       |             | 32,41 |     |      |       |
| 06-feb-14 | 178  | 98   | 276  | BM  | 10  |     | 2,3      |     |       |             | 35,60 |     |      |       |
| 07-feb-14 | 177  | 101  | 279  | BM  | 10  |     | 2,3      | 60  | 2632  | 141         | 36,38 | 220 | 0,25 | 83,48 |
| 11-feb-14 | 162  | 126  | 288  | BM  | 10  |     | 2,3      |     |       |             | 43,65 |     |      |       |
| 14-feb-14 | 156  | 121  | 277  | BM  | 10  |     | 2,3      |     |       |             | 43,65 |     |      |       |
| 17-feb-14 | 152  | 115  | 267  | BM  | 16  |     | 2,3      | 30  | 2702  | 71          | 43,11 | 190 | 0,23 | 85,72 |
| 18-feb-14 | 143  | 110  | 253  | BM  | 12  |     | 2,3      | 17  | 2734  | 39          | 43,53 | 176 | 0,22 | 86,75 |
| 20-feb-14 | 154  | 120  | 274  | BM  | 12  |     | 2,3      | 105 | 2526  | 247         | 43,78 | 265 | 0,26 | 80,07 |
| 22-feb-14 | 164  | 117  | 281  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 41,76 |     |      |       |
| 27-feb-14 | 136  | 162  | 298  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 54,29 |     |      |       |
| 28-feb-14 | 152  | 124  | 276  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 44,87 |     |      |       |
| 01-mar-14 | 149  | 120  | 269  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 44,47 |     |      |       |
| 02-mar-14 | 142  | 112  | 255  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 44,13 |     |      |       |
| 05-mar-14 | 156  | 114  | 270  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 42,24 |     |      |       |
| 11-mar-14 | 129  | 130  | 259  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 50,28 |     |      |       |
| 13-mar-14 | 128  | 135  | 263  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 51,42 |     |      |       |
| 15-mar-14 | 116  | 129  | 245  | BM  | 12  |     | 2,3      | 18  | 2729  | 43          | 52,67 | 178 | 0,21 | 86,62 |
| 16-mar-14 | 126  | 136  | 262  | BM  | 12  |     | 2,3      | 18  | 2729  | 43          | 51,95 | 178 | 0,23 | 86,62 |
| 17-mar-14 | 118  | 138  | 256  | BM  | 12  |     | 2,3      | 18  | 2729  | 43          | 54,01 | 178 | 0,22 | 86,62 |
| 22-mar-14 | 91   | 155  | 246  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 63,17 |     |      |       |
| 23-mar-14 | 113  | 138  | 251  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 54,89 |     |      |       |
| 25-mar-14 | 115  | 119  | 234  | BM  | 12  |     | 2,3      | 53  | 2649  | 124         | 50,98 | 212 | 0,21 | 84,02 |
| 26-mar-14 | 113  | 126  | 239  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 52,76 |     |      |       |
| 30-mar-14 | 127  | 124  | 251  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 49,52 |     |      |       |
| 02-abr-14 | 111  | 126  | 236  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 53,14 |     |      |       |
| 03-abr-14 | 123  | 144  | 267  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 53,89 |     |      |       |
| 04-abr-14 | 121  | 130  | 251  | BM  | 12  |     | 2,3      | 9   | 2751  | 22          | 51,76 | 169 | 0,22 | 87,30 |
| 05-abr-14 | 116  | 121  | 237  | BM  | 12  |     | 2,3      | 9   | 2751  | 22          | 51,01 | 169 | 0,20 | 87,30 |
| 06-abr-14 | 126  | 135  | 261  | BM  | 12  |     | 2,3      | 9   | 2751  | 22          | 51,72 | 169 | 0,22 | 87,30 |
| 07-abr-14 | 116  | 126  | 242  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 51,92 |     |      |       |
| 10-abr-14 | 104  | 142  | 246  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 57,67 |     |      |       |
| 11-abr-14 | 103  | 126  | 228  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 54,94 |     |      |       |
| 12-abr-14 | 117  | 142  | 258  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 54,84 |     |      |       |

## ANEXO 9. (Continuación).

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW  | Pwf | IP   | %DD   |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|-----|-------|-------------|-------|-----|------|-------|
| 04-may-14 | 105  | 153  | 258  | BM  | 12  |     | 2,3      | 7   | 2756  | 17          | 59,30 | 167 | 0,22 | 87,46 |
| 08-may-14 | 96   | 153  | 250  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 61,39 |     |      |       |
| 09-may-14 | 96   | 149  | 245  | BM  | 12  |     | 2,3      | 6   | 2760  | 13          | 60,71 | 165 | 0,21 | 87,59 |
| 10-may-14 | 106  | 127  | 232  | BM  | 12  |     | 2,3      | 6   | 2760  | 13          | 54,55 | 165 | 0,20 | 87,59 |
| 11-may-14 | 112  | 130  | 241  | BM  | 12  |     | 2,3      | 6   | 2760  | 13          | 53,64 | 165 | 0,21 | 87,59 |
| 12-may-14 | 104  | 129  | 233  | BM  | 12  |     | 2,3      | 5   | 2761  | 12          | 55,29 | 165 | 0,20 | 87,62 |
| 13-may-14 | 107  | 124  | 231  | BM  | 12  |     | 2,3      | 5   | 2761  | 12          | 53,74 | 165 | 0,20 | 87,62 |
| 14-may-14 | 113  | 121  | 234  | BM  | 12  |     | 2,3      | 5   | 2761  | 12          | 51,64 | 165 | 0,20 | 87,62 |
| 15-may-14 | 103  | 129  | 232  | BM  | 12  |     | 2,3      | 5   | 2761  | 12          | 55,63 | 165 | 0,20 | 87,62 |
| 16-may-14 | 107  | 134  | 240  | BM  | 12  |     | 2,3      | 5   | 2761  | 12          | 55,63 | 165 | 0,21 | 87,62 |
| 17-may-14 | 105  | 132  | 238  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 55,63 |     |      |       |
| 19-may-14 | 117  | 135  | 252  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 53,56 |     |      |       |
| 21-may-14 | 108  | 134  | 241  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 55,38 |     |      |       |
| 24-may-14 | 95   | 140  | 235  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 59,47 |     |      |       |
| 25-may-14 | 94   | 137  | 231  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 59,32 |     |      |       |
| 29-may-14 | 76   | 179  | 256  | BM  | 12  |     | 2,3      | 7   | 2756  | 17          | 70,13 | 167 | 0,22 | 87,46 |
| 30-may-14 | 66   | 168  | 233  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 71,85 |     |      |       |
| 31-may-14 | 62   | 149  | 210  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 70,70 |     |      |       |
| 02-jun-14 | 86   | 135  | 221  | BM  | 12  |     | 2,3      | 13  | 2743  | 30          | 61,07 | 172 | 0,19 | 87,04 |
| 04-jun-14 | 84   | 133  | 217  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 61,24 |     |      |       |
| 05-jun-14 | 92   | 138  | 230  | BM  | 12  |     | 2,3      | 3   | 2766  | 7           | 59,90 | 162 | 0,20 | 87,78 |
| 08-jun-14 | 100  | 148  | 248  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 59,79 |     |      |       |
| 11-jun-14 | 93   | 141  | 234  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 60,32 |     |      |       |
| 13-jun-14 | 87   | 137  | 225  | BM  | 12  |     | 2,3      | 13  | 2743  | 30          | 61,09 | 172 | 0,19 | 87,04 |
| 17-jun-14 | 79   | 142  | 221  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 64,37 |     |      |       |
| 20-jun-14 | 92   | 140  | 232  | BM  | 12  |     | 2,3      | 4   | 2764  | 9           | 60,16 | 163 | 0,20 | 87,72 |
| 24-jun-14 | 72   | 155  | 227  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 68,22 |     |      |       |
| 25-jun-14 | 68   | 149  | 217  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 68,56 |     |      |       |
| 27-jun-14 | 84   | 157  | 242  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 65,11 |     |      |       |
| 28-jun-14 | 75   | 138  | 214  | BM  | 12  |     | 2,3      | 3   | 2765  | 8           | 64,75 | 163 | 0,18 | 87,75 |
| 03-jul-14 | 94   | 114  | 208  | BM  |     |     | 2,3      |     |       |             | 54,98 |     |      |       |
| 05-jul-14 | 103  | 142  | 245  | BM  |     |     | 2,3      | 2   | 2769  | 4           | 58,02 | 161 | 0,21 | 87,88 |
| 12-jul-14 | 72   | 165  | 236  | BM  | 12  |     | 2,3      | 7   | 2756  | 17          | 69,65 | 167 | 0,20 | 87,46 |
| 13-jul-14 | 68   | 155  | 223  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 69,45 |     |      |       |
| 14-jul-14 | 67   | 152  | 219  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 69,38 |     |      |       |
| 15-jul-14 | 63   | 143  | 206  | BM  | 12  |     | 2,3      | 10  | 2749  | 24          | 69,52 | 170 | 0,18 | 87,23 |



## ANEXO 9. (Continuación).

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW  | Pwf | IP   | %DD   |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|-----|-------|-------------|-------|-----|------|-------|
| 20-jul-14 | 66   | 142  | 208  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 68,15 |     |      |       |
| 21-jul-14 | 61   | 152  | 214  | BM  | 12  |     | 2,3      | 7   | 2757  | 16          | 71,25 | 166 | 0,18 | 87,49 |
| 23-jul-14 | 62   | 152  | 214  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 71,09 |     |      |       |
| 25-jul-14 | 50   | 168  | 218  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 77,13 |     |      |       |
| 01-ago-14 | 85   | 122  | 206  | BM  | 12  |     | 2,3      | 10  | 2749  | 24          | 58,95 | 170 | 0,18 | 87,23 |
| 02-ago-14 | 89   | 123  | 213  | BM  | 12  |     | 2,3      | 24  | 2716  | 57          | 57,95 | 184 | 0,19 | 86,17 |
| 08-ago-14 | 97   | 110  | 207  | BM  | 12  |     | 2,3      | 11  | 2747  | 26          | 53,14 | 170 | 0,18 | 87,17 |
| 09-ago-14 | 102  | 124  | 226  | BM  | 12  |     | 2,3      | 3   | 2767  | 6           | 54,83 | 162 | 0,19 | 87,81 |
| 14-ago-14 | 107  | 126  | 233  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 54,27 |     |      |       |
| 17-ago-14 | 90   | 125  | 215  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 58,23 |     |      |       |
| 18-ago-14 | 95   | 125  | 221  | BM  | 12  |     | 2,3      | 21  | 2723  | 50          | 56,78 | 181 | 0,19 | 86,40 |
| 21-ago-14 | 92   | 124  | 216  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 57,49 |     |      |       |
| 22-ago-14 | 94   | 124  | 217  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 56,89 |     |      |       |
| 27-ago-14 | 85   | 130  | 215  | BM  | 12  |     | 2,3      | 10  | 2749  | 24          | 60,31 | 170 | 0,19 | 87,23 |
| 29-ago-14 | 83   | 141  | 224  | BM  | 12  |     | 2,3      | 10  | 2749  | 24          | 62,77 | 170 | 0,19 | 87,23 |
| 30-ago-14 | 80   | 136  | 217  | BM  | 12  |     | 2,3      | 10  | 2749  | 24          | 62,90 | 170 | 0,19 | 87,23 |
| 02-sep-14 | 78   | 134  | 212  | BM  | 12  |     | 2,3      | 10  | 2749  | 24          | 63,19 | 170 | 0,18 | 87,23 |
| 13-sep-14 | 72   | 132  | 204  | BM  | 12  |     | 2,3      | 1   | 2770  | 3           | 64,59 | 161 | 0,17 | 87,91 |
| 14-sep-14 | 70   | 140  | 211  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 66,58 |     |      |       |
| 15-sep-14 | 74   | 151  | 224  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 67,16 |     |      |       |
| 19-sep-14 | 80   | 136  | 217  | BM  | 12  |     | 2,3      | 31  | 2701  | 72          | 63,01 | 190 | 0,19 | 85,69 |
| 20-sep-14 | 77   | 129  | 206  | BM  | 12  |     | 2,3      | 5   | 2762  | 11          | 62,75 | 164 | 0,18 | 87,65 |
| 22-sep-14 | 80   | 130  | 209  | BM  | 12  |     | 2,3      | 9   | 2753  | 20          | 61,95 | 168 | 0,18 | 87,36 |
| 24-sep-14 | 77   | 136  | 213  | BM  | 12  |     | 2,3      | 10  | 2749  | 24          | 63,98 | 170 | 0,18 | 87,23 |
| 25-sep-14 | 76   | 131  | 207  | BM  | 12  |     | 2,3      | 9   | 2752  | 21          | 63,43 | 168 | 0,18 | 87,33 |
| 26-sep-14 | 72   | 150  | 222  | BM  | 12  |     | 2,3      | 15  | 2739  | 34          | 67,56 | 174 | 0,19 | 86,91 |
| 30-sep-14 | 70   | 148  | 218  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 67,81 |     |      |       |
| 04-oct-14 | 78   | 157  | 235  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 66,83 |     |      |       |
| 06-oct-14 | 87   | 136  | 223  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 61,19 |     |      |       |
| 09-oct-14 | 65   | 137  | 202  | BM  | 12  |     | 2,3      | 4   | 2764  | 9           | 67,84 | 163 | 0,17 | 87,72 |
| 10-oct-14 | 71   | 144  | 215  | BM  | 12  |     | 2,3      |     |       |             | 66,80 |     |      |       |
| 11-oct-14 | 113  | 202  | 315  | BM  | 12  |     | 2,3      | 3   | 2765  | 8           | 64,23 | 163 | 0,27 | 87,75 |
| 13-oct-14 | 86   | 124  | 209  | BM  | 10  |     | 2,3      |     |       |             | 59,07 |     |      |       |
| 15-oct-14 | 96   | 113  | 209  | BM  | 10  |     | 2,3      |     |       |             | 54,16 |     |      |       |
| 16-oct-14 | 92   | 112  | 204  | BM  | 10  |     | 2,3      |     |       |             | 55,07 |     |      |       |
| 17-oct-14 | 90   | 124  | 214  | BM  | 10  |     | 2,3      |     |       |             | 58,02 |     |      |       |

## ANEXO 9. (Continuación).

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW  | Pwf | IP   | %DD   |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|-----|-------|-------------|-------|-----|------|-------|
| 18-oct-14 | 89   | 120  | 208  | BM  | 10  |     | 2,3      |     |       |             | 57,41 |     |      |       |
| 19-oct-14 | 97   | 117  | 214  | BM  | 10  |     | 2,3      |     |       |             | 54,80 |     |      |       |
| 20-oct-14 | 92   | 113  | 205  | BM  | 10  |     | 2,3      |     |       |             | 55,04 |     |      |       |
| 21-oct-14 | 87   | 115  | 202  | BM  | 10  |     | 2,3      | 32  | 2699  | 74          | 56,81 | 191 | 0,18 | 85,63 |
| 22-oct-14 | 86   | 115  | 202  | BM  | 10  |     | 2,3      | 32  | 2699  | 74          | 57,23 | 191 | 0,18 | 85,63 |
| 26-oct-14 | 84   | 152  | 236  | BM  | 10  |     | 2,3      | 1   | 2770  | 3           | 64,55 | 161 | 0,20 | 87,91 |
| 27-oct-14 | 92   | 153  | 245  | BM  | 10  |     | 2,3      |     |       |             | 62,48 |     |      |       |
| 28-oct-14 | 94   | 125  | 219  | BM  | 10  |     | 2,3      | 2   | 2768  | 5           | 57,14 | 162 | 0,19 | 87,85 |
| 29-oct-14 | 97   | 132  | 229  | BM  | 10  |     | 2,3      | 2   | 2768  | 5           | 57,60 | 162 | 0,20 | 87,85 |
| 02-nov-14 | 109  | 120  | 230  | BM  | 10  |     | 2,3      |     |       |             | 52,44 |     |      |       |
| 03-nov-14 | 101  | 114  | 215  | BM  | 10  |     | 2,3      |     |       |             | 52,93 |     |      |       |
| 06-nov-14 | 85   | 131  | 216  | BM  | 10  |     | 2,3      | 4   | 2764  | 9           | 60,68 | 163 | 0,18 | 87,72 |
| 07-nov-14 | 83   | 122  | 205  | BM  | 10  |     | 2,3      | 19  | 2729  | 44          | 59,63 | 178 | 0,18 | 86,59 |
| 08-nov-14 | 81   | 120  | 201  | BM  | 10  |     | 2,3      | 6   | 2758  | 15          | 59,69 | 166 | 0,17 | 87,52 |
| 09-nov-14 | 81   | 124  | 206  | BM  | 10  |     | 2,3      |     |       |             | 60,44 |     |      |       |
| 10-nov-14 | 80   | 125  | 205  | BM  | 10  |     | 2,3      | 1   | 2770  | 3           | 61,03 | 161 | 0,18 | 87,91 |
| 11-nov-14 | 72   | 135  | 208  | BM  | 10  |     | 2,3      |     |       |             | 65,12 |     |      |       |
| 15-nov-14 | 78   | 127  | 205  | BM  | 10  |     | 2,3      | 1   | 2770  | 3           | 62,14 | 161 | 0,18 | 87,91 |
| 16-nov-14 | 84   | 123  | 208  | BM  | 10  |     | 2,3      | 4   | 2762  | 10          | 59,38 | 164 | 0,18 | 87,68 |
| 17-nov-14 | 87   | 122  | 210  | BM  | 10  |     | 2,3      | 8   | 2755  | 18          | 58,26 | 167 | 0,18 | 87,43 |
| 19-nov-14 | 88   | 121  | 209  | BM  | 10  |     | 2,3      | 19  | 2728  | 45          | 57,85 | 179 | 0,18 | 86,56 |
| 23-nov-14 | 81   | 133  | 214  | BM  | 10  |     | 2,3      | 3   | 2767  | 6           | 62,22 | 162 | 0,18 | 87,81 |
| 27-nov-14 | 43   | 166  | 209  | BM  | 10  |     | 2,3      |     |       |             | 79,56 |     |      |       |
| 28-nov-14 | 44   | 165  | 209  | BM  | 10  |     | 2,3      | 1   | 2770  | 3           | 79,01 | 161 | 0,18 | 87,91 |
| 29-nov-14 | 44   | 158  | 202  | BM  | 10  |     | 2,3      |     |       |             | 78,03 |     |      |       |
| 30-nov-14 | 49   | 158  | 207  | BM  | 10  |     | 2,3      | 6   | 2758  | 15          | 76,18 | 166 | 0,18 | 87,52 |
| 01-dic-14 | 51   | 152  | 203  | BM  | 10  |     | 2,3      |     |       |             | 74,81 |     |      |       |
| 02-dic-14 | 49   | 154  | 203  | BM  | 10  |     | 2,3      | 13  | 2743  | 30          | 75,75 | 172 | 0,18 | 87,04 |
| 03-dic-14 | 49   | 153  | 202  | BM  | 10  |     | 2,3      | 2   | 2769  | 4           | 75,76 | 161 | 0,17 | 87,88 |
| 04-dic-14 | 58   | 172  | 230  | BM  | 10  |     | 2,3      | 13  | 2749  | 31          | 74,69 | 173 | 0,20 | 87,01 |
| 07-dic-14 | 80   | 125  | 205  | BM  | 10  |     | 2,3      | 2   | 2768  | 5           | 61,01 | 162 | 0,18 | 87,85 |
| 08-dic-14 | 75   | 129  | 204  | BM  | 10  |     | 2,3      | 37  | 2686  | 87          | 63,10 | 197 | 0,18 | 85,21 |
| 24-dic-14 | 78   | 100  | 178  | BM  | 10  |     | 2,3      |     |       |             | 56,04 |     |      |       |
| 28-dic-14 | 53   | 129  | 182  | BM  | 10  |     | 2,3      | 2   | 2768  | 5           | 70,67 | 162 | 0,16 | 87,85 |
| 03-ene-15 | 68   | 153  | 220  | BM  | 10  |     | 2,3      |     |       |             | 69,36 |     |      |       |
| 27-ene-15 | 63   | 134  | 196  | BM  | 10  |     | 2,3      | 3   | 2767  | 6           | 68,04 | 162 | 0,17 | 87,81 |

### ANEXO 9. (Continuación).

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW  | Pwf | IP   | %DD   |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|-----|-------|-------------|-------|-----|------|-------|
| 03-feb-15 | 59   | 136  | 194  | BM  | 10  | 100 | 2,3      | 18  | 2738  | 42          | 69,75 | 177 | 0,17 | 86,66 |
| 10-feb-15 | 66   | 130  | 196  | BM  | 10  | 100 | 2,3      | 3   | 2766  | 7           | 66,21 | 162 | 0,17 | 87,78 |
| 13-feb-15 | 64   | 130  | 194  | BM  | 10  | 100 | 2,3      |     |       |             | 67,07 |     |      |       |
| 24-feb-15 | 65   | 141  | 206  | BM  | 10  | 100 | 2,3      |     |       |             | 68,41 |     |      |       |
| 10-mar-15 | 77   | 120  | 197  | BM  | 10  | 104 | 2,3      |     |       |             | 61,07 |     |      |       |
| 27-mar-15 | 84   | 117  | 201  | BM  | 10  | 104 | 2,3      |     |       |             | 58,25 |     |      |       |

**Fuente.** Modificado de METAPETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Base de datos Campo Apolo  
[Libro Excel].

## ANEXO 10. Data de producción por prueba del pozo Ágata 4D.

| Prof. Zona abierta (TVD) | Presión estática | Nivel fluido mín | G.E   | Prof. Bomba | Qmax | Pwf min | Pip min | Sumergencia min |
|--------------------------|------------------|------------------|-------|-------------|------|---------|---------|-----------------|
| 3120                     | 1338             | 2.880            | 0,974 | 2905        | 5119 | 101     | 9       | 25              |

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP  | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW  | Pwf  | IP   | %DD   |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|------|-------|-------------|-------|------|------|-------|
|           |      |      | 0    |     |     |     |          |      |       |             |       | 1338 |      |       |
| 22-dic-13 | 54   | 112  | 166  | BM  | 36  |     | 1,0      |      |       |             | 67,66 |      |      |       |
| 24-dic-13 | 108  | 19   | 127  | BM  | 32  |     | 1,0      |      |       |             | 14,60 |      |      |       |
| 25-dic-13 | 153  | 25   | 177  | BM  | 20  |     | 1,0      |      |       |             | 13,99 |      |      |       |
| 01-ene-14 | 93   | 125  | 218  | BM  | 12  |     | 1,7      |      |       |             | 57,45 |      |      |       |
| 03-ene-14 | 65   | 127  | 192  | BM  | 12  |     | 1,8      |      |       |             | 66,34 |      |      |       |
| 06-ene-14 | 101  | 107  | 208  | BM  | 12  |     | 1,7      |      |       |             | 51,41 |      |      |       |
| 12-ene-14 | 81   | 130  | 211  | BM  | 10  |     | 1,7      |      |       |             | 61,41 |      |      |       |
| 16-ene-14 | 70   | 140  | 210  | BM  | 10  |     | 1,7      | 1062 | 423   | 2488        | 66,87 | 1154 | 1,14 | 13,77 |
| 18-ene-14 | 66   | 150  | 215  | BM  | 10  |     | 1,7      | 1061 | 426   | 2485        | 69,57 | 1153 | 1,16 | 13,87 |
| 20-ene-14 | 74   | 141  | 214  | BM  | 10  |     | 1,7      | 1061 | 426   | 2485        | 65,73 | 1153 | 1,16 | 13,87 |
| 24-ene-14 | 61   | 163  | 224  | BM  | 10  |     | 1,7      | 1088 | 364   | 2547        | 72,71 | 1179 | 1,41 | 11,89 |
| 27-ene-14 | 68   | 161  | 230  | BM  | 10  |     | 1,7      |      |       |             | 70,22 |      |      |       |
| 28-ene-14 | 68   | 165  | 233  | BM  | 10  |     | 1,7      | 1085 | 371   | 2540        | 70,85 | 1176 | 1,44 | 12,11 |
| 30-ene-14 | 54   | 156  | 211  | BM  | 10  |     | 1,7      |      |       |             | 74,31 |      |      |       |
| 19-feb-14 | 44   | 192  | 235  | BM  | 16  |     | 1,7      | 1109 | 313   | 2598        | 81,51 | 1201 | 1,71 | 10,26 |
| 24-feb-14 | 41   | 182  | 223  | BM  | 16  |     | 1,7      |      |       |             | 81,73 |      |      |       |
| 02-mar-14 | 26   | 184  | 210  | BM  | 16  |     | 1,7      |      |       |             | 87,59 |      |      |       |
| 04-mar-14 | 22   | 195  | 217  | BM  | 16  |     | 1,7      | 1096 | 344   | 2567        | 89,82 | 1188 | 1,44 | 11,25 |
| 07-mar-14 | 30   | 224  | 255  | BM  | 16  |     | 1,9      | 1098 | 340   | 2571        | 88,09 | 1189 | 1,71 | 11,12 |
| 11-mar-14 | 22   | 226  | 248  | BM  | 16  |     | 1,9      |      |       |             | 91,15 |      |      |       |
| 14-mar-14 | 36   | 225  | 261  | BM  | 16  |     | 2,1      | 1098 | 340   | 2572        | 86,28 | 1190 | 1,76 | 11,09 |
| 18-mar-14 | 25   | 235  | 260  | BM  | 16  |     | 2,1      | 1098 | 340   | 2572        | 90,33 | 1190 | 1,75 | 11,09 |
| 19-mar-14 | 30   | 230  | 260  | BM  | 16  |     | 2,1      |      |       |             | 88,60 |      |      |       |
| 21-mar-14 | 37   | 231  | 268  | BM  | 16  |     | 2,1      |      |       |             | 86,33 |      |      |       |
| 23-mar-14 | 40   | 225  | 265  | BM  | 16  |     | 2,1      |      |       |             | 84,77 |      |      |       |
| 25-mar-14 | 26   | 240  | 266  | BM  | 16  |     | 2,1      | 1098 | 340   | 2572        | 90,40 | 1190 | 1,79 | 11,09 |
| 26-mar-14 | 25   | 241  | 266  | BM  | 16  |     | 2,1      |      |       |             | 90,47 |      |      |       |
| 02-abr-14 | 18   | 246  | 264  | BM  | 10  |     | 2,1      |      |       |             | 93,13 |      |      |       |
| 04-abr-14 | 20   | 242  | 262  | BM  | 10  |     | 2,1      | 1097 | 343   | 2568        | 92,43 | 1188 | 1,74 | 11,22 |
| 07-abr-14 | 21   | 243  | 265  | BM  | 10  |     | 2,1      |      |       |             | 91,94 |      |      |       |

## ANEXO 10. (Continuación).

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP  | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW  | Pwf  | IP   | %DD   |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|------|-------|-------------|-------|------|------|-------|
| 09-abr-14 | 23   | 249  | 272  | BM  | 10  |     | 2,1      |      |       |             | 91,44 |      |      |       |
| 10-abr-14 | 21   | 247  | 268  | BM  | 10  |     | 2,1      |      |       |             | 92,34 |      |      |       |
| 05-may-14 | 24   | 242  | 266  | BM  | 10  |     | 2,1      | 1111 | 308   | 2603        | 91,15 | 1203 | 1,97 | 10,10 |
| 06-may-14 | 23   | 246  | 269  | BM  | 10  |     | 2,1      | 1111 | 308   | 2603        | 91,39 | 1203 | 1,99 | 10,10 |
| 07-may-14 | 22   | 240  | 262  | BM  | 10  |     | 2,1      | 1111 | 308   | 2603        | 91,74 | 1203 | 1,94 | 10,10 |
| 09-may-14 | 21   | 238  | 260  | BM  | 10  |     | 2,1      | 1111 | 310   | 2601        | 91,77 | 1202 | 1,91 | 10,17 |
| 16-may-14 | 17   | 251  | 267  | BM  | 10  |     | 2,1      | 1112 | 306   | 2605        | 93,79 | 1204 | 1,99 | 10,04 |
| 23-may-14 | 26   | 235  | 261  | BM  | 10  |     | 2,1      | 1109 | 314   | 2597        | 90,02 | 1201 | 1,90 | 10,30 |
| 25-may-14 | 16   | 241  | 257  | BM  | 10  |     | 2,1      |      |       |             | 93,80 |      |      |       |
| 28-may-14 | 20   | 245  | 265  | BM  | 10  |     | 2,1      |      |       |             | 92,45 |      |      |       |
| 12-jun-14 | 17   | 331  | 348  | BM  | 10  |     | 2,6      | 1097 | 341   | 2570        | 95,12 | 1189 | 2,33 | 11,16 |
| 19-jun-14 | 16   | 328  | 344  | BM  | 10  |     | 2,6      |      |       |             | 95,49 |      |      |       |
| 24-jun-14 | 27   | 315  | 342  | BM  | 10  |     | 2,6      |      |       |             | 92,13 |      |      |       |
| 28-jun-14 | 50   | 275  | 325  | BM  | 10  |     | 2,6      | 1101 | 333   | 2578        | 84,59 | 1192 | 2,23 | 10,90 |
| 06-jul-14 | 24   | 307  | 331  | BM  |     |     | 2,6      | 1098 | 339   | 2572        | 92,70 | 1190 | 2,23 | 11,09 |
| 07-jul-14 | 22   | 314  | 337  | BM  |     |     | 2,6      | 1098 | 339   | 2572        | 93,42 | 1190 | 2,27 | 11,09 |
| 15-jul-14 | 13   | 280  | 294  | BM  | 10  |     | 2,6      | 1106 | 321   | 2590        | 95,41 | 1198 | 2,09 | 10,52 |
| 24-jul-14 | 22   | 311  | 333  | BM  | 10  |     | 2,6      |      |       |             | 93,27 |      |      |       |
| 27-jul-14 | 24   | 302  | 325  | BM  | 10  |     | 2,6      | 1112 | 307   | 2605        | 92,75 | 1204 | 2,42 | 10,04 |
| 29-jul-14 | 18   | 305  | 323  | BM  | 10  |     | 2,6      | 1086 | 367   | 2544        | 94,45 | 1178 | 2,01 | 11,99 |
| 15-ago-14 | 13   | 321  | 335  | BM  | 10  |     | 2,6      | 1108 | 318   | 2594        | 95,98 | 1199 | 2,41 | 10,39 |
| 01-sep-14 | 30   | 316  | 346  | BM  | 10  |     | 2,6      | 1106 | 323   | 2589        | 91,39 | 1197 | 2,45 | 10,55 |
| 06-sep-14 | 19   | 331  | 350  | BM  | 10  |     | 2,6      | 1108 | 318   | 2594        | 94,47 | 1199 | 2,52 | 10,39 |
| 08-sep-14 | 17   | 322  | 339  | BM  | 12  |     | 2,6      | 1108 | 318   | 2594        | 94,96 | 1199 | 2,44 | 10,39 |
| 10-sep-14 | 17   | 328  | 345  | BM  | 12  |     | 2,6      | 1111 | 310   | 2601        | 94,96 | 1202 | 2,54 | 10,17 |
| 11-sep-14 | 18   | 340  | 358  | BM  | 12  |     | 2,6      | 1108 | 316   | 2596        | 94,98 | 1200 | 2,59 | 10,33 |
| 12-sep-14 | 18   | 331  | 349  | BM  | 12  |     | 2,6      | 1108 | 316   | 2595        | 94,81 | 1200 | 2,52 | 10,36 |
| 13-sep-14 | 20   | 335  | 355  | BM  | 12  |     | 2,6      | 1107 | 318   | 2593        | 94,35 | 1199 | 2,55 | 10,42 |
| 14-sep-14 | 21   | 337  | 358  | BM  | 12  |     | 2,6      |      |       |             | 94,04 |      |      |       |
| 21-sep-14 | 15   | 335  | 350  | BM  | 20  |     | 2,6      | 1112 | 306   | 2605        | 95,73 | 1204 | 2,60 | 10,04 |
| 28-sep-14 | 19   | 347  | 365  | BM  | 20  |     | 2,6      | 1111 | 311   | 2601        | 94,93 | 1202 | 2,68 | 10,17 |
| 29-sep-14 | 15   | 308  | 323  | BM  | 20  |     | 2,6      | 1113 | 306   | 2606        | 95,37 | 1204 | 2,41 | 10,01 |
| 30-sep-14 | 17   | 331  | 348  | BM  | 20  |     | 2,6      |      |       |             | 95,12 |      |      |       |
| 09-oct-14 | 17   | 338  | 356  | BM  | 10  |     | 2,6      | 1114 | 303   | 2609        | 95,09 | 1206 | 2,68 | 9,91  |
| 10-oct-14 | 17   | 331  | 348  | BM  | 10  |     | 2,6      |      |       |             | 95,11 |      |      |       |
| 11-oct-14 | 15   | 331  | 346  | BM  | 10  |     | 2,6      | 1114 | 301   | 2610        | 95,54 | 1206 | 2,62 | 9,88  |

## ANEXO 10. (Continuación).

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP  | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW  | Pwf  | IP   | %DD   |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|------|-------|-------------|-------|------|------|-------|
| 16-oct-14 | 17   | 307  | 325  | BM  | 10  |     | 2,6      |      |       |             | 94,62 |      |      |       |
| 17-oct-14 | 19   | 321  | 341  | BM  | 10  |     | 2,6      | 1112 | 307   | 2604        | 94,35 | 1204 | 2,53 | 10,07 |
| 24-oct-14 | 22   | 416  | 438  | BM  | 10  |     | 3,2      | 1111 | 308   | 2603        | 95,06 | 1203 | 3,24 | 10,10 |
| 28-oct-14 | 39   | 421  | 461  | BM  | 10  |     | 3,2      | 1108 | 316   | 2595        | 91,43 | 1200 | 3,32 | 10,36 |
| 30-oct-14 | 51   | 408  | 459  | BM  | 10  |     | 3,2      | 1096 | 345   | 2566        | 88,89 | 1187 | 3,04 | 11,28 |
| 05-nov-14 | 18   | 446  | 464  | BM  | 10  |     | 3,2      | 1114 | 303   | 2608        | 96,14 | 1205 | 3,48 | 9,94  |
| 06-nov-14 | 13   | 427  | 440  | BM  | 10  |     | 3,2      | 1108 | 315   | 2596        | 97,05 | 1200 | 3,18 | 10,33 |
| 08-nov-14 | 18   | 422  | 440  | BM  | 10  |     | 3,2      | 1114 | 302   | 2609        | 95,91 | 1206 | 3,32 | 9,91  |
| 09-nov-14 | 19   | 410  | 430  | BM  | 10  |     | 3,2      | 1113 | 304   | 2607        | 95,51 | 1205 | 3,22 | 9,98  |
| 10-nov-14 | 18   | 415  | 432  | BM  | 10  |     | 3,2      | 1162 | 190   | 2721        | 95,94 | 1253 | 5,09 | 6,34  |
| 14-nov-14 | 16   | 433  | 449  | BM  | 10  |     | 3,2      | 1142 | 236   | 2675        | 96,52 | 1234 | 4,30 | 7,81  |
| 19-nov-14 | 27   | 427  | 454  | BM  | 10  |     | 3,4      | 1139 | 244   | 2667        | 94,02 | 1230 | 4,20 | 8,06  |
| 21-nov-14 | 26   | 449  | 475  | BM  | 10  |     | 3,7      | 1134 | 257   | 2655        | 94,52 | 1225 | 4,21 | 8,44  |
| 24-nov-14 | 24   | 452  | 476  | BM  | 10  |     | 3,7      | 1138 | 246   | 2665        | 94,91 | 1230 | 4,38 | 8,13  |
| 02-dic-14 | 31   | 428  | 459  | BM  | 10  |     | 3,7      | 1139 | 244   | 2667        | 93,28 | 1230 | 4,25 | 8,06  |
| 03-dic-14 | 25   | 423  | 448  | BM  | 10  |     | 3,7      | 1136 | 251   | 2660        | 94,42 | 1227 | 4,04 | 8,29  |
| 04-dic-14 | 31   | 430  | 460  | BM  | 10  |     | 3,7      | 1108 | 318   | 2596        | 93,35 | 1200 | 3,33 | 10,33 |
| 05-dic-14 | 30   | 424  | 454  | BM  | 10  |     | 3,7      | 1138 | 246   | 2665        | 93,35 | 1230 | 4,17 | 8,13  |
| 06-dic-14 | 23   | 445  | 467  | BM  | 10  |     | 3,7      | 1135 | 253   | 2658        | 95,12 | 1227 | 4,18 | 8,35  |
| 07-dic-14 | 22   | 439  | 461  | BM  | 10  |     | 3,7      | 1135 | 253   | 2659        | 95,33 | 1227 | 4,14 | 8,32  |
| 08-dic-14 | 25   | 466  | 490  | BM  | 10  |     | 3,9      | 1132 | 262   | 2650        | 94,95 | 1223 | 4,26 | 8,60  |
| 19-dic-14 | 22   | 457  | 479  | BM  | 10  |     | 3,9      | 1147 | 225   | 2686        | 95,41 | 1239 | 4,80 | 7,46  |
| 29-dic-14 | 18   | 491  | 509  | BM  | 10  |     | 4,2      | 1132 | 261   | 2650        | 96,49 | 1223 | 4,42 | 8,60  |
| 21-ene-15 | 33   | 490  | 523  | BM  | 10  |     | 4,2      | 1122 | 284   | 2627        | 93,77 | 1213 | 4,18 | 9,34  |
| 14-feb-15 | 15   | 539  | 554  | BM  | 10  |     | 4,2      | 1126 | 277   | 2637        | 97,38 | 1218 | 4,59 | 9,02  |
| 24-feb-15 | 23   | 601  | 623  | BM  | 20  |     | 4,5      |      |       |             | 96,33 |      |      |       |
| 26-feb-15 | 20   | 535  | 555  | BM  | 20  |     | 4,5      |      |       |             | 96,44 |      |      |       |
| 06-mar-15 | 27   | 549  | 576  | BM  | 20  |     | 4,5      |      |       |             | 95,24 |      |      |       |
| 14-mar-15 | 23   | 499  | 521  | BM  | 20  |     | 4,5      | 1122 | 283   | 2628        | 95,64 | 1214 | 4,19 | 9,31  |
| 16-mar-15 | 18   | 484  | 502  | BM  | 20  |     | 4,5      | 1125 | 278   | 2634        | 96,35 | 1216 | 4,12 | 9,11  |
| 17-mar-15 | 21   | 546  | 567  | BM  | 20  |     | 4,5      | 1127 | 273   | 2639        | 96,31 | 1218 | 4,73 | 8,96  |
| 20-mar-15 | 24   | 544  | 568  | BM  | 20  |     | 4,5      |      |       |             | 95,76 |      |      |       |
| 23-mar-15 | 19   | 528  | 547  | BM  | 20  |     | 4,5      | 1121 | 285   | 2626        | 96,53 | 1213 | 4,36 | 9,37  |
| 30-mar-15 | 27   | 533  | 560  | BM  | 20  |     | 4,5      | 1126 | 275   | 2636        | 95,21 | 1217 | 4,63 | 9,05  |

**Fuente.** Modificado de METAPETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Base de datos Campo Apolo [Libro Excel].

## ANEXO 11. Data de producción por prueba del pozo Ágata 5D.

| Prof. Zona abierta (TVD) | Presión estática | Nivel fluido mín | G.E   | Prof. Bomba | Qmax | Pwf min | Pip min | Sumergencia min |
|--------------------------|------------------|------------------|-------|-------------|------|---------|---------|-----------------|
| 3141                     | 1329             | 2.730            | 0,974 | 2755        | 3314 | 174     | 9       | 25              |

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP  | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW  | Pwf  | IP   | %DD   |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|------|-------|-------------|-------|------|------|-------|
|           |      |      |      |     |     |     |          | 1329 |       |             |       | 1329 |      |       |
| 02-ene-14 |      | 168  | 168  | BM  | 10  |     | 1        | 924  | 605   | 2165        | 100   | 1090 | 0,70 | 18,03 |
| 04-ene-14 |      | 127  | 127  | BM  | 10  |     | 1        |      |       |             | 100   |      |      |       |
| 05-ene-14 | 36   | 97   | 133  | BM  | 10  |     | 1        |      |       |             | 72,81 |      |      |       |
| 06-ene-14 | 117  | 10   | 126  | BM  | 10  |     | 1        |      |       |             | 7,76  |      |      |       |
| 10-ene-14 | 109  | 14   | 123  | BM  | 10  |     | 1        |      |       |             | 11,04 |      |      |       |
| 13-ene-14 | 105  | 15   | 120  | BM  | 10  |     | 1        |      |       |             | 12,54 |      |      |       |
| 14-ene-14 | 113  | 16   | 129  | BM  | 10  |     | 1        | 782  | 468   | 1831        | 12,03 | 947  | 0,34 | 28,76 |
| 15-ene-14 | 95   | 13   | 107  | BM  | 10  |     | 1        | 782  | 468   | 1831        | 11,77 | 947  | 0,28 | 28,76 |
| 16-ene-14 | 98   | 13   | 111  | BM  | 10  |     | 1        | 980  | 468   | 2295        | 11,95 | 1145 | 0,61 | 13,85 |
| 22-ene-14 | 140  | 48   | 188  | BM  | 10  |     | 1,5      | 986  | 454   | 2309        | 25,35 | 1151 | 1,05 | 13,40 |
| 26-ene-14 | 125  | 52   | 177  | BM  | 10  |     | 1,5      | 949  | 536   | 2222        | 29,38 | 1114 | 0,82 | 16,20 |
| 27-ene-14 | 126  | 52   | 178  | BM  | 10  |     | 1,5      |      |       |             | 29,31 |      |      |       |
| 28-ene-14 | 121  | 49   | 170  | BM  | 10  |     | 1,5      | 960  | 509   | 2249        | 28,81 | 1125 | 0,84 | 15,33 |
| 29-ene-14 | 129  | 51   | 180  | BM  | 10  |     | 1,5      |      |       |             | 28,48 |      |      |       |
| 30-ene-14 | 132  | 55   | 187  | BM  | 10  |     | 1,5      |      |       |             | 29,39 |      |      |       |
| 31-ene-14 | 162  | 55   | 216  | BM  | 10  |     | 2        | 924  | 594   | 2164        | 25,27 | 1089 | 0,90 | 18,06 |
| 06-feb-14 | 163  | 92   | 256  | BM  | 10  |     | 2        |      |       |             | 36,11 |      |      |       |
| 07-feb-14 | 164  | 94   | 259  | BM  | 10  |     | 2        | 924  | 595   | 2163        | 36,48 | 1089 | 1,07 | 18,09 |
| 18-feb-14 | 181  | 83   | 264  | BM  | 10  |     | 2        | 920  | 603   | 2155        | 31,30 | 1085 | 1,08 | 18,35 |
| 21-feb-14 | 170  | 91   | 261  | BM  | 10  |     | 2        | 914  | 617   | 2141        | 34,89 | 1079 | 1,04 | 18,80 |
| 24-feb-14 | 162  | 90   | 252  | BM  | 10  |     | 2        |      |       |             | 35,79 |      |      |       |
| 02-mar-14 | 144  | 68   | 211  | BM  | 10  |     | 2        | 754  | 753   | 1766        | 32,04 | 919  | 0,52 | 30,85 |
| 03-mar-14 | 149  | 68   | 217  | BM  | 10  |     | 2        |      |       |             | 31,44 |      |      |       |
| 04-mar-14 | 162  | 70   | 232  | BM  | 10  |     | 2        | 938  | 562   | 2196        | 30,29 | 1103 | 1,02 | 17,03 |
| 07-mar-14 | 195  | 86   | 281  | BM  | 10  |     | 2,2      | 927  | 586   | 2172        | 30,54 | 1093 | 1,19 | 17,80 |
| 08-mar-14 | 189  | 84   | 272  | BM  | 10  |     | 2,2      | 928  | 584   | 2174        | 30,73 | 1093 | 1,16 | 17,74 |
| 13-mar-14 | 152  | 127  | 279  | BM  | 10  |     | 2,4      | 933  | 573   | 2185        | 45,60 | 1098 | 1,21 | 17,39 |
| 14-mar-14 | 164  | 138  | 301  | BM  | 10  |     | 2,5      | 909  | 628   | 2129        | 45,66 | 1074 | 1,18 | 19,19 |
| 15-mar-14 | 175  | 137  | 312  | BM  | 10  |     | 2,5      | 909  | 628   | 2129        | 43,81 | 1074 | 1,22 | 19,19 |
| 18-mar-14 | 165  | 128  | 293  | BM  | 5   |     | 2,5      | 909  | 628   | 2129        | 43,67 | 1074 | 1,15 | 19,19 |

## ANEXO 11. (Continuación).

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP  | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW  | Pwf  | IP   | %DD   |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|------|-------|-------------|-------|------|------|-------|
| 19-mar-14 | 174  | 133  | 307  | BM  | 5   |     | 2,5      | 909  | 628   | 2129        | 43,18 | 1074 | 1,20 | 19,19 |
| 21-mar-14 | 173  | 129  | 302  | BM  | 5   |     | 2,5      |      |       |             | 42,79 |      |      |       |
| 22-mar-14 | 173  | 128  | 302  | BM  | 5   |     | 2,5      |      |       |             | 42,57 |      |      |       |
| 24-mar-14 | 192  | 125  | 317  | BM  | 5   |     | 2,5      |      |       |             | 39,45 |      |      |       |
| 30-mar-14 | 177  | 116  | 293  | BM  |     |     | 2,5      |      |       |             | 39,58 |      |      |       |
| 11-may-14 | 143  | 180  | 323  | BM  | 5   |     | 2,5      | 936  | 565   | 2193        | 55,67 | 1102 | 1,42 | 17,13 |
| 22-may-14 | 126  | 155  | 281  | BM  | 5   |     | 2,5      | 712  | 852   | 1668        | 55,12 | 877  | 0,62 | 33,99 |
| 25-may-14 | 112  | 204  | 316  | BM  | 5   |     | 2,5      |      |       |             | 64,44 |      |      |       |
| 29-may-14 | 112  | 282  | 394  | BM  | 5   |     | 3,1      | 928  | 584   | 2174        | 71,57 | 1093 | 1,67 | 17,74 |
| 30-may-14 | 108  | 272  | 380  | BM  | 5   |     | 3,1      |      |       |             | 71,67 |      |      |       |
| 01-jun-14 | 180  | 216  | 396  | BM  | 5   |     | 3,1      | 1060 | 274   | 2483        | 54,51 | 1225 | 3,81 |       |
| 18-jun-14 | 155  | 258  | 413  | BM  | 5   |     | 3,1      |      |       |             | 62,35 |      |      |       |
| 20-jun-14 | 147  | 261  | 408  | BM  | 5   |     | 3,1      | 933  | 572   | 2186        | 63,91 | 1099 | 1,77 | 17,35 |
| 27-jun-14 | 156  | 247  | 403  | BM  | 5   |     | 3,1      |      |       |             | 61,21 |      |      |       |
| 28-jun-14 | 151  | 237  | 388  | BM  | 5   |     | 3,1      | 950  | 533   | 2224        | 61,00 | 1115 | 1,81 | 16,13 |
| 11-jul-14 | 163  | 238  | 401  | BM  | 5   |     | 3,1      |      |       |             | 59,38 |      |      |       |
| 13-jul-14 | 154  | 247  | 401  | BM  | 5   |     | 3,1      |      |       |             | 61,57 |      |      |       |
| 14-jul-14 | 153  | 248  | 400  | BM  | 5   |     | 3,1      |      |       |             | 61,86 |      |      |       |
| 16-jul-14 | 156  | 243  | 399  | BM  | 5   |     | 3,1      |      |       |             | 60,86 |      |      |       |
| 18-jul-14 | 126  | 229  | 356  | BM  | 5   |     | 3,1      |      |       |             | 64,50 |      |      |       |
| 19-jul-14 | 131  | 245  | 376  | BM  | 5   |     | 3,1      |      |       |             | 65,11 |      |      |       |
| 22-jul-14 | 95   | 277  | 372  | BM  | 5   |     | 3,1      |      |       |             | 74,37 |      |      |       |
| 23-jul-14 | 103  | 288  | 392  | BM  | 5   |     | 3,1      |      |       |             | 73,60 |      |      |       |
| 25-jul-14 | 87   | 313  | 400  | BM  | 5   |     | 3,1      |      |       |             | 78,19 |      |      |       |
| 06-ago-14 | 133  | 256  | 389  | BM  | 5   |     | 3,1      | 974  | 477   | 2280        | 65,89 | 1139 | 2,04 | 14,33 |
| 10-ago-14 | 126  | 248  | 374  | BM  | 5   |     | 3,1      | 976  | 472   | 2286        | 66,41 | 1141 | 1,99 | 14,14 |
| 25-ago-14 | 138  | 266  | 404  | BM  | 5   |     | 3,1      | 977  | 470   | 2288        | 65,79 | 1142 | 2,16 | 14,08 |
| 02-sep-14 | 153  | 258  | 411  | BM  | 5   |     | 3,1      | 968  | 490   | 2268        | 62,75 | 1134 | 2,10 | 14,72 |
| 03-sep-14 | 132  | 274  | 406  | BM  | 5   |     | 3,1      |      |       |             | 67,41 |      |      |       |
| 05-sep-14 | 103  | 294  | 397  | BM  | 5   |     | 3,1      | 968  | 490   | 2268        | 74,01 | 1134 | 2,03 | 14,72 |
| 09-sep-14 | 110  | 279  | 389  | BM  | 5   |     | 3,1      | 968  | 490   | 2268        | 71,74 | 1134 | 1,99 | 14,72 |
| 11-sep-14 | 137  | 271  | 408  | BM  | 5   |     | 3,1      | 983  | 457   | 2301        | 66,40 | 1148 | 2,25 | 13,66 |
| 13-sep-14 | 134  | 276  | 410  | BM  | 5   |     | 3,1      | 990  | 440   | 2318        | 67,41 | 1155 | 2,35 | 13,11 |
| 16-sep-14 | 106  | 309  | 415  | BM  | 5   |     | 3,1      |      |       |             | 74,50 |      |      |       |
| 17-sep-14 | 107  | 305  | 412  | BM  | 5   |     | 3,1      |      |       |             | 74,00 |      |      |       |



## ANEXO 11. (Continuación).

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP  | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW  | Pwf  | IP   | %DD   |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|------|-------|-------------|-------|------|------|-------|
| 18-sep-14 | 103  | 298  | 401  | BM  | 5   |     | 3,1      | 994  | 429   | 2328        | 74,22 | 1159 | 2,36 | 12,79 |
| 19-sep-14 | 104  | 302  | 405  | BM  | 5   |     | 3,1      | 1043 | 316   | 2442        | 74,41 | 1208 | 3,34 | 9,13  |
| 03-oct-14 | 132  | 292  | 424  | BM  | 5   |     | 3,1      | 1000 | 419   | 2343        | 68,91 | 1166 | 2,59 | 12,31 |
| 10-oct-14 | 126  | 290  | 416  | BM  | 5   |     | 3,1      |      |       |             | 69,62 |      |      |       |
| 17-oct-14 | 114  | 291  | 405  | BM  | 5   |     | 3,1      | 1005 | 403   | 2354        | 71,78 | 1170 | 2,55 | 11,96 |
| 20-oct-14 | 92   | 319  | 411  | BM  | 5   |     | 3,1      |      |       |             | 77,61 |      |      |       |
| 26-oct-14 | 92   | 319  | 410  | BM  | 5   |     | 3,1      | 1020 | 368   | 2389        | 77,67 | 1185 | 2,85 | 10,83 |
| 27-oct-14 | 96   | 322  | 418  | BM  | 2   |     | 3,1      | 1022 | 365   | 2393        | 77,13 | 1187 | 2,94 | 10,70 |
| 05-nov-14 | 89   | 328  | 417  | BM  | 10  |     | 3,1      | 1021 | 367   | 2391        | 78,58 | 1186 | 2,91 | 10,77 |
| 07-nov-14 | 79   | 305  | 384  | BM  | 10  |     | 3,1      | 1021 | 367   | 2391        | 79,32 | 1186 | 2,68 | 10,77 |
| 09-nov-14 | 95   | 315  | 410  | BM  | 10  |     | 3,1      | 1022 | 365   | 2393        | 76,77 | 1187 | 2,88 | 10,70 |
| 10-nov-14 | 105  | 319  | 424  | BM  | 5   |     | 3,1      | 1016 | 378   | 2380        | 75,33 | 1181 | 2,87 | 11,12 |
| 14-nov-14 | 89   | 327  | 415  | BM  | 5   |     | 3,1      | 1015 | 381   | 2377        | 78,68 | 1180 | 2,78 | 11,22 |
| 19-nov-14 | 23   | 396  | 418  | BM  | 5   |     | 3,1      | 1017 | 377   | 2381        | 94,61 | 1182 | 2,84 | 11,09 |
| 28-nov-14 | 25   | 392  | 417  | BM  | 5   |     | 3,1      | 1020 | 369   | 2389        | 94,09 | 1185 | 2,90 | 10,83 |
| 01-dic-14 | 33   | 369  | 402  | BM  | 5   |     | 3,1      |      |       |             | 91,78 |      |      |       |
| 07-dic-14 | 45   | 361  | 406  | BM  | 5   |     | 3,1      | 1026 | 355   | 2403        | 88,88 | 1191 | 2,94 | 10,38 |
| 08-dic-14 | 47   | 356  | 403  | BM  | 5   |     | 3,1      | 1029 | 348   | 2410        | 88,37 | 1194 | 2,99 | 10,16 |
| 10-dic-14 | 50   | 366  | 416  | BM  | 10  |     | 3,1      | 1036 | 330   | 2427        | 87,95 | 1201 | 3,26 | 9,61  |
| 20-dic-14 | 76   | 330  | 406  | BM  | 10  |     | 3,1      | 1034 | 337   | 2421        | 81,26 | 1199 | 3,12 | 9,81  |
| 05-ene-15 | 85   | 347  | 432  | BM  | 10  |     | 3,3      |      |       |             | 80,32 |      |      |       |
| 22-ene-15 | 89   | 373  | 463  | BM  | 10  |     | 3,3      | 1020 | 369   | 2388        | 80,67 | 1185 | 3,20 | 10,87 |
| 28-ene-15 | 70   | 388  | 458  | BM  | 10  |     | 3,3      | 809  | 624   | 1895        | 84,70 | 974  | 1,29 | 26,70 |
| 07-feb-15 | 94   | 377  | 471  | BM  | 10  | 110 | 3,5      | 1013 | 391   | 2372        | 80,05 | 1178 | 3,11 | 11,38 |
| 16-feb-15 | 87   | 454  | 542  | BM  | 10  | 110 | 3,9      | 1014 | 387   | 2375        | 83,89 | 1179 | 3,61 | 11,28 |
| 03-mar-15 | 72   | 431  | 503  | BM  | 10  | 110 | 3,9      | 892  | 675   | 2088        | 85,70 | 1057 | 1,85 | 20,50 |
| 07-mar-15 | 78   | 448  | 526  | BM  | 10  | 110 | 3,9      | 1014 | 383   | 2375        | 85,16 | 1179 | 3,51 | 11,28 |
| 12-mar-15 | 71   | 446  | 517  | BM  | 10  | 110 | 3,9      | 1012 | 388   | 2369        | 86,20 | 1177 | 3,39 | 11,48 |
| 23-mar-15 | 79   | 434  | 513  | BM  | 10  | 110 | 3,9      | 1020 | 369   | 2389        | 84,58 | 1185 | 3,57 | 10,83 |
| 27-mar-15 | 84   | 406  | 491  | BM  | 10  | 110 | 3,9      |      |       |             | 82,83 |      |      |       |
| 30-mar-15 | 88   | 424  | 512  | BM  | 10  | 110 | 3,9      | 1027 | 354   | 2404        | 82,79 | 1192 | 3,72 | 10,35 |

**Fuente.** Modificado de METAPETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Base de datos Campo Apolo [Libro Excel].

## ANEXO 12. Data de producción por prueba del pozo Ágata 6D.

| Prof. Zona abierta (TVD) | Presión estática | Nivel fluido mín | G.E   | Prof. Bomba | Qmax | Pwf min | Pip min | Sumergencia min |
|--------------------------|------------------|------------------|-------|-------------|------|---------|---------|-----------------|
| 3120                     | 1471             | 2.880            | 0,974 | 2905        |      | 101     | 9       | 25              |

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP  | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW  | Pwf  | IP   |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|------|-------|-------------|-------|------|------|
|           |      |      |      |     |     |     |          | 1471 |       |             |       | 1471 |      |
| 20-may-14 |      | 123  | 123  | BM  | 25  |     | 1        |      |       |             | 100   |      |      |
| 21-may-14 | 15   | 88   | 104  | BM  | 20  |     | 1        |      |       |             | 85,21 |      |      |
| 22-may-14 | 18   | 102  | 120  | BM  | 20  |     | 1        |      |       |             | 84,74 |      |      |
| 23-may-14 | 23   | 95   | 118  | BM  | 20  |     | 1        |      |       |             | 80,30 |      |      |
| 24-may-14 | 24   | 95   | 119  | BM  | 20  |     | 1        |      |       |             | 79,88 |      |      |
| 26-may-14 | 20   | 104  | 124  | BM  | 20  |     | 1        |      | 809   | 2095        | 83,95 | 986  | 0,25 |
| 27-may-14 | 17   | 94   | 111  | BM  | 20  |     | 1        |      |       |             | 84,71 |      |      |
| 28-may-14 | 22   | 105  | 126  | BM  | 20  |     | 1        |      |       |             | 82,74 |      |      |
| 29-may-14 | 29   | 127  | 155  | BM  | 20  |     | 1,3      |      | 1093  | 1812        | 81,54 | 865  | 0,21 |
| 30-may-14 | 38   | 165  | 203  | BM  | 20  |     | 1,6      |      |       |             | 81,21 |      |      |
| 07-jun-14 | 23   | 176  | 199  | BM  | 20  |     | 1,6      |      |       |             | 88,46 |      |      |
| 14-jun-14 | 15   | 182  | 197  | BM  | 20  |     | 1,6      |      |       |             | 92,19 |      |      |
| 19-jun-14 | 23   | 172  | 195  | BM  | 20  |     | 1,6      |      |       |             | 88,17 |      |      |
| 26-jun-14 | 13   | 163  | 176  | BM  | 25  |     | 1,6      |      |       |             | 92,48 |      |      |
| 19-jul-14 | 4    | 207  | 210  | BM  | 40  |     | 1,6      |      |       |             | 98,27 |      |      |

**Fuente.** Modificado de METAPETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Base de datos Campo Apolo [Libro Excel].

### ANEXO 13. Data de producción por prueba del pozo Ágata 7H.

| Prof. Zona abierta (TVD) | Presión estática | Nivel fluido mín | G.E   | Prof. Bomba | Qmax  | Pwf min | Pip min | Sumergencia min |
|--------------------------|------------------|------------------|-------|-------------|-------|---------|---------|-----------------|
| 3141                     | 1329             | 2.654            | 0,974 | 2854        | 12207 | 205     | 83      | 200             |

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP  | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW  | Pwf  | IP    | %DD  |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|------|-------|-------------|-------|------|-------|------|
|           |      |      |      |     |     |     |          | 1329 |       |             |       | 1329 |       |      |
| 31-mar-14 |      | 475  | 475  | ESP | 5   |     | 28       |      |       |             | 100   |      |       |      |
| 01-abr-14 | 51   | 130  | 181  | ESP | 5   |     | 28       |      |       |             | 71,75 |      |       |      |
| 06-abr-14 | 273  | 387  | 660  | ESP | 5   |     | 28       | 1110 | 280   | 2600        | 58,64 | 1233 | 6,86  | 7,24 |
| 08-abr-14 | 162  | 514  | 676  | ESP | 5   |     | 28       | 1117 | 264   | 2616        | 76,00 | 1240 | 7,56  | 6,72 |
| 09-abr-14 | 59   | 543  | 602  | ESP | 5   |     | 28       | 1117 | 264   | 2616        | 90,13 | 1240 | 6,74  | 6,72 |
| 10-abr-14 | 60   | 633  | 693  | ESP | 5   |     | 28       |      |       |             | 91,40 |      |       |      |
| 11-abr-14 | 69   | 646  | 716  | ESP | 5   |     | 28       | 1125 | 245   | 2635        | 90,30 | 1248 | 8,81  | 6,11 |
| 12-abr-14 | 81   | 618  | 699  | ESP | 5   |     | 28       | 1127 | 241   | 2639        | 88,40 | 1249 | 8,79  | 5,98 |
| 13-abr-14 | 85   | 612  | 697  | ESP | 5   |     | 28       | 1128 | 238   | 2642        | 87,85 | 1251 | 8,91  | 5,89 |
| 14-abr-14 | 78   | 638  | 716  | ESP | 5   |     | 28       | 1129 | 236   | 2644        | 89,08 | 1252 | 9,25  | 5,82 |
| 17-abr-14 | 52   | 630  | 682  | ESP | 5   |     | 28       | 1131 | 231   | 2649        | 92,32 | 1254 | 9,07  | 5,66 |
| 18-abr-14 | 44   | 645  | 689  | ESP | 5   |     | 28       | 1131 | 231   | 2649        | 93,63 | 1254 | 9,16  | 5,66 |
| 19-abr-14 | 45   | 672  | 717  | ESP | 5   |     | 28       | 1132 | 229   | 2651        | 93,74 | 1255 | 9,64  | 5,60 |
| 22-abr-14 | 39   | 677  | 716  | ESP | 5   |     | 28       | 1133 | 227   | 2653        | 94,53 | 1255 | 9,74  | 5,53 |
| 24-abr-14 | 35   | 658  | 693  | ESP | 5   |     | 28       | 1133 | 227   | 2653        | 95,00 | 1255 | 9,42  | 5,53 |
| 25-abr-14 | 40   | 683  | 723  | ESP | 5   |     | 28       | 1133 | 227   | 2653        | 94,52 | 1255 | 9,83  | 5,53 |
| 26-abr-14 | 39   | 707  | 746  | ESP | 5   |     | 28       | 1133 | 227   | 2653        | 94,83 | 1255 | 10,14 | 5,53 |
| 28-abr-14 | 32   | 683  | 715  | ESP | 5   |     | 28       | 1134 | 224   | 2656        | 95,58 | 1257 | 9,90  | 5,44 |
| 29-abr-14 | 34   | 687  | 722  | ESP | 5   |     | 28       | 1134 | 224   | 2656        | 95,23 | 1257 | 9,99  | 5,44 |
| 30-abr-14 | 29   | 692  | 721  | ESP | 5   |     | 28       | 1134 | 224   | 2656        | 95,96 | 1257 | 9,98  | 5,44 |
| 01-may-14 | 31   | 694  | 725  | ESP | 5   |     | 28       | 1136 | 220   | 2660        | 95,75 | 1258 | 10,27 | 5,31 |
| 02-may-14 | 35   | 676  | 710  | ESP | 5   |     | 28       | 1136 | 220   | 2660        | 95,13 | 1258 | 10,07 | 5,31 |
| 03-may-14 | 37   | 705  | 742  | ESP | 5   |     | 28       | 1136 | 220   | 2660        | 95,03 | 1258 | 10,53 | 5,31 |
| 04-may-14 | 36   | 676  | 712  | ESP | 5   |     | 28       | 1136 | 220   | 2660        | 94,96 | 1258 | 10,10 | 5,31 |
| 15-jun-14 | 44   | 708  | 752  | ESP | 5   |     | 29       | 1137 | 217   | 2663        | 94,15 | 1260 | 10,87 | 5,21 |
| 17-jun-14 | 34   | 721  | 756  | ESP | 5   |     | 29       | 1136 | 220   | 2660        | 95,49 | 1258 | 10,71 | 5,31 |
| 18-jun-14 | 41   | 719  | 759  | ESP | 5   |     | 29       | 1137 | 217   | 2663        | 94,66 | 1260 | 10,96 | 5,21 |
| 19-jun-14 | 36   | 749  | 785  | ESP | 5   |     | 29       | 1137 | 217   | 2663        | 95,35 | 1260 | 11,34 | 5,21 |
| 22-jun-14 | 24   | 744  | 768  | ESP | 5   |     | 29       | 1137 | 217   | 2663        | 96,87 | 1260 | 11,09 | 5,21 |
| 24-jun-14 | 36   | 741  | 777  | ESP | 5   |     | 29       | 1137 | 217   | 2663        | 95,35 | 1260 | 11,22 | 5,21 |

### ANEXO 13. (Continuación).

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP  | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW  | Pwf  | IP    | %DD  |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|------|-------|-------------|-------|------|-------|------|
| 06-jul-14 | 38   | 774  | 812  | ESP |     |     | 29       | 1137 | 217   | 2663        | 95,31 | 1260 | 11,73 | 5,21 |
| 11-dic-14 | 30   | 639  | 669  | ESP | 80  |     | 29       | 1140 | 210   | 2670        | 95,51 | 1263 | 10,10 | 4,99 |
| 16-dic-14 | 22   | 649  | 671  | ESP | 80  |     | 29       | 1142 | 206   | 2674        | 96,67 | 1264 | 10,40 | 4,86 |
| 21-dic-14 | 30   | 653  | 683  | ESP | 80  |     | 29       | 1142 | 206   | 2674        | 95,63 | 1264 | 10,58 | 4,86 |
| 06-ene-15 | 16   | 679  | 695  | ESP | 90  |     | 30       | 1142 | 206   | 2674        | 97,72 | 1264 | 10,77 | 4,86 |
| 17-ene-15 | 15   | 664  | 679  | ESP | 90  |     | 30       | 1142 | 206   | 2674        | 97,80 | 1264 | 10,52 | 4,86 |
| 23-ene-15 | 17   | 710  | 727  | ESP | 90  |     | 30       | 1142 | 206   | 2674        | 97,70 | 1264 | 11,26 | 4,86 |
| 28-ene-15 | 21   | 675  | 696  | ESP | 90  |     | 30       | 1142 | 206   | 2674        | 96,96 | 1264 | 10,78 | 4,86 |
| 01-feb-15 | 19   | 695  | 714  | ESP | 90  | 130 | 30       | 1142 | 206   | 2674        | 97,35 | 1264 | 11,06 | 4,86 |
| 04-feb-15 | 22   | 671  | 694  | ESP | 90  | 130 | 30       | 1142 | 206   | 2674        | 96,77 | 1264 | 10,75 | 4,86 |
| 18-feb-15 | 8    | 688  | 696  | ESP | 90  | 130 | 30       |      |       |             | 98,83 |      |       |      |
| 01-mar-15 | 21   | 701  | 722  | ESP | 90  | 136 | 30       |      |       |             | 97,11 |      |       |      |
| 14-mar-15 | 16   | 665  | 680  | ESP | 90  | 136 | 30       | 1143 | 203   | 2677        | 97,67 | 1266 | 10,75 | 4,76 |
| 18-mar-15 | 14   | 666  | 680  | ESP | 90  | 136 | 30       | 1143 | 203   | 2677        | 97,91 | 1266 | 10,75 | 4,76 |
| 21-mar-15 | 17   | 675  | 692  | ESP | 90  | 136 | 30       | 1143 | 203   | 2677        | 97,54 | 1266 | 10,94 | 4,76 |
| 24-mar-15 | 18   | 672  | 689  | ESP | 90  | 136 | 30       | 1143 | 203   | 2677        | 97,41 | 1266 | 10,90 | 4,76 |
| 28-mar-15 | 20   | 688  | 707  | ESP | 90  | 136 | 30       | 1143 | 203   | 2677        | 97,24 | 1266 | 11,17 | 4,76 |

**Fuente.** Modificado de METAPETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Base de datos Campo Apolo [Libro Excel].

## ANEXO 14. Data de producción por prueba del pozo Ágata 8D.

| Prof. Zona abierta (TVD) | Presión estática | Nivel fluido mín | G.E   | Prof. Bomba | Qmax | Pwf min | Pip min | Sumergencia min |
|--------------------------|------------------|------------------|-------|-------------|------|---------|---------|-----------------|
| 3134                     | 1332             | 2.806            | 0,974 | 3006        | 2788 | 139     | 84      | 200             |

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP  | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW  | Pwf  | IP   | %DD   |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|------|-------|-------------|-------|------|------|-------|
| 17-abr-14 | 46   | 2    | 49   | ESP | 30  |     | 31       |      |       |             | 5,09  |      |      |       |
| 19-abr-14 | 50   | 3    | 53   | ESP | 30  |     | 31       |      |       |             | 5,08  |      |      |       |
| 20-abr-14 | 48   | 2    | 51   | ESP | 30  |     | 31       |      |       |             | 4,43  |      |      |       |
| 21-abr-14 | 48   | 2    | 50   | ESP | 30  |     | 31       |      |       |             | 4,68  |      |      |       |
| 22-abr-14 | 45   | 2    | 48   | ESP | 30  |     | 31       |      |       |             | 4,93  |      |      |       |
| 24-abr-14 | 48   | 3    | 51   | ESP | 30  |     | 31       |      |       |             | 5,04  |      |      |       |
| 25-abr-14 | 43   | 2    | 45   | ESP | 30  |     | 31       |      |       |             | 5,01  |      |      |       |
| 27-abr-14 | 49   | 4    | 53   | ESP | 50  |     | 35       |      |       |             | 6,93  |      |      |       |
| 28-abr-14 | 48   | 4    | 52   | ESP | 42  |     | 35       |      |       |             | 7,38  |      |      |       |
| 28-may-14 | 73   | 122  | 194  | ESP | 80  |     | 33       |      |       |             | 62,59 |      |      |       |
| 25-jun-14 | 16   | 217  | 233  | ESP | 80  |     | 33       | 1147 | 328   | 2686        | 93,10 | 1202 | 1,66 | 9,79  |
| 16-jul-14 | 7    | 190  | 197  | ESP | 80  |     | 33       | 1147 | 328   | 2686        | 96,37 | 1202 | 1,46 | 9,79  |
| 23-jul-14 | 16   | 264  | 280  | ESP | 80  |     | 33       | 1147 | 328   | 2686        | 94,45 | 1202 | 2,03 | 9,79  |
| 26-ago-14 | 26   | 247  | 273  | ESP | 80  |     | 33       | 1154 | 311   | 2703        | 90,39 | 1209 | 2,00 | 9,24  |
| 03-sep-14 | 18   | 267  | 286  | ESP | 80  |     | 33       | 1155 | 309   | 2705        | 93,58 | 1210 | 2,19 | 9,18  |
| 10-sep-14 | 18   | 288  | 305  | ESP | 80  |     | 33       | 1154 | 311   | 2703        | 94,18 | 1209 | 2,34 | 9,24  |
| 23-sep-14 | 30   | 248  | 278  | ESP | 100 |     | 33       | 1160 | 297   | 2717        | 89,27 | 1215 | 2,12 | 8,79  |
| 01-oct-14 | 28   | 247  | 275  | ESP | 100 |     | 33       | 1162 | 293   | 2721        | 89,81 | 1217 | 2,14 | 8,67  |
| 25-oct-14 | 28   | 303  | 331  | ESP | 110 |     | 34       | 1165 | 286   | 2728        | 91,53 | 1220 | 2,69 | 8,44  |
| 22-nov-14 | 14   | 322  | 336  | ESP | 130 |     | 35       | 1164 | 288   | 2726        | 95,84 | 1219 | 2,84 | 8,51  |
| 22-dic-14 | 19   | 477  | 496  | ESP | 80  |     | 37       | 1140 | 344   | 2670        | 96,18 | 1195 | 3,48 | 10,30 |
| 18-ene-15 | 53   | 553  | 606  | ESP |     |     | 37       | 1126 | 377   | 2637        | 91,26 | 1181 | 3,66 | 11,36 |
| 12-feb-15 | 36   | 612  | 647  | ESP |     | 136 | 37       | 1128 | 372   | 2642        | 94,50 | 1183 | 4,10 | 11,21 |
| 04-mar-15 | 32   | 632  | 664  | ESP |     | 130 | 40       | 1123 | 384   | 2630        | 95,17 | 1178 | 4,10 | 11,58 |
| 07-mar-15 | 32   | 655  | 688  | ESP |     | 130 | 40       | 1127 | 1141  | 1874        | 95,28 | 1182 | 4,36 | 11,28 |
| 11-mar-15 | 33   | 656  | 689  | ESP |     | 130 | 40       | 1127 | 375   | 2639        | 95,17 | 1182 | 4,36 | 11,28 |
| 18-mar-15 | 31   | 665  | 697  | ESP |     | 130 | 40       | 1127 | 375   | 2639        | 95,49 | 1182 | 4,43 | 11,28 |
| 21-mar-15 | 34   | 672  | 706  | ESP |     | 130 | 40       | 1127 | 375   | 2639        | 95,12 | 1182 | 4,47 | 11,28 |
| 24-mar-15 | 38   | 667  | 705  | ESP |     | 130 | 40       | 1127 | 375   | 2639        | 94,60 | 1182 | 4,44 | 11,28 |
| 26-mar-15 | 40   | 704  | 744  | ESP |     | 130 | 40       | 1127 | 375   | 2639        | 94,66 | 1182 | 4,69 | 11,28 |

**Fuente.** Modificado de METAPETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Base de datos Campo Apolo [Libro Excel].

## ANEXO 15. Data de producción por prueba del pozo Ágata 9DST.

| Prof. Zona abierta (TVD) | Presión estática | Nivel fluido mín | G.E   | Prof. Bomba | Qmax | Pwf min | Pip min | Sumergencia min |
|--------------------------|------------------|------------------|-------|-------------|------|---------|---------|-----------------|
| 3124                     | 1336             | 2.723            | 0,974 | 2748        | 946  | 169     | 9       | 25              |

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP  | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW   | Pwf  | IP   | %DD   |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|------|-------|-------------|--------|------|------|-------|
|           |      |      |      |     |     |     |          | 1336 |       |             |        | 1336 |      |       |
| 25-ago-14 | 0    | 124  | 124  | BM  | 4   | 144 | 1        |      |       |             | 100,00 |      |      |       |
| 29-ago-14 | 71   | 37   | 107  | BM  | 6   | 144 | 1        |      |       |             | 34,16  |      |      |       |
| 31-ago-14 | 84   | 37   | 121  | BM  | 6   | 144 | 1        |      |       |             | 30,87  |      |      |       |
| 01-sep-14 | 83   | 36   | 119  | BM  | 6   | 144 | 1        |      |       |             | 30,36  |      |      |       |
| 02-sep-14 | 83   | 37   | 120  | BM  | 6   | 144 | 1        |      |       |             | 30,62  |      |      |       |
| 05-sep-14 | 88   | 39   | 127  | BM  | 6   | 144 | 1        |      |       |             | 30,87  |      |      |       |
| 10-sep-14 | 62   | 64   | 126  | BM  | 6   |     | 1        | 1020 | 378   | 2389        | 50,42  | 1181 | 0,81 | 11,63 |
| 11-sep-14 | 58   | 61   | 119  | BM  | 6   |     | 1        | 1035 | 342   | 2425        | 51,06  | 1196 | 0,85 | 10,48 |
| 14-sep-14 | 43   | 83   | 126  | BM  | 6   |     | 1        |      |       |             | 65,65  |      |      |       |
| 15-sep-14 | 52   | 71   | 124  | BM  | 8   |     | 1        |      |       |             | 57,72  |      |      |       |
| 16-sep-14 | 46   | 88   | 134  | BM  | 8   |     | 1        | 1039 | 334   | 2433        | 65,92  | 1200 | 0,98 | 10,23 |
| 19-sep-14 | 44   | 83   | 127  | BM  | 6   |     | 1        | 1052 | 303   | 2464        | 65,05  | 1213 | 1,03 | 9,23  |
| 20-sep-14 | 39   | 90   | 129  | BM  | 6   |     | 1        |      |       |             | 69,70  |      |      |       |
| 21-sep-14 | 36   | 85   | 121  | BM  | 6   |     | 1        |      |       |             | 70,32  |      |      |       |
| 22-sep-14 | 37   | 92   | 129  | BM  | 6   |     | 1,05     | 1061 | 282   | 2485        | 71,16  | 1222 | 1,12 | 8,56  |
| 23-sep-14 | 38   | 89   | 126  | BM  | 10  |     | 1,05     |      |       |             | 70,06  |      |      |       |
| 26-sep-14 | 36   | 81   | 117  | BM  | 10  |     | 1,05     | 1059 | 288   | 2479        | 69,14  | 1219 | 1,00 | 8,76  |
| 27-sep-14 | 34   | 88   | 123  | BM  | 10  |     | 1,05     | 1159 | 45    | 2714        | 72,00  | 1320 | 7,37 | 1,25  |
| 28-sep-14 | 28   | 77   | 105  | BM  | 10  |     | 1,05     | 1059 | 286   | 2481        | 73,50  | 1220 | 0,91 | 8,69  |
| 29-sep-14 | 29   | 86   | 116  | BM  | 10  |     | 1,05     | 1065 | 273   | 2494        | 74,54  | 1226 | 1,05 | 8,28  |
| 30-sep-14 | 33   | 83   | 116  | BM  | 10  |     | 1,05     | 1060 | 276   | 2483        | 71,74  | 1221 | 1,00 | 8,63  |
| 01-oct-14 | 30   | 78   | 108  | BM  | 10  |     | 1,05     |      |       |             | 72,11  |      |      |       |
| 03-oct-14 | 36   | 80   | 116  | BM  | 10  |     | 1,05     | 1067 | 260   | 2499        | 69,26  | 1228 | 1,07 | 8,12  |
| 04-oct-14 | 39   | 91   | 129  | BM  | 10  |     | 1,05     |      |       |             | 70,24  |      |      |       |
| 05-oct-14 | 35   | 88   | 122  | BM  | 10  |     | 1,05     | 1077 | 244   | 2523        | 71,69  | 1238 | 1,24 | 7,35  |
| 09-oct-14 | 26   | 98   | 125  | BM  | 10  |     | 1,05     | 1075 | 249   | 2518        | 78,90  | 1236 | 1,24 | 7,51  |
| 10-oct-14 | 23   | 95   | 118  | BM  | 10  |     | 1,05     |      |       |             | 80,55  |      |      |       |
| 11-oct-14 | 27   | 101  | 128  | BM  | 10  |     | 1,05     | 1078 | 243   | 2524        | 78,64  | 1239 | 1,31 | 7,32  |
| 12-oct-14 | 22   | 107  | 129  | BM  | 10  |     | 1,05     | 1078 | 242   | 2525        | 82,90  | 1239 | 1,33 | 7,29  |
| 13-oct-14 | 27   | 97   | 124  | BM  | 10  |     | 1,05     |      |       |             | 78,38  |      |      |       |

## ANEXO 15. (Continuación).

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP  | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW  | Pwf  | IP   | %DD  |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|------|-------|-------------|-------|------|------|------|
| 14-oct-14 | 27   | 94   | 120  | BM  | 10  |     | 1,05     |      |       |             | 77,95 |      |      |      |
| 15-oct-14 | 29   | 100  | 128  | BM  | 10  |     | 1,3      | 1067 | 269   | 2498        | 77,73 | 1227 | 1,18 | 8,15 |
| 19-oct-14 | 40   | 110  | 150  | BM  | 10  |     | 1,3      | 1077 | 244   | 2523        | 73,35 | 1238 | 1,53 | 7,35 |
| 20-oct-14 | 41   | 130  | 171  | BM  | 10  |     | 1,5      |      |       |             | 75,96 |      |      |      |
| 21-oct-14 | 43   | 152  | 195  | BM  | 10  |     | 1,5      | 1074 | 252   | 2515        | 78,02 | 1235 | 1,92 | 7,61 |
| 23-oct-14 | 30   | 146  | 176  | BM  | 10  |     | 1,5      | 1076 | 247   | 2520        | 82,96 | 1237 | 1,76 | 7,45 |
| 28-oct-14 | 28   | 158  | 186  | BM  | 10  |     | 1,5      | 1076 | 246   | 2521        | 85,05 | 1237 | 1,87 | 7,41 |
| 29-oct-14 | 27   | 149  | 176  | BM  | 10  |     | 1,5      | 1076 | 246   | 2521        | 84,52 | 1237 | 1,78 | 7,41 |
| 31-oct-14 | 32   | 156  | 187  | BM  | 10  |     | 1,5      | 1087 | 221   | 2546        | 83,02 | 1248 | 2,12 | 6,61 |
| 02-nov-14 | 27   | 151  | 178  | BM  | 10  |     | 1,5      |      |       |             | 84,91 |      |      |      |
| 03-nov-14 | 17   | 164  | 181  | BM  | 10  |     | 1,5      |      |       |             | 90,83 |      |      |      |
| 04-nov-14 | 19   | 164  | 184  | BM  | 10  |     | 1,5      | 1089 | 216   | 2551        | 89,51 | 1250 | 2,13 | 6,46 |
| 05-nov-14 | 28   | 152  | 180  | BM  | 10  |     | 1,5      | 1091 | 213   | 2554        | 84,28 | 1251 | 2,12 | 6,36 |
| 06-nov-14 | 14   | 159  | 174  | BM  | 10  |     | 1,5      | 1089 | 216   | 2551        | 91,71 | 1250 | 2,01 | 6,46 |
| 07-nov-14 | 18   | 152  | 169  | BM  | 10  |     | 1,5      | 1089 | 216   | 2551        | 89,54 | 1250 | 1,96 | 6,46 |
| 08-nov-14 | 18   | 164  | 182  | BM  | 14  |     | 1,5      | 1089 | 217   | 2550        | 90,30 | 1250 | 2,10 | 6,49 |
| 09-nov-14 | 14   | 157  | 171  | BM  | 14  |     | 1,5      | 1074 | 251   | 2516        | 91,69 | 1235 | 1,69 | 7,57 |
| 10-nov-14 | 16   | 169  | 185  | BM  | 14  |     | 1,5      | 1090 | 215   | 2552        | 91,21 | 1251 | 2,16 | 6,42 |
| 11-nov-14 | 17   | 171  | 188  | BM  | 8   |     | 1,5      | 1087 | 221   | 2546        | 90,80 | 1248 | 2,13 | 6,61 |
| 12-nov-14 | 18   | 158  | 176  | BM  | 8   |     | 1,5      |      |       |             | 89,89 |      |      |      |
| 13-nov-14 | 18   | 171  | 189  | BM  | 8   |     | 1,5      | 1085 | 225   | 2542        | 90,60 | 1246 | 2,09 | 6,74 |
| 14-nov-14 | 18   | 171  | 189  | BM  | 8   |     | 1,5      | 1085 | 226   | 2541        | 90,69 | 1246 | 2,08 | 6,77 |
| 15-nov-14 | 17   | 171  | 187  | BM  | 8   |     | 1,5      | 1086 | 223   | 2543        | 91,14 | 1247 | 2,09 | 6,71 |
| 16-nov-14 | 19   | 176  | 195  | BM  | 8   |     | 1,7      | 1086 | 223   | 2544        | 90,34 | 1247 | 2,18 | 6,68 |
| 21-nov-14 | 22   | 221  | 243  | BM  | 8   |     | 2        | 1079 | 239   | 2528        | 90,88 | 1240 | 2,53 | 7,19 |
| 23-nov-14 | 22   | 223  | 245  | BM  | 8   |     | 2        | 1080 | 237   | 2530        | 90,89 | 1241 | 2,57 | 7,13 |
| 24-nov-14 | 22   | 222  | 244  | BM  | 8   |     | 2        | 1083 | 230   | 2537        | 90,91 | 1244 | 2,64 | 6,90 |
| 25-nov-14 | 20   | 229  | 249  | BM  | 8   |     | 2        | 1083 | 230   | 2537        | 92,06 | 1244 | 2,69 | 6,90 |
| 27-nov-14 | 17   | 253  | 270  | BM  | 8   |     | 2,2      |      |       |             | 93,64 |      |      |      |
| 28-nov-14 | 21   | 248  | 270  | BM  | 8   |     | 2,2      | 1086 | 224   | 2543        | 92,10 | 1247 | 3,01 | 6,71 |
| 30-nov-14 | 21   | 245  | 266  | BM  | 8   |     | 2,2      | 1087 | 221   | 2546        | 92,07 | 1248 | 3,01 | 6,61 |
| 01-dic-14 | 20   | 231  | 251  | BM  | 8   |     | 2,2      |      |       |             | 91,99 |      |      |      |
| 02-dic-14 | 22   | 246  | 268  | BM  | 8   |     | 2,2      | 1088 | 218   | 2549        | 91,75 | 1249 | 3,07 | 6,52 |
| 04-dic-14 | 25   | 252  | 277  | BM  | 8   |     | 2,2      |      |       |             | 90,99 |      |      |      |
| 06-dic-14 | 26   | 244  | 271  | BM  | 8   |     | 2,2      |      |       |             | 90,27 |      |      |      |
| 07-dic-14 | 24   | 253  | 277  | BM  | 8   |     | 2,2      |      |       |             | 91,21 |      |      |      |

### ANEXO 15. (Continuación).

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP  | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW  | Pwf  | IP   | %DD  |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|------|-------|-------------|-------|------|------|------|
| 08-dic-14 | 24   | 240  | 264  | BM  | 8   |     | 2,2      | 1084 | 229   | 2538        | 90,92 | 1245 | 2,88 | 6,87 |
| 09-dic-14 | 25   | 251  | 276  | BM  | 8   |     | 2,2      |      |       |             | 90,78 |      |      |      |
| 10-dic-14 | 26   | 239  | 265  | BM  | 8   |     | 2,2      | 1084 | 229   | 2538        | 90,26 | 1245 | 2,88 | 6,87 |
| 11-dic-14 | 24   | 242  | 266  | BM  | 8   |     | 2,2      |      |       |             | 90,86 |      |      |      |
| 12-dic-14 | 22   | 242  | 264  | BM  | 8   |     | 2,2      | 1084 | 229   | 2538        | 91,62 | 1245 | 2,88 | 6,87 |
| 13-dic-14 | 21   | 242  | 263  | BM  | 8   |     | 2,2      |      |       |             | 92,10 |      |      |      |
| 14-dic-14 | 17   | 247  | 263  | BM  | 8   |     | 2,2      | 1084 | 229   | 2538        | 93,70 | 1245 | 2,87 | 6,87 |
| 15-dic-14 | 18   | 245  | 263  | BM  | 8   |     | 2,2      |      |       |             | 93,08 |      |      |      |
| 16-dic-14 | 19   | 250  | 269  | BM  | 8   |     | 2,2      | 1084 | 229   | 2538        | 92,84 | 1245 | 2,93 | 6,87 |
| 17-dic-14 | 19   | 251  | 270  | BM  | 8   |     | 2,2      | 1084 | 229   | 2538        | 92,98 | 1245 | 2,94 | 6,87 |
| 20-dic-14 | 24   | 244  | 268  | BM  | 8   |     | 2,2      | 1088 | 220   | 2547        | 91,18 | 1248 | 3,05 | 6,58 |
| 21-dic-14 | 27   | 238  | 265  | BM  | 8   |     | 2,2      | 1088 | 220   | 2547        | 89,83 | 1248 | 3,02 | 6,58 |
| 22-dic-14 | 28   | 233  | 260  | BM  | 8   |     | 2,2      | 1089 | 217   | 2550        | 89,37 | 1250 | 3,00 | 6,49 |
| 25-dic-14 | 28   | 259  | 286  | BM  | 8   |     | 2,4      | 1088 | 219   | 2548        | 90,39 | 1249 | 3,27 | 6,55 |
| 27-dic-14 | 19   | 280  | 299  | BM  | 8   |     | 2,4      |      |       |             | 93,75 |      |      |      |
| 28-dic-14 | 20   | 281  | 301  | BM  | 8   |     | 2,4      |      |       |             | 93,34 |      |      |      |
| 30-dic-14 | 18   | 271  | 289  | BM  | 8   |     | 2,4      |      |       |             | 93,70 |      |      |      |
| 01-ene-15 | 20   | 278  | 298  | BM  | 8   |     | 2,4      |      |       |             | 93,17 |      |      |      |
| 03-ene-15 | 21   | 274  | 294  | BM  | 8   |     | 2,4      |      |       |             | 93,03 |      |      |      |
| 05-ene-15 | 24   | 279  | 303  | BM  | 8   |     | 2,4      |      |       |             | 91,96 |      |      |      |
| 08-ene-15 | 22   | 278  | 301  | BM  | 8   |     | 2,4      |      |       |             | 92,54 |      |      |      |
| 09-ene-15 | 21   | 262  | 284  | BM  | 8   |     | 2,4      |      |       |             | 92,47 |      |      |      |
| 12-ene-15 | 23   | 277  | 301  | BM  | 8   |     | 2,4      |      |       |             | 92,25 |      |      |      |
| 13-ene-15 | 19   | 277  | 296  | BM  | 8   |     | 2,4      |      |       |             | 93,69 |      |      |      |
| 14-ene-15 | 15   | 282  | 297  | BM  | 8   |     | 2,4      | 1088 | 219   | 2548        | 94,83 | 1249 | 3,39 | 6,55 |
| 15-ene-15 | 15   | 276  | 291  | BM  | 8   |     | 2,4      | 1091 | 211   | 2555        | 94,81 | 1252 | 3,45 | 6,33 |
| 16-ene-15 | 18   | 290  | 308  | BM  | 8   |     | 2,4      | 1091 | 211   | 2555        | 94,14 | 1252 | 3,64 | 6,33 |
| 17-ene-15 | 22   | 271  | 293  | BM  | 8   |     | 2,4      | 1092 | 210   | 2557        | 92,48 | 1253 | 3,50 | 6,26 |
| 18-ene-15 | 22   | 280  | 301  | BM  | 8   |     | 2,4      | 1092 | 210   | 2557        | 92,83 | 1253 | 3,60 | 6,26 |
| 23-ene-15 | 15   | 274  | 289  | BM  | 8   |     | 2,4      | 1092 | 210   | 2557        | 94,73 | 1253 | 3,45 | 6,26 |
| 26-ene-15 | 14   | 276  | 291  | BM  | 8   |     | 2,4      | 1096 | 201   | 2566        | 95,06 | 1257 | 3,64 | 5,98 |
| 27-ene-15 | 17   | 285  | 302  | BM  | 8   |     | 2,4      | 1182 | 171   | 2767        | 94,38 | 1342 |      |      |
| 29-ene-15 | 15   | 274  | 288  | BM  | 8   |     | 2,4      | 1097 | 199   | 2568        | 94,92 | 1257 | 3,65 | 5,91 |
| 30-ene-15 | 18   | 338  | 356  | BM  | 8   |     | 2,9      | 1097 | 199   | 2568        | 94,88 | 1257 | 4,51 | 5,91 |
| 01-feb-15 | 16   | 406  | 422  | BM  | 8   |     | 3,4      | 1083 | 230   | 2537        | 96,23 | 1244 | 4,58 | 6,90 |
| 03-feb-15 | 20   | 423  | 443  | BM  | 8   |     | 3,4      | 1080 | 229   | 2530        | 95,49 | 1241 | 4,66 | 7,13 |



### ANEXO 15. (Continuación).

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP  | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW  | Pwf  | IP   | %DD   |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|------|-------|-------------|-------|------|------|-------|
| 04-feb-15 | 27   | 416  | 443  | BM  | 8   |     | 3,4      |      |       |             | 93,87 |      |      |       |
| 05-feb-15 | 22   | 409  | 431  | BM  | 8   |     | 3,4      | 1082 | 226   | 2533        | 94,89 | 1242 | 4,59 | 7,03  |
| 07-feb-15 | 22   | 406  | 428  | BM  | 8   |     | 3,4      | 1082 | 225   | 2534        | 94,93 | 1243 | 4,57 | 7,00  |
| 10-feb-15 | 19   | 410  | 428  | BM  | 8   |     | 3,4      | 1088 | 219   | 2548        | 95,63 | 1249 | 4,89 | 6,55  |
| 16-feb-15 | 21   | 453  | 474  | BM  | 8   |     | 3,9      |      |       |             | 95,47 |      |      |       |
| 18-feb-15 | 22   | 459  | 481  | BM  | 30  |     | 3,9      | 1087 | 222   | 2545        | 95,49 | 1248 | 5,41 | 6,65  |
| 19-feb-15 | 27   | 470  | 497  | BM  | 30  |     | 3,9      | 1088 | 220   | 2547        | 94,56 | 1248 | 5,65 | 6,58  |
| 21-feb-15 | 24   | 452  | 476  | BM  | 30  |     | 3,9      | 1089 | 216   | 2551        | 94,95 | 1250 | 5,52 | 6,46  |
| 22-feb-15 | 21   | 492  | 513  | BM  | 30  |     | 3,9      | 1088 | 220   | 2547        | 95,82 | 1248 | 5,83 | 6,58  |
| 25-feb-15 | 27   | 477  | 504  | BM  | 30  |     | 3,9      | 891  | 841   | 2086        | 94,55 | 1052 | 1,77 | 21,31 |
| 26-feb-15 | 22   | 460  | 483  | BM  | 30  |     | 3,9      |      |       |             | 95,37 |      |      |       |
| 27-feb-15 | 23   | 456  | 479  | BM  | 30  |     | 3,9      |      |       |             | 95,24 |      |      |       |
| 28-feb-15 | 25   | 460  | 486  | BM  | 30  |     | 3,9      | 1085 | 225   | 2542        | 94,79 | 1246 | 5,39 | 6,74  |
| 01-mar-15 | 15   | 469  | 484  | BM  | 30  |     | 3,9      | 1086 | 223   | 2544        | 96,88 | 1247 | 5,43 | 6,68  |
| 02-mar-15 | 25   | 468  | 493  | BM  | 30  |     | 3,9      | 1088 | 218   | 2549        | 94,93 | 1249 | 5,66 | 6,52  |
| 05-mar-15 | 22   | 468  | 490  | BM  | 30  |     | 3,9      | 1088 | 218   | 2549        | 95,50 | 1249 | 5,62 | 6,52  |
| 06-mar-15 | 21   | 465  | 486  | BM  | 30  |     | 3,9      |      |       |             | 95,76 |      |      |       |
| 07-mar-15 | 21   | 468  | 489  | BM  | 30  |     | 3,9      | 1088 | 219   | 2548        | 95,69 | 1249 | 5,59 | 6,55  |
| 09-mar-15 | 23   | 465  | 488  | BM  | 30  |     | 3,9      | 1090 | 214   | 2553        | 95,27 | 1251 | 5,72 | 6,39  |
| 11-mar-15 | 23   | 451  | 473  | BM  | 30  |     | 3,9      | 1088 | 218   | 2549        | 95,21 | 1249 | 5,43 | 6,52  |
| 13-mar-15 | 22   | 466  | 488  | BM  | 30  |     | 3,9      | 1089 | 216   | 2551        | 95,40 | 1250 | 5,66 | 6,46  |
| 14-mar-15 | 20   | 474  | 494  | BM  | 30  |     | 3,9      | 1089 | 217   | 2550        | 95,95 | 1250 | 5,70 | 6,49  |
| 15-mar-15 | 23   | 473  | 497  | BM  | 30  |     | 3,9      | 1089 | 216   | 2551        | 95,27 | 1250 | 5,76 | 6,46  |
| 17-mar-15 | 21   | 479  | 500  | BM  | 30  |     | 3,9      | 1090 | 214   | 2553        | 95,79 | 1251 | 5,85 | 6,39  |
| 19-mar-15 | 19   | 455  | 473  | BM  | 30  |     | 3,9      | 1089 | 217   | 2550        | 96,05 | 1250 | 5,46 | 6,49  |
| 20-mar-15 | 18   | 487  | 505  | BM  | 30  |     | 3,9      |      |       |             | 96,49 |      |      |       |
| 21-mar-15 | 20   | 493  | 513  | BM  | 30  |     | 3,9      | 1087 | 222   | 2545        | 96,14 | 1248 | 5,77 | 6,65  |
| 22-mar-15 | 21   | 473  | 495  | BM  | 30  |     | 3,9      |      |       |             | 95,68 |      |      |       |
| 23-mar-15 | 23   | 470  | 494  | BM  | 30  |     | 3,9      | 1090 | 214   | 2553        | 95,24 | 1251 | 5,78 | 6,39  |
| 24-mar-15 | 18   | 476  | 494  | BM  | 30  |     | 3,9      |      |       |             | 96,38 |      |      |       |
| 25-mar-15 | 20   | 460  | 480  | BM  | 30  |     | 3,9      | 1088 | 219   | 2548        | 95,78 | 1249 | 5,48 | 6,55  |
| 27-mar-15 | 22   | 485  | 507  | BM  | 30  |     | 3,9      |      |       |             | 95,59 |      |      |       |
| 28-mar-15 | 21   | 468  | 489  | BM  | 30  |     | 3,9      | 1097 | 198   | 2569        | 95,71 | 1258 | 6,22 | 5,88  |
| 29-mar-15 | 22   | 465  | 486  | BM  | 30  |     | 3,9      |      |       |             | 95,56 |      |      |       |
| 30-mar-15 | 22   | 461  | 483  | BM  | 30  |     | 3,9      | 1103 | 185   | 2582        | 95,51 | 1263 | 6,61 | 5,46  |
| 31-mar-15 | 26   | 476  | 502  | BM  | 30  |     | 3,9      |      |       |             | 94,81 |      |      |       |

**Fuente.** Modificado de METAPETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Base de datos Campo Apolo [Libro Excel].

## ANEXO 16. Data de producción por prueba del pozo Ágata 10ST.

| Prof. Zona abierta (TVD) | Presión estática | Nivel fluido mín | G.E   | Prof. Bomba | Qmax | Pwf min | Pip min | Sumergencia min |
|--------------------------|------------------|------------------|-------|-------------|------|---------|---------|-----------------|
| 3107                     | 1344             | 2.895            | 0,974 | 2920        | 685  | 90      | 10      | 25              |

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP  | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW  | Pwf  | IP   | %DD   |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|------|-------|-------------|-------|------|------|-------|
|           |      |      |      |     |     |     |          | 1344 |       |             |       | 1344 |      |       |
| 30-oct-14 | 45   | 80   | 125  | BM  | 5   |     | 0,8      |      |       |             | 63,95 |      |      |       |
| 31-oct-14 | 78   | 49   | 127  | BM  | 5   |     | 0,8      |      |       |             | 38,65 |      |      |       |
| 02-nov-14 | 59   | 57   | 117  | BM  | 5   |     | 0,8      |      |       |             | 49,34 |      |      |       |
| 03-nov-14 | 48   | 71   | 120  | BM  | 5   |     | 0,8      |      |       |             | 59,47 |      |      |       |
| 04-nov-14 | 48   | 82   | 130  | BM  | 5   |     | 0,8      |      |       |             | 62,81 |      |      |       |
| 05-nov-14 | 45   | 81   | 126  | BM  | 5   |     | 0,8      |      |       |             | 64,04 |      |      |       |
| 06-nov-14 | 43   | 77   | 120  | BM  | 5   |     | 0,8      |      |       |             | 64,33 |      |      |       |
| 07-nov-14 | 46   | 71   | 116  | BM  | 5   |     | 0,8      |      |       |             | 60,78 |      |      |       |
| 08-nov-14 | 44   | 77   | 121  | BM  | 5   |     | 0,8      |      |       |             | 64,02 |      |      |       |
| 09-nov-14 | 47   | 71   | 118  | BM  | 5   |     | 0,8      |      |       |             | 60,48 |      |      |       |
| 10-nov-14 | 55   | 74   | 129  | BM  | 5   |     | 0,8      |      |       |             | 57,58 |      |      |       |
| 11-nov-14 | 51   | 67   | 118  | BM  | 5   |     | 0,8      |      |       |             | 56,53 |      |      |       |
| 12-nov-14 | 51   | 67   | 118  | BM  | 5   |     | 0,8      |      |       |             | 57,05 |      |      |       |
| 13-nov-14 | 77   | 75   | 152  | BM  | 5   |     | 0,8      |      |       |             | 49,38 |      |      |       |
| 14-nov-14 | 62   | 55   | 117  | BM  | 5   |     | 0,8      |      |       |             | 46,75 |      |      |       |
| 15-nov-14 | 56   | 61   | 116  | BM  | 5   |     | 0,8      |      |       |             | 51,98 |      |      |       |
| 16-nov-14 | 61   | 57   | 118  | BM  | 5   |     | 0,8      |      |       |             | 48,58 |      |      |       |
| 23-nov-14 | 39   | 78   | 117  | BM  | 5   |     | 0,8      |      |       |             | 66,87 |      |      |       |
| 24-nov-14 | 41   | 71   | 112  | BM  | 5   |     | 0,8      |      |       |             | 63,43 |      |      |       |
| 27-nov-14 | 33   | 80   | 113  | BM  | 5   |     | 0,8      |      |       |             | 70,76 |      |      |       |
| 02-dic-14 | 36   | 84   | 119  | BM  | 5   |     | 0,8      | 1006 | 571   | 2356        | 70,15 | 1086 | 0,46 | 19,17 |
| 04-dic-14 | 44   | 76   | 121  | BM  | 5   |     | 0,8      |      |       |             | 63,19 |      |      |       |
| 05-dic-14 | 43   | 72   | 114  | BM  | 5   |     | 0,8      | 1005 | 573   | 2354        | 62,78 | 1085 | 0,44 | 19,23 |
| 06-dic-14 | 47   | 71   | 118  | BM  | 5   |     | 0,8      | 1006 | 571   | 2355        | 60,32 | 1086 | 0,46 | 19,20 |
| 07-dic-14 | 50   | 68   | 118  | BM  | 5   |     | 0,8      | 1002 | 581   | 2346        | 57,32 | 1082 | 0,45 | 19,49 |
| 08-dic-14 | 49   | 70   | 120  | BM  | 5   |     | 0,8      | 1004 | 575   | 2351        | 58,69 | 1084 | 0,46 | 19,33 |
| 10-dic-14 | 43   | 78   | 120  | BM  | 5   |     | 0,8      | 1008 | 566   | 2361        | 64,63 | 1088 | 0,47 | 19,01 |
| 11-dic-14 | 32   | 87   | 119  | BM  | 5   |     | 0,8      | 1013 | 555   | 2372        | 73,04 | 1093 | 0,47 | 18,66 |
| 12-dic-14 | 33   | 84   | 117  | BM  | 5   |     | 0,8      | 1018 | 544   | 2383        | 72,03 | 1098 | 0,47 | 18,31 |
| 14-dic-14 | 34   | 85   | 120  | BM  | 5   |     | 0,8      | 1012 | 556   | 2370        | 71,37 | 1092 | 0,47 | 18,73 |

## ANEXO 16. (Continuación).

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP  | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW  | Pwf  | IP   | %DD   |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|------|-------|-------------|-------|------|------|-------|
| 18-dic-14 | 34   | 87   | 121  | BM  | 5   |     | 0,8      | 1003 | 577   | 2349        | 71,69 | 1083 | 0,46 | 19,39 |
| 19-dic-14 | 34   | 87   | 122  | BM  | 5   |     | 0,8      | 1025 | 525   | 2401        | 71,70 | 1105 | 0,51 | 17,74 |
| 20-dic-14 | 31   | 89   | 120  | BM  | 5   |     | 0,8      | 1000 | 585   | 2342        | 74,23 | 1080 | 0,45 | 19,62 |
| 21-dic-14 | 33   | 86   | 119  | BM  | 5   |     | 0,8      | 1000 | 585   | 2342        | 72,20 | 1080 | 0,45 | 19,62 |
| 22-dic-14 | 32   | 82   | 114  | BM  | 5   |     | 0,8      | 1017 | 546   | 2381        | 71,60 | 1097 | 0,46 | 18,38 |
| 25-dic-14 | 51   | 96   | 147  | BM  | 5   |     | 1        | 955  | 689   | 2237        | 65,27 | 1035 | 0,48 | 22,95 |
| 26-dic-14 | 38   | 107  | 145  | BM  | 5   |     | 1        | 985  | 619   | 2307        | 73,82 | 1065 | 0,52 | 20,73 |
| 27-dic-14 | 40   | 105  | 145  | BM  | 5   |     | 1        | 986  | 619   | 2308        | 72,53 | 1066 | 0,52 | 20,70 |
| 30-dic-14 | 43   | 99   | 142  | BM  | 5   |     | 1        | 1000 | 584   | 2343        | 69,44 | 1080 | 0,54 | 19,58 |
| 02-ene-15 | 52   | 88   | 139  | BM  | 5   |     | 1        | 992  | 603   | 2324        | 62,94 | 1072 | 0,51 | 20,19 |
| 03-ene-15 | 46   | 97   | 144  | BM  | 5   |     | 1        |      |       |             | 67,76 |      |      |       |
| 06-ene-15 | 39   | 108  | 147  | BM  | 5   |     | 1        | 996  | 588   | 2333        | 73,22 | 1076 | 0,55 | 19,90 |
| 07-ene-15 | 35   | 111  | 146  | BM  | 5   |     | 1        | 994  | 593   | 2328        | 76,17 | 1074 | 0,54 | 20,06 |
| 09-ene-15 | 39   | 102  | 141  | BM  | 5   |     | 1        |      |       |             | 72,43 |      |      |       |
| 10-ene-15 | 39   | 102  | 141  | BM  | 5   |     | 1        | 999  | 588   | 2339        | 72,38 | 1079 | 0,53 | 19,71 |
| 14-ene-15 | 53   | 90   | 142  | BM  | 5   |     | 1        | 1003 | 578   | 2349        | 63,08 | 1083 | 0,55 | 19,39 |
| 16-ene-15 | 48   | 136  | 184  | BM  | 5   |     | 1,2      | 952  | 697   | 2229        | 73,76 | 1032 | 0,59 | 23,21 |
| 17-ene-15 | 50   | 134  | 184  | BM  | 5   |     | 1,2      | 953  | 695   | 2231        | 72,65 | 1033 | 0,59 | 23,14 |
| 18-ene-15 | 45   | 139  | 184  | BM  | 5   |     | 1,2      | 953  | 695   | 2231        | 75,54 | 1033 | 0,59 | 23,14 |
| 23-ene-15 | 41   | 127  | 169  | BM  | 5   |     | 1,2      | 962  | 674   | 2253        | 75,44 | 1042 | 0,56 | 22,44 |
| 24-ene-15 | 60   | 128  | 188  | BM  | 5   |     | 1,2      | 962  | 674   | 2253        | 68,04 | 1042 | 0,62 | 22,44 |
| 27-ene-15 | 74   | 113  | 187  | BM  | 5   |     | 1,2      | 994  | 753   | 2327        | 60,63 | 1074 | 0,69 | 20,09 |
| 28-ene-15 | 74   | 110  | 184  | BM  | 5   |     | 1,2      | 994  | 753   | 2327        | 59,72 | 1074 | 0,68 | 20,09 |
| 29-ene-15 | 67   | 112  | 180  | BM  | 5   |     | 1,2      | 965  | 667   | 2259        | 62,50 | 1045 | 0,60 | 22,25 |
| 03-feb-15 | 44   | 140  | 184  | BM  | 5   | 80  | 1,2      | 959  | 675   | 2246        | 76,05 | 1039 | 0,61 | 22,67 |
| 04-feb-15 | 55   | 132  | 187  | BM  | 5   | 80  | 1,2      |      |       |             | 70,58 |      |      |       |
| 05-feb-15 | 45   | 141  | 186  | BM  | 5   | 80  | 1,2      | 966  | 658   | 2263        | 76,04 | 1046 | 0,63 | 22,13 |
| 06-feb-15 | 49   | 138  | 186  | BM  | 5   | 80  | 1,2      |      |       |             | 73,86 |      |      |       |
| 08-feb-15 | 45   | 147  | 192  | BM  | 5   | 80  | 1,3      |      |       |             | 76,68 |      |      |       |
| 09-feb-15 | 48   | 180  | 229  | BM  | 5   | 80  | 1,3      | 1113 | 306   | 2606        | 78,88 | 1193 | 1,52 | 11,23 |
| 11-feb-15 | 47   | 189  | 236  | BM  | 5   | 80  | 1,5      |      |       |             | 79,91 |      |      |       |
| 13-feb-15 | 47   | 179  | 226  | BM  | 5   | 80  | 1,5      |      |       |             | 79,11 |      |      |       |
| 14-feb-15 | 48   | 185  | 233  | BM  | 5   | 80  | 1,7      | 941  | 718   | 2203        | 79,36 | 1021 | 0,72 | 24,03 |
| 15-feb-15 | 53   | 191  | 244  | BM  | 5   | 80  | 1,7      | 915  | 783   | 2144        | 78,20 | 996  | 0,70 | 25,91 |
| 16-feb-15 | 57   | 201  | 257  | BM  | 5   | 80  | 1,7      | 915  | 783   | 2144        | 78,03 | 996  | 0,74 | 25,91 |
| 17-feb-15 | 59   | 196  | 255  | BM  | 5   | 80  | 1,7      | 894  | 833   | 2094        | 76,79 | 974  | 0,69 | 27,50 |
| 18-feb-15 | 58   | 200  | 259  | BM  | 5   | 80  | 1,7      | 906  | 805   | 2122        | 77,47 | 986  | 0,72 | 26,61 |

### ANEXO 16. (Continuación).

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP  | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW  | Pwf  | IP   | %DD   |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|------|-------|-------------|-------|------|------|-------|
| 22-feb-15 | 57   | 201  | 258  | BM  | 5   | 80  | 1,7      | 910  | 797   | 2130        | 77,91 | 990  | 0,73 | 26,35 |
| 23-feb-15 | 58   | 203  | 261  | BM  | 5   | 80  | 1,7      |      |       |             | 77,90 |      |      |       |
| 24-feb-15 | 63   | 192  | 255  | BM  | 5   | 80  | 1,7      |      |       |             | 75,26 |      |      |       |
| 25-feb-15 | 60   | 195  | 255  | BM  | 5   | 80  | 1,7      | 1111 | 310   | 2602        | 76,58 | 1191 | 1,67 | 11,35 |
| 27-feb-15 | 53   | 204  | 257  | BM  | 5   | 80  | 1,7      |      |       |             | 79,21 |      |      |       |
| 02-mar-15 | 43   | 215  | 258  | BM  | 2   | 80  | 1,7      | 893  | 836   | 2091        | 83,31 | 973  | 0,70 | 27,59 |
| 05-mar-15 | 48   | 213  | 262  | BM  | 2   | 80  | 1,7      | 903  | 813   | 2114        | 81,49 | 983  | 0,73 | 26,86 |
| 09-mar-15 | 48   | 206  | 254  | BM  | 2   | 80  | 1,7      | 905  | 806   | 2120        | 81,21 | 985  | 0,71 | 26,67 |
| 11-mar-15 | 43   | 203  | 246  | BM  | 2   | 80  | 1,7      | 898  | 823   | 2103        | 82,60 | 978  | 0,67 | 27,21 |
| 12-mar-15 | 48   | 211  | 259  | BM  | 3   | 80  | 1,7      | 907  | 802   | 2124        | 81,33 | 987  | 0,73 | 26,54 |
| 13-mar-15 | 57   | 189  | 246  | BM  | 4   | 80  | 1,7      | 919  | 775   | 2152        | 76,67 | 999  | 0,71 | 25,65 |
| 14-mar-15 | 61   | 186  | 248  | BM  | 4   | 80  | 1,7      | 907  | 804   | 2123        | 75,23 | 987  | 0,69 | 26,58 |
| 19-mar-15 | 39   | 218  | 257  | BM  | 5   | 80  | 1,7      | 918  | 777   | 2150        | 84,81 | 998  | 0,75 | 25,72 |
| 20-mar-15 | 37   | 211  | 249  | BM  | 5   | 80  | 1,7      |      |       |             | 84,96 |      |      |       |
| 23-mar-15 | 57   | 200  | 256  | BM  | 5   | 80  | 1,7      |      |       |             | 77,88 |      |      |       |
| 24-mar-15 | 52   | 209  | 261  | BM  | 5   | 80  | 1,7      |      |       |             | 80,09 |      |      |       |
| 25-mar-15 | 57   | 202  | 258  | BM  | 5   | 80  | 1,7      | 921  | 771   | 2156        | 78,07 | 1001 | 0,75 | 25,53 |
| 28-mar-15 | 53   | 212  | 265  | BM  | 5   | 80  | 1,7      | 920  | 773   | 2154        | 80,14 | 1000 | 0,77 | 25,59 |
| 30-mar-15 | 55   | 209  | 264  | BM  | 2   | 80  | 1,8      |      |       |             | 79,08 |      |      |       |
| 31-mar-15 | 55   | 205  | 260  | BM  | 2   | 80  | 1,8      |      |       |             | 78,86 |      |      |       |

**Fuente.** Modificado de METAPETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Base de datos Campo Apolo [Libro Excel].

## ANEXO 17. Data de producción por prueba del pozo Ágata 11D.

| Prof. Zona abierta (TVD) | Presión estática | Nivel fluido mín | G.E   | Prof. Bomba | Qmax | Pwf min | Pip min | Sumergencia min |
|--------------------------|------------------|------------------|-------|-------------|------|---------|---------|-----------------|
| 3116                     | 1340             | 2.887            | 0,974 | 2912        | 1258 | 97      | 9       | 25              |

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP  | NIVEL | SUMERGENCIA | BSW   | Pwf  | IP   | %DD   |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|------|-------|-------------|-------|------|------|-------|
|           |      |      | 0    |     |     |     |          | 1340 |       |             |       | 1340 |      |       |
| 11-sep-14 | 51   | 26   | 77   | BM  | 2   |     | 0,8      |      |       |             | 33,42 |      |      |       |
| 14-sep-14 | 70   | 34   | 104  | BM  | 2   |     | 0,8      |      |       |             | 32,66 |      |      |       |
| 15-sep-14 | 72   | 33   | 105  | BM  | 2   |     | 0,8      |      |       |             | 31,28 |      |      |       |
| 16-sep-14 | 67   | 31   | 98   | BM  | 12  |     | 0,8      | 1039 | 479   | 2434        | 31,20 | 1127 | 0,46 | 15,91 |
| 17-sep-14 | 77   | 38   | 115  | BM  | 120 |     | 0,8      |      |       |             | 32,66 |      |      |       |
| 19-sep-14 | 78   | 35   | 113  | BM  | 12  |     | 0,8      | 1053 | 446   | 2466        | 31,27 | 1140 | 0,57 | 14,89 |
| 20-sep-14 | 83   | 36   | 119  | BM  | 12  |     | 0,8      | 1064 | 422   | 2491        | 30,13 | 1151 | 0,63 | 14,10 |
| 21-sep-14 | 75   | 31   | 106  | BM  | 12  |     | 0,8      |      |       |             | 28,89 |      |      |       |
| 23-sep-14 | 75   | 31   | 106  | BM  | 12  |     | 0,8      |      |       |             | 28,91 |      |      |       |
| 26-sep-14 | 80   | 32   | 113  | BM  | 12  |     | 0,8      | 1056 | 440   | 2473        | 28,55 | 1143 | 0,57 | 14,67 |
| 27-sep-14 | 82   | 31   | 113  | BM  | 12  |     | 0,8      |      |       |             | 27,57 |      |      |       |
| 28-sep-14 | 65   | 25   | 90   | BM  | 12  |     | 0,8      | 1056 | 440   | 2472        | 27,82 | 1143 | 0,46 | 14,70 |
| 29-sep-14 | 83   | 29   | 113  | BM  | 12  |     | 0,8      | 1050 | 453   | 2460        | 25,83 | 1138 | 0,56 | 15,08 |
| 02-oct-14 | 76   | 26   | 102  | BM  | 12  |     | 0,8      |      |       |             | 25,25 |      |      |       |
| 03-oct-14 | 86   | 28   | 114  | BM  | 12  |     | 0,8      | 1052 | 449   | 2463        | 24,71 | 1139 | 0,57 | 14,99 |
| 04-oct-14 | 81   | 24   | 105  | BM  | 12  |     | 0,8      |      |       |             | 23,19 |      |      |       |
| 05-oct-14 | 77   | 22   | 99   | BM  | 12  |     | 0,8      | 1052 | 449   | 2463        | 21,78 | 1139 | 0,49 | 14,99 |
| 06-oct-14 | 84   | 28   | 112  | BM  | 12  |     | 0,8      |      |       |             | 24,60 |      |      |       |
| 08-oct-14 | 109  | 31   | 139  | BM  | 12  |     | 0,8      | 1038 | 482   | 2430        | 22,03 | 1125 | 0,65 | 16,04 |
| 09-oct-14 | 97   | 32   | 128  | BM  | 12  |     | 0,8      |      |       |             | 24,59 |      |      |       |
| 10-oct-14 | 108  | 31   | 140  | BM  | 12  |     | 0,8      |      |       |             | 22,44 |      |      |       |
| 11-oct-14 | 107  | 30   | 137  | BM  | 12  |     | 0,8      |      |       |             | 21,62 |      |      |       |
| 12-oct-14 | 111  | 25   | 137  | BM  | 12  |     | 0,8      |      |       |             | 18,48 |      |      |       |
| 14-oct-14 | 106  | 29   | 135  | BM  | 12  |     | 0,8      |      |       |             | 21,78 |      |      |       |
| 15-oct-14 | 96   | 27   | 123  | BM  | 12  |     | 0,8      | 1031 | 497   | 2415        | 21,70 | 1118 | 0,56 | 16,52 |
| 17-oct-14 | 96   | 27   | 123  | BM  | 12  |     | 0,8      | 1042 | 472   | 2440        | 22,05 | 1129 | 0,59 | 15,72 |
| 19-oct-14 | 91   | 26   | 117  | BM  | 12  |     | 0,8      | 1032 | 495   | 2417        | 22,05 | 1119 | 0,53 | 16,45 |
| 21-oct-14 | 89   | 25   | 114  | BM  | 12  |     | 0,8      | 1034 | 491   | 2421        | 21,70 | 1121 | 0,52 | 16,33 |
| 23-oct-14 | 87   | 20   | 107  | BM  | 12  |     | 0,8      | 1031 | 498   | 2415        | 18,93 | 1118 | 0,49 | 16,52 |
| 27-oct-14 | 90   | 18   | 108  | BM  | 12  |     | 0,8      | 1055 | 442   | 2470        | 16,83 | 1142 | 0,55 | 14,77 |

## ANEXO 17. (Continuación).

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP  | NIVEL | SUMERGENCIA | BSW   | Pwf  | IP   | %DD   |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|------|-------|-------------|-------|------|------|-------|
| 28-oct-14 | 95   | 23   | 118  | BM  | 12  |     | 0,8      | 1055 | 442   | 2470        | 19,72 | 1142 | 0,60 | 14,77 |
| 02-nov-14 | 97   | 30   | 127  | BM  | 12  |     | 0,8      |      |       |             | 23,93 |      |      |       |
| 04-nov-14 | 93   | 36   | 129  | BM  | 12  |     | 0,8      | 1108 | 318   | 2594        | 27,81 | 1195 | 0,89 | 10,81 |
| 05-nov-14 | 98   | 31   | 129  | BM  | 12  |     | 0,8      | 1099 | 339   | 2573        | 24,01 | 1186 | 0,84 | 11,48 |
| 06-nov-14 | 92   | 35   | 127  | BM  | 12  |     | 0,8      | 1074 | 397   | 2515        | 27,27 | 1161 | 0,71 | 13,33 |
| 07-nov-14 | 94   | 33   | 126  | BM  | 12  |     | 0,8      | 1075 | 394   | 2518        | 25,80 | 1162 | 0,71 | 13,24 |
| 08-nov-14 | 82   | 31   | 112  | BM  | 12  |     | 0,8      | 1084 | 373   | 2539        | 27,20 | 1171 | 0,67 | 12,57 |
| 09-nov-14 | 97   | 29   | 126  | BM  | 12  |     | 0,8      | 1084 | 374   | 2538        | 23,02 | 1171 | 0,75 | 12,60 |
| 10-nov-14 | 96   | 30   | 126  | BM  | 12  |     | 0,8      | 1078 | 387   | 2525        | 23,52 | 1165 | 0,72 | 13,01 |
| 11-nov-14 | 100  | 27   | 127  | BM  | 8   |     | 0,8      | 1085 | 372   | 2540        | 21,36 | 1172 | 0,76 | 12,53 |
| 13-nov-14 | 94   | 32   | 126  | BM  | 8   |     | 0,8      | 1075 | 395   | 2517        | 25,47 | 1162 | 0,71 | 13,27 |
| 18-nov-14 | 82   | 38   | 120  | BM  | 8   |     | 0,8      | 1079 | 385   | 2528        | 31,78 | 1167 | 0,70 | 12,92 |
| 28-nov-14 | 59   | 53   | 112  | BM  | 8   |     | 0,8      | 1098 | 340   | 2572        | 47,18 | 1186 | 0,73 | 11,51 |
| 02-dic-14 | 67   | 53   | 120  | BM  | 8   |     | 0,8      | 1097 | 342   | 2570        | 44,31 | 1185 | 0,77 | 11,58 |
| 04-dic-14 | 67   | 59   | 126  | BM  | 8   |     | 0,8      |      |       |             | 47,08 |      |      |       |
| 05-dic-14 | 62   | 64   | 126  | BM  | 8   |     | 0,8      |      |       |             | 51,00 |      |      |       |
| 06-dic-14 | 51   | 66   | 117  | BM  | 8   |     | 0,8      |      |       |             | 56,19 |      |      |       |
| 08-dic-14 | 62   | 67   | 129  | BM  | 8   |     | 0,8      | 1094 | 349   | 2563        | 51,95 | 1182 | 0,82 | 11,80 |
| 11-dic-14 | 62   | 69   | 131  | BM  | 8   |     | 0,8      |      |       |             | 52,72 |      |      |       |
| 12-dic-14 | 47   | 77   | 125  | BM  | 8   |     | 0,8      | 1094 | 349   | 2563        | 62,00 | 1182 | 0,79 | 11,80 |
| 13-dic-14 | 63   | 64   | 127  | BM  | 8   |     | 0,8      |      |       |             | 50,39 |      |      |       |
| 14-dic-14 | 62   | 58   | 120  | BM  | 8   |     | 0,8      | 1094 | 349   | 2563        | 48,57 | 1182 | 0,76 | 11,80 |
| 18-dic-14 | 59   | 58   | 117  | BM  | 8   |     | 0,8      |      |       |             | 49,18 |      |      |       |
| 23-dic-14 | 56   | 60   | 116  | BM  | 8   |     | 0,8      | 1113 | 306   | 2606        | 51,92 | 1200 | 0,83 | 10,43 |
| 26-dic-14 | 58   | 57   | 115  | BM  | 6   |     | 0,8      |      |       |             | 49,41 |      |      |       |
| 27-dic-14 | 56   | 65   | 121  | BM  | 6   |     | 0,8      |      |       |             | 53,46 |      |      |       |
| 29-dic-14 | 51   | 78   | 129  | BM  | 6   |     | 0,8      |      |       |             | 60,61 |      |      |       |
| 30-dic-14 | 47   | 70   | 117  | BM  | 6   |     | 0,8      |      |       |             | 59,70 |      |      |       |
| 02-ene-15 | 47   | 78   | 125  | BM  | 6   |     | 0,8      |      |       |             | 62,47 |      |      |       |
| 04-ene-15 | 49   | 76   | 126  | BM  | 6   |     | 0,8      |      |       |             | 60,76 |      |      |       |
| 07-ene-15 | 49   | 80   | 129  | BM  | 6   |     | 0,8      |      |       |             | 62,20 |      |      |       |
| 12-ene-15 | 64   | 58   | 122  | BM  | 6   |     | 0,8      |      |       |             | 47,72 |      |      |       |
| 14-ene-15 | 80   | 56   | 136  | BM  | 6   |     | 1,1      | 1109 | 314   | 2598        | 41,23 | 1197 | 0,95 | 10,69 |
| 21-ene-15 | 70   | 69   | 138  | BM  | 6   |     | 1,1      | 1116 | 299   | 2613        | 49,56 | 1203 | 1,01 | 10,21 |

## ANEXO 17. (Continuación).

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP  | NIVEL | SUMERGENCIA | BSW   | Pwf  | IP   | %DD   |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|------|-------|-------------|-------|------|------|-------|
| 24-ene-15 | 64   | 78   | 142  | BM  | 6   |     | 1,1      | 1121 | 286   | 2626        | 54,94 | 1209 | 1,08 | 9,79  |
| 25-ene-15 | 63   | 73   | 136  | BM  | 6   |     | 1,1      | 1121 | 286   | 2626        | 53,87 | 1209 | 1,03 | 9,79  |
| 29-ene-15 | 56   | 93   | 150  | BM  | 6   |     | 1,1      | 1122 | 285   | 2627        | 62,39 | 1209 | 1,14 | 9,76  |
| 30-ene-15 | 46   | 93   | 139  | BM  | 6   |     | 1,1      | 1122 | 285   | 2627        | 67,02 | 1209 | 1,06 | 9,76  |
| 01-feb-15 | 68   | 80   | 148  | BM  | 6   |     | 1,1      | 1121 | 287   | 2625        | 54,15 | 1208 | 1,13 | 9,83  |
| 02-feb-15 | 83   | 80   | 163  | BM  | 6   |     | 1,1      |      |       |             | 49,08 |      |      |       |
| 06-feb-15 | 82   | 73   | 154  | BM  | 6   |     | 1,1      |      |       |             | 47,03 |      |      |       |
| 08-feb-15 | 75   | 76   | 151  | BM  | 6   |     | 1,1      |      |       |             | 50,31 |      |      |       |
| 11-feb-15 | 67   | 102  | 169  | BM  | 6   |     | 1,3      |      |       |             | 60,08 |      |      |       |
| 12-feb-15 |      |      |      |     |     |     | 1,3      |      |       |             | 64,07 |      |      |       |
| 13-feb-15 | 71   | 86   | 157  | BM  | 6   |     | 1,3      |      |       |             | 54,92 |      |      |       |
| 15-feb-15 | 90   | 110  | 200  | BM  | 6   |     | 1,5      | 1115 | 300   | 2612        | 54,87 | 1203 | 1,46 | 10,24 |
| 16-feb-15 | 97   | 130  | 228  | BM  | 6   |     | 1,5      |      |       |             | 57,28 |      |      |       |
| 18-feb-15 | 89   | 102  | 191  | BM  | 6   |     | 1,5      | 1111 | 311   | 2601        | 53,41 | 1198 | 1,34 | 10,59 |
| 19-feb-15 | 101  | 108  | 210  | BM  | 6   |     | 1,5      | 1111 | 310   | 2602        | 51,69 | 1198 | 1,48 | 10,56 |
| 22-feb-15 | 102  | 109  | 211  | BM  | 6   |     | 1,5      | 1105 | 325   | 2587        | 51,68 | 1192 | 1,43 | 11,04 |
| 25-feb-15 | 80   | 134  | 214  | BM  | 6   |     | 1,5      | 1120 | 227   | 2624        | 62,73 | 1208 | 1,62 | 9,86  |
| 26-feb-15 | 89   | 136  | 225  | BM  | 6   |     | 1,5      |      |       |             | 60,62 |      |      |       |
| 27-feb-15 | 82   | 124  | 206  | BM  | 6   |     | 1,5      |      |       |             | 60,36 |      |      |       |
| 28-feb-15 | 82   | 124  | 206  | BM  | 6   |     | 1,5      | 1111 | 310   | 2603        | 60,01 | 1199 | 1,46 | 10,53 |
| 01-mar-15 | 80   | 126  | 206  | BM  | 6   |     | 1,5      | 1115 | 300   | 2612        | 61,36 | 1203 | 1,50 | 10,24 |
| 03-mar-15 | 71   | 133  | 205  | BM  |     |     | 1,5      | 1033 | 661   | 2419        | 65,15 | 1120 | 0,93 | 16,39 |
| 06-mar-15 | 96   | 108  | 204  | BM  |     |     | 1,5      |      |       |             | 53,14 |      |      |       |
| 12-mar-15 | 75   | 130  | 206  | BM  |     |     | 1,5      | 1123 | 283   | 2629        | 63,32 | 1210 | 1,58 | 9,70  |
| 13-mar-15 | 76   | 130  | 206  | BM  |     |     | 1,5      | 1121 | 287   | 2625        | 63,21 | 1208 | 1,57 | 9,83  |
| 16-mar-15 | 71   | 142  | 213  | BM  |     |     | 1,5      | 1124 | 281   | 2632        | 66,61 | 1211 | 1,66 | 9,60  |
| 17-mar-15 | 69   | 139  | 208  | BM  |     |     | 1,5      | 1126 | 275   | 2637        | 66,87 | 1213 | 1,65 | 9,44  |
| 18-mar-15 | 65   | 137  | 202  | BM  |     |     | 1,5      |      |       |             | 67,78 |      |      |       |
| 24-mar-15 | 89   | 132  | 221  | BM  |     |     | 1,5      |      |       |             | 59,66 |      |      |       |
| 30-mar-15 | 60   | 144  | 204  | BM  |     |     | 1,5      | 1137 | 249   | 2663        | 70,45 | 1224 | 1,77 | 8,61  |
| 31-mar-15 | 63   | 149  | 212  | BM  |     |     | 1,5      |      |       |             | 70,23 |      |      |       |

**Fuente.** Modificado de METAPETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Base de datos Campo Apolo [Libro Excel].

## ANEXO 18. Data de producción por prueba del pozo Ágata 12D.

| Prof. Zona abierta (TVD) | Presión estática | Nivel fluido mín | G.E   | Prof. Bomba | Qmax | Pwf min | Pip min | Sumergencia min |
|--------------------------|------------------|------------------|-------|-------------|------|---------|---------|-----------------|
| 3124                     | 1337             | 2.823            | 0,974 | 2848        | 2156 | 127     | 9       | 25              |

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP  | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW  | Pwf  | IP   | %DD   |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|------|-------|-------------|-------|------|------|-------|
|           |      |      | 0    |     |     |     |          | 1337 |       |             |       | 1337 |      |       |
| 21-oct-14 | 19   | 95   | 114  | BM  | 10  |     | 0,8      |      |       |             | 83,37 |      |      |       |
| 22-oct-14 | 45   | 58   | 103  | BM  | 10  |     | 0,8      |      |       |             | 56,55 |      |      |       |
| 23-oct-14 | 98   | 32   | 129  | BM  | 10  |     | 0,8      |      |       |             | 24,68 |      |      |       |
| 24-oct-14 | 98   | 10   | 108  | BM  | 10  |     | 0,8      |      |       |             | 9,28  |      |      |       |
| 26-oct-14 | 99   | 9    | 107  | BM  | 10  |     | 0,8      | 930  | 673   | 2178        | 8,12  | 1048 | 0,37 | 21,61 |
| 27-oct-14 | 95   | 7    | 103  | BM  | 10  |     | 0,8      | 910  | 720   | 2130        | 7,02  | 1027 | 0,33 | 23,15 |
| 29-oct-14 | 94   | 8    | 102  | BM  | 25  |     | 0,8      | 910  | 720   | 2130        | 7,67  | 1027 | 0,33 | 23,15 |
| 31-oct-14 | 74   | 31   | 104  | BM  | 25  |     | 0,8      | 993  | 525   | 2326        | 29,40 | 1111 | 0,46 | 16,89 |
| 02-nov-14 | 81   | 34   | 115  | BM  | 25  |     | 0,8      |      |       |             | 29,69 |      |      |       |
| 03-nov-14 | 68   | 43   | 111  | BM  | 25  |     | 0,8      | 1024 | 454   | 2397        | 38,51 | 1141 | 0,57 | 14,62 |
| 08-nov-14 | 57   | 71   | 128  | BM  | 10  |     | 0,8      | 1038 | 419   | 2432        | 55,65 | 1156 | 0,71 | 13,50 |
| 09-nov-14 | 47   | 67   | 114  | BM  | 10  |     | 0,8      | 1098 | 279   | 2572        | 58,87 | 1216 | 0,94 | 9,03  |
| 10-nov-14 | 56   | 78   | 134  | BM  | 10  |     | 0,8      | 1059 | 372   | 2479        | 58,17 | 1176 | 0,84 | 12,00 |
| 11-nov-14 | 54   | 81   | 136  | BM  | 6   |     | 0,8      | 1062 | 365   | 2486        | 60,01 | 1179 | 0,86 | 11,78 |
| 12-nov-14 | 53   | 84   | 136  | BM  | 6   |     | 0,8      |      |       |             | 61,26 |      |      |       |
| 13-nov-14 | 45   | 75   | 120  | BM  | 6   |     | 0,8      | 1056 | 377   | 2474        | 62,29 | 1174 | 0,74 | 12,16 |
| 17-nov-14 | 51   | 57   | 109  | BM  | 5   |     | 0,8      | 1068 | 351   | 2500        | 52,81 | 1185 | 0,72 | 11,33 |
| 18-nov-14 | 40   | 63   | 103  | BM  | 5   |     | 0,8      | 1068 | 351   | 2500        | 60,87 | 1185 | 0,68 | 11,33 |
| 22-nov-14 | 42   | 62   | 103  | BM  | 5   |     | 0,8      | 1102 | 270   | 2581        | 59,83 | 1220 | 0,89 | 8,74  |
| 27-nov-14 | 53   | 52   | 105  | BM  | 5   |     | 0,8      |      |       |             | 49,46 |      |      |       |
| 28-nov-14 | 57   | 54   | 111  | BM  | 5   |     | 0,8      | 1112 | 247   | 2604        | 48,71 | 1230 | 1,03 | 8,01  |
| 01-dic-14 | 46   | 57   | 103  | BM  | 5   |     | 0,8      |      |       |             | 55,27 |      |      |       |
| 03-dic-14 | 43   | 56   | 99   | BM  | 5   |     | 0,8      | 1120 | 229   | 2622        | 56,76 | 1237 | 0,99 | 7,43  |
| 05-dic-14 | 62   | 49   | 110  | BM  | 5   |     | 0,8      |      |       |             | 44,23 |      |      |       |
| 08-dic-14 | 69   | 64   | 133  | BM  | 5   |     | 1        | 1107 | 258   | 2593        | 48,17 | 1225 | 1,19 | 8,36  |
| 09-dic-14 | 61   | 68   | 129  | BM  | 5   |     | 1        |      |       |             | 52,48 |      |      |       |
| 16-dic-14 | 37   | 92   | 128  | BM  | 5   |     | 1        | 1107 | 258   | 2593        | 71,49 | 1225 | 1,15 | 8,36  |
| 17-dic-14 | 36   | 91   | 127  | BM  | 5   |     | 1        | 1107 | 258   | 2593        | 71,47 | 1225 | 1,14 | 8,36  |
| 18-dic-14 | 38   | 92   | 130  | BM  | 5   |     | 1        | 1107 | 258   | 2593        | 70,87 | 1225 | 1,16 | 8,36  |



## ANEXO 18. (Continuación).

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP  | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW  | Pwf  | IP   | %DD   |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|------|-------|-------------|-------|------|------|-------|
| 19-dic-14 | 40   | 88   | 128  | BM  | 5   |     | 1        | 1107 | 258   | 2593        | 69,00 | 1225 | 1,15 | 8,36  |
| 20-dic-14 | 37   | 92   | 129  | BM  | 5   |     | 1        | 1113 | 245   | 2606        | 71,14 | 1231 | 1,21 | 7,94  |
| 21-dic-14 | 35   | 87   | 122  | BM  | 5   |     | 1        | 1112 | 246   | 2605        | 70,99 | 1230 | 1,15 | 7,98  |
| 24-dic-14 | 40   | 108  | 148  | BM  | 4   |     | 1,2      |      |       |             | 72,76 |      |      |       |
| 29-dic-14 | 47   | 103  | 150  | BM  | 4   |     | 1,2      |      |       |             | 68,86 |      |      |       |
| 01-ene-15 | 24   | 116  | 140  | BM  | 4   |     | 1,2      |      |       |             | 82,89 |      |      |       |
| 02-ene-15 | 22   | 131  | 154  | BM  | 4   |     | 1,2      |      |       |             | 85,44 |      |      |       |
| 04-ene-15 | 29   | 119  | 149  | BM  | 4   |     | 1,2      |      |       |             | 80,31 |      |      |       |
| 08-ene-15 | 44   | 107  | 151  | BM  | 4   |     | 1,2      |      |       |             | 71,14 |      |      |       |
| 10-ene-15 | 54   | 91   | 145  | BM  | 4   |     | 1,2      |      |       |             | 62,79 |      |      |       |
| 11-ene-15 | 60   | 91   | 150  | BM  | 4   |     | 1,2      |      |       |             | 60,37 |      |      |       |
| 14-ene-15 | 38   | 153  | 191  | BM  | 4   |     | 1,5      | 1112 | 246   | 2604        | 80,00 | 1230 | 1,78 | 8,01  |
| 18-ene-15 | 55   | 136  | 191  | BM  | 4   |     | 1,5      | 1113 | 245   | 2606        | 71,43 | 1231 | 1,80 | 7,94  |
| 20-ene-15 | 50   | 136  | 186  | BM  | 4   |     | 1,5      | 1114 | 241   | 2610        | 73,00 | 1232 | 1,78 | 7,82  |
| 29-ene-15 | 18   | 175  | 193  | BM  | 4   |     | 1,5      | 1121 | 226   | 2625        | 90,59 | 1239 | 1,97 | 7,34  |
| 30-ene-15 | 16   | 201  | 217  | BM  | 4   |     | 1,8      | 1121 | 226   | 2625        | 92,46 | 1239 | 2,21 | 7,34  |
| 31-ene-15 | 31   | 183  | 214  | BM  | 4   |     | 1,8      | 1121 | 226   | 2625        | 85,54 | 1239 | 2,19 | 7,34  |
| 01-feb-15 | 33   | 196  | 229  | BM  | 4   | 100 | 1,8      | 1117 | 236   | 2615        | 85,54 | 1234 | 2,24 | 7,66  |
| 03-feb-15 | 16   | 204  | 220  | BM  | 4   | 100 | 1,8      |      | 234   |             | 92,59 |      |      |       |
| 04-feb-15 | 18   | 206  | 224  | BM  | 4   | 100 | 1,8      |      |       |             | 91,83 |      |      |       |
| 05-feb-15 | 17   | 212  | 229  | BM  | 4   | 100 | 1,8      |      | 232   |             | 92,44 |      |      |       |
| 09-feb-15 | 18   | 196  | 215  | BM  | 4   | 100 | 1,8      | 975  | 167   | 2283        | 91,39 | 1093 | 0,88 | 18,26 |
| 11-feb-15 | 15   | 215  | 230  | BM  | 4   | 100 | 1,8      |      |       |             | 93,64 |      |      |       |
| 12-feb-15 | 17   | 205  | 221  | BM  | 4   | 100 | 1,8      |      | 159   |             | 92,52 |      |      |       |
| 13-feb-15 | 22   | 190  | 212  | BM  | 4   | 100 | 1,8      |      |       |             | 89,54 |      |      |       |
| 15-feb-15 | 19   | 262  | 281  | BM  | 4   | 100 | 2        | 1125 | 217   | 2634        | 93,15 | 1243 | 2,98 | 7,05  |
| 16-feb-15 | 19   | 244  | 262  | BM  | 4   | 100 | 2        |      |       |             | 92,85 |      |      |       |
| 17-feb-15 | 22   | 241  | 264  | BM  | 4   | 90  | 2        | 1157 | 142   | 2709        | 91,48 | 1275 | 4,24 | 4,65  |
| 18-feb-15 | 20   | 252  | 272  | BM  | 4   | 120 | 2        |      | 222   |             | 92,52 |      |      |       |
| 19-feb-15 | 20   | 233  | 253  | BM  | 4   | 120 | 2        | 1124 | 219   | 2632        | 92,10 | 1242 | 2,66 | 7,11  |
| 21-feb-15 | 18   | 238  | 255  | BM  | 4   | 120 | 2        | 1123 | 221   | 2630        | 93,13 | 1241 | 2,66 | 7,18  |
| 23-feb-15 | 13   | 233  | 246  | BM  | 4   | 120 | 2        |      |       |             | 94,79 |      |      |       |
| 24-feb-15 | 13   | 242  | 254  | BM  | 4   | 120 | 2        |      |       |             | 95,06 |      |      |       |
| 26-feb-15 | 11   | 232  | 243  | BM  | 4   | 120 | 2        |      |       |             | 95,48 |      |      |       |
| 27-feb-15 | 14   | 228  | 242  | BM  | 4   | 120 | 2        |      |       |             | 94,09 |      |      |       |
| 28-feb-15 | 15   | 230  | 245  | BM  | 4   | 120 | 2        | 1121 | 225   | 2626        | 93,78 | 1239 | 2,51 | 7,30  |

## ANEXO 18. (Continuación).

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP  | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW  | Pwf  | IP   | %DD  |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|------|-------|-------------|-------|------|------|------|
| 02-mar-15 | 11   | 241  | 252  | BM  | 4   | 120 | 2        |      | 224   |             | 95,76 |      |      |      |
| 03-mar-15 | 9    | 245  | 254  | BM  | 4   | 120 | 2        |      |       |             | 96,55 |      |      |      |
| 04-mar-15 | 9    | 243  | 252  | BM  | 4   | 120 | 2        |      | 221   |             | 96,32 |      |      |      |
| 05-mar-15 | 12   | 236  | 248  | BM  | 4   | 120 | 2        | 1123 | 221   | 2629        | 95,21 | 1240 | 2,57 | 7,21 |
| 06-mar-15 | 14   | 242  | 255  | BM  | 4   | 120 | 2        |      |       |             | 94,71 |      |      |      |
| 11-mar-15 | 15   | 231  | 247  | BM  | 4   | 120 | 2        | 1125 | 216   | 2635        | 93,77 | 1243 | 2,63 | 7,02 |
| 12-mar-15 | 11   | 235  | 245  | BM  | 4   | 120 | 2        | 1125 | 215   | 2635        | 95,71 | 1243 | 2,61 | 7,02 |
| 13-mar-15 | 10   | 233  | 243  | BM  | 4   | 120 | 2        |      | 211   |             | 95,74 |      |      |      |
| 14-mar-15 | 12   | 239  | 250  | BM  | 4   | 120 | 2        | 1126 | 214   | 2637        | 95,27 | 1244 | 2,69 | 6,95 |
| 15-mar-15 | 11   | 239  | 250  | BM  | 4   | 120 | 2        | 1126 | 214   | 2637        | 95,42 | 1244 | 2,69 | 6,95 |
| 16-mar-15 | 10   | 232  | 242  | BM  | 4   | 120 | 2        |      | 213   |             | 95,79 |      |      |      |
| 17-mar-15 | 10   | 235  | 245  | BM  | 4   | 120 | 2        | 1126 | 214   | 2637        | 95,89 | 1244 | 2,64 | 6,95 |
| 18-mar-15 | 10   | 241  | 251  | BM  | 4   | 120 | 2        |      |       |             | 95,97 |      |      |      |
| 20-mar-15 | 11   | 237  | 249  | BM  | 4   | 120 | 2        |      |       |             | 95,43 |      |      |      |
| 22-mar-15 | 18   | 222  | 240  | BM  | 4   | 120 | 2        |      |       |             | 92,65 |      |      |      |
| 23-mar-15 | 13   | 241  | 255  | BM  | 4   | 120 | 2        | 1126 | 214   | 2637        | 94,73 | 1244 | 2,74 | 6,95 |
| 24-mar-15 | 16   | 241  | 257  | BM  | 4   | 120 | 2        |      |       |             | 93,77 |      |      |      |
| 25-mar-15 | 14   | 242  | 256  | BM  | 4   | 120 | 2        |      |       |             | 94,64 |      |      |      |
| 27-mar-15 | 12   | 238  | 249  | BM  | 4   | 120 | 2        |      |       |             | 95,31 |      |      |      |
| 28-mar-15 | 13   | 225  | 237  | BM  | 4   | 120 | 2        | 1126 | 214   | 2637        | 94,73 | 1244 | 2,55 | 6,95 |
| 29-mar-15 | 14   | 245  | 259  | BM  | 4   | 120 | 2        |      |       |             | 94,59 |      |      |      |
| 30-mar-15 | 16   | 234  | 250  | BM  | 4   | 120 | 2        | 1138 | 185   | 2666        | 93,58 | 1256 | 3,10 | 6,03 |
| 31-mar-15 | 16   | 239  | 255  | BM  | 4   | 120 | 2        |      |       |             | 93,71 |      |      |      |

**Fuente.** Modificado de METAPETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Base de datos Campo Apolo  
[Libro Excel].

## ANEXO 19. Data de producción por prueba del pozo Ágata 13D.

| Prof. Zona abierta (TVD) | Presión estática | Nivel fluido mín | G.E   | Prof. Bomba | Qmax | Pwf min | Pip min | Sumergencia min |
|--------------------------|------------------|------------------|-------|-------------|------|---------|---------|-----------------|
| 3152                     | 1325             | 2.417            | 0,974 | 2442        | 3910 | 310     | 7       | 25              |

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP  | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW  | Pwf  | IP   | %DD  |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|------|-------|-------------|-------|------|------|------|
|           |      |      | 0    |     |     |     |          | 1325 |       |             |       | 1325 |      |      |
| 04-oct-14 |      | 137  | 137  | BM  | 15  |     | 1        |      |       |             | 100   |      |      |      |
| 05-oct-14 | 7    | 97   | 104  | BM  | 10  |     | 1        |      |       |             | 92,92 |      |      |      |
| 06-oct-14 | 2    | 99   | 101  | BM  | 10  |     | 1        |      |       |             | 97,66 |      |      |      |
| 08-oct-14 | 6    | 114  | 120  | BM  | 10  |     | 1        | 918  | 301   | 2149        | 95,17 | 1221 | 1,15 | 7,85 |
| 09-oct-14 | 1    | 112  | 113  | BM  | 10  |     | 1        | 933  | 265   | 2185        | 98,75 | 1236 | 1,28 | 6,69 |
| 10-oct-14 | 3    | 112  | 115  | BM  | 10  |     | 1        |      |       |             | 97,34 |      |      |      |
| 11-oct-14 | 14   | 106  | 119  | BM  | 10  |     | 1        | 957  | 209   | 2241        | 88,54 | 1260 | 1,85 | 4,88 |
| 12-oct-14 | 13   | 115  | 128  | BM  | 10  |     | 1        | 959  | 204   | 2246        | 89,58 | 1262 | 2,05 | 4,72 |
| 13-oct-14 | 14   | 104  | 118  | BM  | 10  |     | 1        |      |       |             | 88,17 |      |      |      |
| 14-oct-14 | 13   | 92   | 105  | BM  | 10  |     | 1        |      |       |             | 87,78 |      |      |      |
| 15-oct-14 | 14   | 97   | 111  | BM  | 10  |     | 1        | 962  | 199   | 2252        | 87,44 | 1265 | 1,86 | 4,53 |
| 19-oct-14 | 36   | 105  | 141  | BM  | 15  |     | 1,2      | 968  | 184   | 2266        | 74,46 | 1271 | 2,60 | 4,08 |
| 20-oct-14 | 37   | 107  | 144  | BM  | 15  |     | 1,2      |      |       |             | 74,12 |      |      |      |
| 21-oct-14 | 41   | 112  | 152  | BM  | 15  |     | 1,2      | 967  | 186   | 2264        | 73,37 | 1270 | 2,77 | 4,14 |
| 25-oct-14 | 12   | 123  | 135  | BM  | 15  |     | 1,2      | 890  | 767   | 2084        | 91,29 | 1193 | 1,03 | 9,94 |
| 28-oct-14 | 18   | 123  | 141  | BM  | 15  |     | 1,2      | 967  | 186   | 2264        | 87,18 | 1270 | 2,57 | 4,14 |
| 02-nov-14 | 9    | 123  | 132  | BM  | 15  |     | 1,2      |      |       |             | 92,87 |      |      |      |
| 04-nov-14 | 15   | 116  | 132  | BM  | 15  |     | 1,2      | 981  | 153   | 2297        | 88,28 | 1284 | 3,23 | 3,08 |
| 06-nov-14 | 13   | 118  | 131  | BM  | 15  |     | 1,2      | 965  | 190   | 2260        | 90,42 | 1268 | 2,31 | 4,27 |
| 07-nov-14 | 9    | 129  | 137  | BM  | 15  |     | 1,2      | 965  | 189   | 2261        | 93,59 | 1269 | 2,45 | 4,24 |
| 10-nov-14 | 19   | 124  | 142  | BM  | 8   |     | 1,2      | 965  | 190   | 2260        | 86,82 | 1268 | 2,52 | 4,27 |
| 11-nov-14 | 14   | 119  | 133  | BM  | 12  |     | 1,2      | 980  | 155   | 2295        | 89,14 | 1283 | 3,20 | 3,14 |
| 12-nov-14 | 16   | 126  | 143  | BM  | 12  |     | 1,2      |      |       |             | 88,62 |      |      |      |
| 13-nov-14 | 18   | 117  | 135  | BM  | 12  |     | 1,2      | 970  | 178   | 2272        | 86,75 | 1273 | 2,63 | 3,88 |
| 15-nov-14 | 17   | 117  | 134  | BM  | 13  |     | 1,2      | 971  | 176   | 2274        | 87,42 | 1274 | 2,66 | 3,82 |
| 16-nov-14 | 14   | 120  | 134  | BM  | 13  |     | 1,2      | 971  | 176   | 2274        | 89,45 | 1274 | 2,65 | 3,82 |
| 17-nov-14 | 14   | 125  | 139  | BM  | 13  |     | 1,2      | 971  | 176   | 2275        | 90,14 | 1275 | 2,76 | 3,79 |
| 20-nov-14 | 13   | 125  | 137  | BM  | 13  |     | 1,2      | 1099 | 277   | 2574        | 90,90 |      |      |      |
| 23-nov-14 | 13   | 118  | 131  | BM  | 13  |     | 1,2      | 971  | 176   | 2274        | 89,74 | 1274 | 2,59 | 3,82 |
| 27-nov-14 | 21   | 114  | 136  | BM  | 13  |     | 1,2      |      |       |             | 84,33 |      |      |      |

## ANEXO 19. (Continuación).

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW  | Pwf  | IP   | %DD  |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|-----|-------|-------------|-------|------|------|------|
| 30-nov-14 | 18   | 116  | 134  | BM  | 13  |     | 1,2      | 979 | 157   | 2293        | 86,60 | 1282 | 3,16 | 3,21 |
| 01-dic-14 | 17   | 112  | 128  | BM  | 13  |     | 1,2      |     |       |             | 86,94 |      |      |      |
| 02-dic-14 | 19   | 117  | 136  | BM  | 13  |     | 1,2      | 978 | 160   | 2290        | 85,99 | 1281 | 3,12 | 3,30 |
| 03-dic-14 | 17   | 122  | 139  | BM  | 13  |     | 1,2      | 979 | 158   | 2292        | 87,64 | 1282 | 3,23 | 3,24 |
| 04-dic-14 | 17   | 130  | 147  | BM  | 13  |     | 1,2      |     |       |             | 88,28 |      |      |      |
| 07-dic-14 | 27   | 132  | 159  | BM  | 12  |     | 1,4      |     |       |             | 83,21 |      |      |      |
| 09-dic-14 | 21   | 138  | 159  | BM  | 12  |     | 1,4      |     |       |             | 86,69 |      |      |      |
| 11-dic-14 | 21   | 137  | 157  | BM  | 12  |     | 1,4      |     |       |             | 86,78 |      |      |      |
| 13-dic-14 | 24   | 126  | 150  | BM  | 12  |     | 1,4      |     |       |             | 83,96 |      |      |      |
| 14-dic-14 | 22   | 141  | 163  | BM  | 12  |     | 1,4      | 973 | 172   | 2278        | 86,62 | 1276 | 3,34 | 3,69 |
| 18-dic-14 | 17   | 143  | 161  | BM  | 12  |     | 1,4      | 973 | 172   | 2278        | 89,29 | 1276 | 3,29 | 3,69 |
| 19-dic-14 | 18   | 143  | 161  | BM  | 12  |     | 1,4      | 973 | 172   | 2278        | 89,07 | 1276 | 3,29 | 3,69 |
| 23-dic-14 | 16   | 139  | 155  | BM  | 12  |     | 1,4      | 974 | 170   | 2280        | 89,90 | 1277 | 3,22 | 3,62 |
| 27-dic-14 | 16   | 142  | 157  | BM  | 12  |     | 1,6      |     |       |             | 90,10 |      |      |      |
| 30-dic-14 | 21   | 160  | 181  | BM  | 12  |     | 1,6      |     |       |             | 88,52 |      |      |      |
| 31-dic-14 | 19   | 173  | 192  | BM  | 12  |     | 1,6      |     |       |             | 89,99 |      |      |      |
| 01-ene-15 | 12   | 158  | 170  | BM  | 12  |     | 1,6      |     |       |             | 92,82 |      |      |      |
| 02-ene-15 | 14   | 158  | 172  | BM  | 12  |     | 1,6      |     |       |             | 91,73 |      |      |      |
| 03-ene-15 | 18   | 166  | 183  | BM  | 12  |     | 1,6      |     |       |             | 90,41 |      |      |      |
| 04-ene-15 | 16   | 172  | 188  | BM  | 12  |     | 1,6      |     |       |             | 91,24 |      |      |      |
| 05-ene-15 | 15   | 171  | 186  | BM  | 12  |     | 1,6      |     |       |             | 91,99 |      |      |      |
| 06-ene-15 | 15   | 174  | 189  | BM  | 12  |     | 1,6      |     |       |             | 92,01 |      |      |      |
| 07-ene-15 | 14   | 177  | 191  | BM  | 12  |     | 1,6      |     |       |             | 92,67 |      |      |      |
| 08-ene-15 | 13   | 169  | 182  | BM  | 12  |     | 1,6      |     |       |             | 92,91 |      |      |      |
| 09-ene-15 | 12   | 159  | 171  | BM  | 12  |     | 1,6      |     |       |             | 92,78 |      |      |      |
| 13-ene-15 | 16   | 165  | 181  | BM  | 12  |     | 1,6      |     |       |             | 91,09 |      |      |      |
| 15-ene-15 | 12   | 176  | 188  | BM  | 12  |     | 1,6      | 974 | 169   | 2281        | 93,74 | 1277 | 3,94 | 3,59 |
| 17-ene-15 | 10   | 184  | 194  | BM  | 12  |     | 1,6      | 974 | 169   | 2281        | 94,80 | 1277 | 4,08 | 3,59 |
| 18-ene-15 | 11   | 183  | 194  | BM  | 12  |     | 1,6      | 974 | 169   | 2281        | 94,29 | 1277 | 4,08 | 3,59 |
| 19-ene-15 | 9    | 188  | 198  | BM  | 12  |     | 1,6      | 974 | 169   | 2281        | 95,26 | 1277 | 4,16 | 3,59 |
| 20-ene-15 | 11   | 177  | 188  | BM  | 12  |     | 1,6      | 974 | 169   | 2281        | 94,22 | 1277 | 3,94 | 3,59 |
| 21-ene-15 | 17   | 167  | 184  | BM  | 12  |     | 1,6      | 974 | 169   | 2281        | 90,75 | 1277 | 3,87 | 3,59 |
| 22-ene-15 | 10   | 170  | 180  | BM  | 12  |     | 1,6      | 974 | 169   | 2281        | 94,35 | 1277 | 3,79 | 3,59 |
| 24-ene-15 | 16   | 164  | 180  | BM  | 12  |     | 1,6      | 974 | 169   | 2281        | 91,11 | 1277 | 3,78 | 3,59 |
| 26-ene-15 | 22   | 159  | 182  | BM  | 12  |     | 1,6      | 974 | 168   | 2282        | 87,71 | 1278 | 3,85 | 3,56 |
| 28-ene-15 | 18   | 187  | 205  | BM  | 12  |     | 1,6      | 974 | 168   | 2282        | 91,26 | 1278 | 4,34 | 3,56 |

## ANEXO 19. (Continuación).

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP  | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW  | Pwf  | IP   | %DD  |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|------|-------|-------------|-------|------|------|------|
| 30-ene-15 | 11   | 173  | 185  | BM  | 12  |     | 1,6      | 975  | 168   | 2283        | 93,84 | 1278 | 3,95 | 3,53 |
| 31-ene-15 | 9    | 179  | 189  | BM  | 12  |     | 1,6      | 975  | 168   | 2283        | 94,99 | 1278 | 4,04 | 3,53 |
| 01-feb-15 | 9    | 177  | 186  | BM  | 12  |     | 1,6      | 975  | 167   | 2283        | 94,99 | 1278 | 3,99 | 3,53 |
| 03-feb-15 | 9    | 177  | 186  | BM  | 12  |     | 1,6      | 907  | 168   | 2123        | 94,98 | 1210 | 1,62 | 8,69 |
| 05-feb-15 | 9    | 181  | 190  | BM  | 12  |     | 1,6      | 907  | 168   | 2123        | 95,42 | 1210 | 1,65 | 8,69 |
| 07-feb-15 | 7    | 180  | 187  | BM  | 12  |     | 1,6      | 907  | 166   | 2123        | 96,01 | 1210 | 1,63 | 8,69 |
| 09-feb-15 | 7    | 180  | 187  | BM  | 12  |     | 1,6      | 1131 | 226   | 2648        | 96,21 | 1434 |      |      |
| 10-feb-15 | 6    | 177  | 183  | BM  | 12  |     | 1,6      | 971  | 176   | 2274        | 96,76 | 1274 | 3,61 | 3,82 |
| 13-feb-15 | 10   | 174  | 184  | BM  | 12  |     | 1,6      |      |       |             | 94,77 |      |      |      |
| 14-feb-15 | 14   | 239  | 253  | BM  | 12  |     | 2,1      | 974  | 169   | 2281        | 94,47 | 1277 | 5,31 | 3,59 |
| 15-feb-15 | 12   | 257  | 269  | BM  | 25  |     | 2,1      | 980  | 156   | 2294        | 95,48 | 1283 | 6,41 | 3,17 |
| 16-feb-15 | 12   | 239  | 251  | BM  | 12  |     | 2,1      |      |       |             | 95,13 |      |      |      |
| 17-feb-15 | 11   | 238  | 249  | BM  | 30  |     | 2,1      | 978  | 160   | 2290        | 95,53 | 1281 | 5,69 | 3,30 |
| 19-feb-15 | 11   | 233  | 244  | BM  | 30  |     | 2,1      | 979  | 158   | 2292        | 95,55 | 1282 | 5,68 | 3,24 |
| 22-feb-15 | 3    | 269  | 273  | BM  | 30  |     | 2,1      | 979  | 158   | 2292        | 98,74 | 1282 | 6,35 | 3,24 |
| 24-feb-15 | 11   | 241  | 252  | BM  | 30  |     | 2,1      |      |       |             | 95,72 |      |      |      |
| 25-feb-15 | 12   | 244  | 257  | BM  | 30  |     | 2,1      | 1125 | 239   | 2635        | 95,17 | 1428 |      |      |
| 26-feb-15 | 9    | 237  | 246  | BM  | 30  |     | 2,1      |      |       |             | 96,34 |      |      |      |
| 28-feb-15 | 10   | 226  | 235  | BM  | 30  |     | 2,1      | 974  | 170   | 2280        | 95,81 | 1277 | 4,90 | 3,62 |
| 01-mar-15 | 10   | 233  | 243  | BM  | 30  |     | 2,1      | 975  | 166   | 2284        | 95,95 | 1278 | 5,25 | 3,50 |
| 02-mar-15 | 10   | 228  | 238  | BM  | 30  |     | 2,1      | 975  | 167   | 2283        | 95,61 | 1278 | 5,10 | 3,53 |
| 03-mar-15 | 11   | 231  | 242  | BM  | 30  |     | 2,1      |      |       |             | 95,41 |      |      |      |
| 04-mar-15 | 9    | 237  | 246  | BM  | 30  |     | 2,1      | 974  | 168   | 2282        | 96,48 | 1278 | 5,21 | 3,56 |
| 06-mar-15 | 8    | 240  | 247  | BM  | 30  |     | 2,1      |      |       |             | 96,95 |      |      |      |
| 07-mar-15 | 11   | 231  | 242  | BM  | 30  |     | 2,1      | 975  | 166   | 2284        | 95,50 | 1278 | 5,23 | 3,50 |
| 08-mar-15 | 12   | 226  | 238  | BM  | 30  |     | 2,1      |      |       |             | 94,98 |      |      |      |
| 12-mar-15 | 6    | 231  | 238  | BM  | 30  |     | 2,1      | 975  | 166   | 2284        | 97,43 | 1278 | 5,13 | 3,50 |
| 13-mar-15 | 5    | 241  | 246  | BM  | 30  |     | 2,1      | 977  | 163   | 2287        | 97,82 | 1280 | 5,46 | 3,40 |
| 15-mar-15 | 8    | 237  | 244  | BM  | 30  |     | 2,1      | 975  | 168   | 2283        | 96,93 | 1278 | 5,23 | 3,53 |
| 17-mar-15 | 6    | 238  | 245  | BM  | 30  |     | 2,1      | 975  | 166   | 2284        | 97,41 | 1278 | 5,28 | 3,50 |
| 18-mar-15 | 5    | 235  | 241  | BM  | 30  |     | 2,1      |      |       |             | 97,73 |      |      |      |
| 19-mar-15 | 8    | 231  | 239  | BM  | 30  |     | 2,1      | 1144 | 194   | 2680        | 96,70 | 1447 |      |      |
| 20-mar-15 | 9    | 219  | 229  | BM  | 30  |     | 2,1      |      |       |             | 95,99 |      |      |      |
| 31-mar-15 | 15   | 276  | 291  | BM  | 20  |     | 2,1      |      |       |             | 95,01 |      |      |      |

**Fuente.** Modificado de METAPETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Base de datos Campo Apolo  
[Libro Excel].

## ANEXO 20. Data de producción por prueba del pozo Ágata 14D.

| Prof. Zona abierta (TVD) | Presión estática | Nivel fluido mín | G.E   | Prof. Bomba | Qmax | Pwf min | Pip min | Sumergencia min |
|--------------------------|------------------|------------------|-------|-------------|------|---------|---------|-----------------|
| 3122                     | 1337             | 2.843            | 0,974 | 2868        | 1381 | 118     | 9       | 25              |

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP  | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW  | Pwf  | IP   | %DD   |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|------|-------|-------------|-------|------|------|-------|
|           |      |      | 0    |     |     |     |          | 1337 |       |             |       | 1337 |      |       |
| 07-nov-14 | 0    | 108  | 109  | BM  | 5   |     | 0,8      | 1337 |       |             | 99,71 |      |      |       |
| 08-nov-14 | 97   | 8    | 104  | BM  | 10  |     | 0,8      | 953  | 643   | 2231        | 7,23  | 1061 | 0,38 | 20,66 |
| 09-nov-14 | 101  | 8    | 109  | BM  | 10  |     | 0,8      | 954  | 640   | 2234        | 7,49  | 1062 | 0,40 | 20,56 |
| 10-nov-14 | 101  | 8    | 109  | BM  | 10  |     | 0,8      | 953  | 641   | 2233        | 7,14  | 1062 | 0,40 | 20,59 |
| 11-nov-14 | 96   | 7    | 103  | BM  | 12  |     | 0,8      | 956  | 635   | 2239        | 7,07  | 1065 | 0,38 | 20,40 |
| 12-nov-14 | 103  | 8    | 111  | BM  | 12  |     | 0,8      |      |       |             | 7,19  |      |      |       |
| 13-nov-14 | 87   | 17   | 105  | BM  | 12  |     | 0,8      | 951  | 646   | 2228        | 16,48 | 1060 | 0,38 | 20,75 |
| 15-nov-14 | 81   | 28   | 109  | BM  | 12  |     | 0,8      | 990  | 556   | 2318        | 25,78 | 1098 | 0,45 | 17,88 |
| 21-nov-14 | 45   | 69   | 114  | BM  | 10  |     | 0,8      | 1048 | 420   | 2455        | 60,83 | 1157 | 0,63 | 13,51 |
| 22-nov-14 | 44   | 65   | 109  | BM  | 10  |     | 0,8      | 1056 | 401   | 2473        | 59,85 | 1164 | 0,63 | 12,93 |
| 23-nov-14 | 44   | 65   | 109  | BM  | 10  |     | 0,8      | 1056 | 401   | 2473        | 59,61 | 1164 | 0,63 | 12,93 |
| 24-nov-14 | 42   | 67   | 109  | BM  | 10  |     | 0,8      | 1108 | 278   | 2596        | 61,34 | 1217 | 0,90 | 9,01  |
| 30-nov-14 | 16   | 87   | 103  | BM  | 10  |     | 0,8      | 1093 | 315   | 2559        | 84,58 | 1201 | 0,75 | 10,19 |
| 01-dic-14 | 17   | 86   | 104  | BM  | 10  |     | 0,8      |      |       |             | 83,17 |      |      |       |
| 02-dic-14 | 17   | 86   | 103  | BM  | 10  |     | 0,8      | 1095 | 310   | 2564        | 83,37 | 1203 | 0,77 | 10,03 |
| 07-dic-14 | 32   | 100  | 131  | BM  | 10  |     | 1        |      |       |             | 75,94 |      |      |       |
| 08-dic-14 | 30   | 97   | 127  | BM  | 10  |     | 1        | 1103 | 291   | 2583        | 76,44 | 1211 | 1,00 | 9,42  |
| 10-dic-14 | 28   | 93   | 121  | BM  | 10  |     | 1        | 1103 | 291   | 2583        | 77,16 | 1211 | 0,96 | 9,42  |
| 11-dic-14 | 28   | 88   | 116  | BM  | 10  |     | 1        |      |       |             | 76,24 |      |      |       |
| 13-dic-14 | 30   | 105  | 134  | BM  | 10  |     | 1        |      |       |             | 78,02 |      |      |       |
| 15-dic-14 | 30   | 103  | 133  | BM  | 10  |     | 1        |      |       |             | 77,70 |      |      |       |
| 18-dic-14 | 26   | 102  | 128  | BM  | 10  |     | 1        | 1103 | 291   | 2583        | 79,82 | 1211 | 1,01 | 9,42  |
| 20-dic-14 | 19   | 108  | 126  | BM  | 10  |     | 1        | 1103 | 291   | 2583        | 85,37 | 1211 | 1,00 | 9,42  |
| 22-dic-14 | 14   | 105  | 119  | BM  | 8   |     | 1        | 1124 | 242   | 2632        | 88,39 | 1232 | 1,13 | 7,86  |
| 25-dic-14 | 15   | 107  | 122  | BM  | 8   |     | 1        | 1129 | 230   | 2644        | 87,92 | 1237 | 1,22 | 7,47  |
| 26-dic-14 | 16   | 107  | 123  | BM  | 8   |     | 1        |      |       |             | 87,06 |      |      |       |
| 27-dic-14 | 15   | 115  | 131  | BM  | 8   |     | 1        |      |       |             | 88,33 |      |      |       |
| 28-dic-14 | 17   | 116  | 133  | BM  | 8   |     | 1        |      |       |             | 87,00 |      |      |       |
| 29-dic-14 | 18   | 111  | 128  | BM  | 8   |     | 1        |      |       |             | 86,29 |      |      |       |
| 31-dic-14 | 16   | 117  | 132  | BM  | 8   |     | 1        |      |       |             | 88,03 |      |      |       |
| 01-ene-15 | 15   | 111  | 126  | BM  | 8   |     | 1        |      |       |             | 88,18 |      |      |       |

## ANEXO 20. (Continuación).

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP  | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW  | Pwf  | IP   | %DD   |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|------|-------|-------------|-------|------|------|-------|
| 02-ene-15 | 18   | 116  | 135  | BM  | 8   |     | 1        |      |       |             | 86,43 |      |      |       |
| 03-ene-15 | 19   | 110  | 129  | BM  | 8   |     | 1        |      |       |             | 85,11 |      |      |       |
| 04-ene-15 | 19   | 115  | 134  | BM  | 8   |     | 1        |      |       |             | 85,77 |      |      |       |
| 07-ene-15 | 24   | 108  | 132  | BM  | 8   |     | 1        |      |       |             | 82,13 |      |      |       |
| 08-ene-15 | 22   | 103  | 125  | BM  | 8   |     | 1        |      |       |             | 82,39 |      |      |       |
| 09-ene-15 | 24   | 107  | 131  | BM  | 8   |     | 1        |      |       |             | 81,62 |      |      |       |
| 10-ene-15 | 21   | 109  | 131  | BM  | 8   |     | 1        |      |       |             | 83,77 |      |      |       |
| 11-ene-15 | 22   | 111  | 133  | BM  | 8   |     | 1        |      |       |             | 83,54 |      |      |       |
| 14-ene-15 | 27   | 137  | 163  | BM  | 8   |     | 1,3      | 1129 | 230   | 2644        | 83,71 | 1237 | 1,63 | 7,47  |
| 21-ene-15 | 34   | 169  | 203  | BM  | 8   |     | 1,3      |      |       |             | 83,10 |      |      |       |
| 22-ene-15 | 29   | 175  | 205  | BM  | 8   |     | 1,3      |      |       |             | 85,58 |      |      |       |
| 29-ene-15 | 58   | 146  | 205  | BM  | 8   |     | 1,3      | 1132 | 222   | 2652        | 71,52 | 1241 | 2,12 | 7,22  |
| 30-ene-15 | 43   | 220  | 263  | BM  | 8   |     | 1,6      | 1132 | 222   | 2652        | 83,61 | 1241 | 2,72 | 7,22  |
| 01-feb-15 | 11   | 227  | 238  | BM  | 8   |     | 1,6      | 1128 | 232   | 2642        | 95,58 | 1237 | 2,36 | 7,54  |
| 02-feb-15 | 11   | 222  | 233  | BM  | 8   |     | 1,6      |      |       |             | 95,33 |      |      |       |
| 04-feb-15 | 21   | 210  | 232  | BM  | 8   |     | 1,6      |      |       |             | 90,86 |      |      |       |
| 05-feb-15 | 10   | 230  | 240  | BM  | 8   |     | 1,6      | 1129 | 229   | 2645        | 95,88 | 1238 | 2,41 | 7,44  |
| 06-feb-15 | 17   | 217  | 234  | BM  | 8   |     | 1,6      |      |       |             | 92,90 |      |      |       |
| 07-feb-15 | 14   | 224  | 238  | BM  | 8   |     | 1,6      | 1131 | 226   | 2648        | 94,14 | 1239 | 2,42 | 7,35  |
| 10-feb-15 | 13   | 229  | 242  | BM  | 8   |     | 1,6      | 1133 | 221   | 2653        | 94,49 | 1241 | 2,52 | 7,19  |
| 12-feb-15 | 13   | 222  | 234  | BM  | 8   |     | 1,6      | 931  | 694   | 2180        | 94,64 | 1039 | 0,79 | 22,29 |
| 13-feb-15 | 10   | 220  | 231  | BM  | 8   |     | 1,6      |      |       |             | 95,49 |      |      |       |
| 15-feb-15 | 15   | 327  | 342  | BM  | 10  |     | 2,1      | 1126 | 236   | 2638        | 95,66 | 1235 | 3,33 | 7,66  |
| 16-feb-15 | 18   | 312  | 330  | BM  | 8   |     | 2,1      |      |       |             | 94,65 |      |      |       |
| 17-feb-15 | 18   | 337  | 356  | BM  | 10  |     | 2,1      | 1122 | 246   | 2628        | 94,84 | 1231 | 3,33 | 7,98  |
| 18-feb-15 | 17   | 338  | 355  | BM  | 10  |     | 2,1      | 1119 | 254   | 2620        | 95,16 | 1227 | 3,23 | 8,24  |
| 19-feb-15 | 16   | 303  | 319  | BM  | 10  |     | 2,1      | 1118 | 255   | 2619        | 94,92 | 1227 | 2,88 | 8,27  |
| 21-feb-15 | 14   | 309  | 323  | BM  | 10  |     | 2,1      | 1118 | 255   | 2619        | 95,66 | 1227 | 2,92 | 8,27  |
| 22-feb-15 | 17   | 324  | 341  | BM  | 10  |     | 2,1      | 1118 | 256   | 2618        | 95,11 | 1226 | 3,07 | 8,30  |
| 23-feb-15 | 14   | 299  | 313  | BM  | 10  |     | 2,1      |      |       |             | 95,42 |      |      |       |
| 24-feb-15 | 20   | 303  | 323  | BM  | 10  |     | 2,1      |      |       |             | 93,90 |      |      |       |
| 25-feb-15 | 20   | 295  | 315  | BM  | 10  |     | 2,1      | 880  | 824   | 2061        | 93,69 | 989  | 0,90 | 26,09 |
| 26-feb-15 | 20   | 297  | 317  | BM  | 10  |     | 2,1      |      |       |             | 93,67 |      |      |       |
| 27-feb-15 | 17   | 308  | 325  | BM  | 10  |     | 2,1      |      |       |             | 94,84 |      |      |       |
| 28-feb-15 | 17   | 311  | 328  | BM  | 10  |     | 2,1      | 1126 | 236   | 2638        | 94,96 | 1235 | 3,20 | 7,66  |
| 01-mar-15 | 15   | 310  | 325  | BM  | 10  |     | 2,1      | 1127 | 236   | 2639        | 95,38 | 1235 | 3,18 | 7,63  |
| 02-mar-15 | 14   | 308  | 322  | BM  | 10  |     | 2,1      | 1127 | 234   | 2640        | 95,73 | 1236 | 3,16 | 7,60  |
| 03-mar-15 | 12   | 303  | 314  | BM  | 10  |     | 2,1      |      |       |             | 96,23 |      |      |       |
| 05-mar-15 | 14   | 311  | 325  | BM  | 10  |     | 2,1      | 1129 | 231   | 2643        | 95,61 | 1237 | 3,24 | 7,50  |

## ANEXO 20. (Continuación).

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP  | NIVEL | SUMERGENCIA | %BSW  | Pwf  | IP   | %DD   |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|------|-------|-------------|-------|------|------|-------|
| 08-mar-15 | 13   | 307  | 320  | BM  | 10  |     | 2,1      |      |       |             | 95,96 |      |      |       |
| 12-mar-15 | 13   | 306  | 319  | BM  | 10  |     | 2,1      | 1132 | 224   | 2650        | 96,03 | 1240 | 3,27 | 7,28  |
| 13-mar-15 | 14   | 304  | 319  | BM  | 10  |     | 2,1      | 1133 | 221   | 2654        | 95,51 | 1242 | 3,33 | 7,15  |
| 14-mar-15 | 16   | 304  | 319  | BM  | 10  |     | 2,1      | 1132 | 222   | 2652        | 95,07 | 1241 | 3,31 | 7,22  |
| 15-mar-15 | 14   | 311  | 324  | BM  | 10  |     | 2,1      | 1133 | 221   | 2653        | 95,84 | 1241 | 3,37 | 7,19  |
| 16-mar-15 | 14   | 308  | 322  | BM  | 10  |     | 2,1      | 1134 | 219   | 2655        | 95,62 | 1242 | 3,38 | 7,12  |
| 17-mar-15 | 14   | 308  | 322  | BM  | 10  |     | 2,1      | 1135 | 217   | 2657        | 95,63 | 1243 | 3,42 | 7,06  |
| 19-mar-15 | 12   | 285  | 296  | BM  | 10  |     | 2,1      | 918  | 735   | 2150        | 96,00 | 1027 | 0,95 | 23,24 |
| 21-mar-15 | 14   | 308  | 322  | BM  | 10  |     | 2,1      | 1133 | 221   | 2653        | 95,62 | 1241 | 3,35 | 7,19  |
| 22-mar-15 | 15   | 304  | 319  | BM  | 10  |     | 2,1      |      |       |             | 95,34 |      |      |       |
| 23-mar-15 | 15   | 316  | 332  | BM  | 10  |     | 2,1      | 1134 | 219   | 2655        | 95,42 | 1242 | 3,48 | 7,12  |
| 25-mar-15 | 23   | 306  | 328  | BM  | 10  |     | 2,1      | 1136 | 214   | 2660        | 93,12 | 1244 | 3,53 | 6,96  |
| 26-mar-15 | 22   | 303  | 324  | BM  | 10  |     | 2,1      | 1135 | 216   | 2658        | 93,35 | 1243 | 3,45 | 7,03  |
| 27-mar-15 | 21   | 317  | 337  | BM  | 10  |     | 2,1      |      |       |             | 93,82 |      |      |       |
| 28-mar-15 | 21   | 308  | 329  | BM  | 10  |     | 2,1      | 1144 | 196   | 2678        | 93,63 | 1252 | 3,85 | 6,39  |
| 29-mar-15 | 24   | 291  | 315  | BM  | 10  |     | 2,1      |      |       |             | 92,26 |      |      |       |
| 30-mar-15 | 25   | 305  | 330  | BM  | 10  |     | 2,1      | 1135 | 216   | 2658        | 92,50 | 1243 | 3,51 | 7,03  |

**Fuente.** Modificado de METAPETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Base de datos Campo Apolo [Libro Excel].



## ANEXO 21. Data de producción por prueba de pozo Ágata 16D.

| Prof. Zona abierta (TVD) | Presión estática | Nivel fluido mín | G.E   | Prof. Bomba | Qmax | Pwf min | Pip min | Sumergencia min |
|--------------------------|------------------|------------------|-------|-------------|------|---------|---------|-----------------|
| 2666                     | 1345             | 2.854            | 0,974 | 2879        | 706  |         | 12      | 25              |

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP  | NIVEL | SUMERGENCIA | BSW   | Pwf  | IP   | %DD   |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|------|-------|-------------|-------|------|------|-------|
|           |      |      | 0    |     |     |     |          | 1345 |       |             |       | 1345 |      |       |
| 16-nov-14 |      | 104  | 104  | BM  | 2   |     | 0,8      |      |       |             | 100   |      |      |       |
| 17-nov-14 |      | 98   | 98   | BM  | 2   |     | 0,8      |      |       |             | 100   |      |      |       |
| 18-nov-14 |      | 102  | 102  | BM  | 2   |     | 0,8      |      |       |             | 100   |      |      |       |
| 23-nov-14 |      | 169  | 169  | BM  | 2   |     | 1,1      | 1024 | 488   | 2397        | 100   | 932  | 0,41 | 30,68 |
| 24-nov-14 | 27   | 179  | 206  | BM  | 2   |     | 1,4      | 916  | 739   | 2146        | 87,00 | 825  | 0,40 | 38,64 |
| 26-nov-14 | 24   | 153  | 177  | BM  | 2   |     | 1,4      |      |       |             | 86,38 |      |      |       |
| 02-dic-14 | 21   | 178  | 199  | BM  | 2   |     | 1,4      | 955  | 649   | 2236        | 89,59 | 864  | 0,41 | 35,79 |
| 03-dic-14 | 18   | 138  | 157  | BM  | 2   |     | 1,4      |      |       |             | 88,34 |      |      |       |
| 09-dic-14 | 39   | 181  | 220  | BM  | 2   |     | 1,6      | 951  | 658   | 2227        | 82,41 | 860  | 0,45 | 36,07 |
| 11-dic-14 | 36   | 192  | 228  | BM  | 2   |     | 1,6      | 957  | 644   | 2241        | 84,28 | 866  | 0,48 | 35,63 |
| 13-dic-14 | 38   | 204  | 242  | BM  | 2   |     | 1,6      |      |       |             | 84,32 |      |      |       |
| 15-dic-14 | 23   | 191  | 214  | BM  | 2   |     | 1,6      |      |       |             | 89,38 |      |      |       |
| 22-dic-14 | 21   | 165  | 186  | BM  | 2   |     | 1,6      | 961  | 635   | 2250        | 88,78 | 870  | 0,39 | 35,34 |
| 25-dic-14 | 35   | 222  | 257  | BM  | 2   |     | 1,8      | 938  | 689   | 2196        | 86,25 | 847  | 0,52 | 37,06 |
| 26-dic-14 | 24   | 224  | 248  | BM  | 2   |     | 1,8      | 934  | 698   | 2187        | 90,31 | 843  | 0,49 | 37,34 |
| 28-dic-14 | 23   | 230  | 253  | BM  | 2   |     | 1,8      | 946  | 670   | 2215        | 90,88 | 855  | 0,52 | 36,45 |
| 30-dic-14 | 21   | 215  | 236  | BM  | 2   |     | 1,8      | 956  | 646   | 2239        | 91,20 | 865  | 0,49 | 35,69 |
| 01-ene-15 | 21   | 243  | 264  | BM  | 2   |     | 1,8      |      |       |             | 92,11 |      |      |       |
| 03-ene-15 | 20   | 244  | 264  | BM  | 2   |     | 1,8      |      |       |             | 92,43 |      |      |       |
| 06-ene-15 | 31   | 244  | 275  | BM  | 2   |     | 1,8      | 938  | 681   | 2196        | 88,87 | 847  | 0,55 | 37,06 |
| 07-ene-15 | 26   | 219  | 245  | BM  | 2   |     | 1,8      | 942  | 670   | 2207        | 89,45 | 851  | 0,50 | 36,71 |
| 10-ene-15 | 35   | 223  | 258  | BM  | 2   |     | 1,8      | 939  | 685   | 2200        | 86,33 | 848  | 0,52 | 36,93 |
| 11-ene-15 | 35   | 225  | 259  | BM  | 2   |     | 1,8      | 939  | 678   | 2199        | 86,64 | 848  | 0,52 | 36,96 |
| 12-ene-15 | 38   | 215  | 253  | BM  | 2   |     | 1,8      | 970  | 605   | 2272        | 84,82 | 879  | 0,54 | 34,65 |
| 13-ene-15 | 32   | 223  | 254  | BM  | 2   |     | 1,8      | 970  | 605   | 2272        | 87,59 | 879  | 0,55 | 34,65 |
| 14-ene-15 | 29   | 208  | 238  | BM  | 2   |     | 1,8      | 945  | 671   | 2214        | 87,65 | 854  | 0,48 | 36,49 |
| 16-ene-15 | 14   | 264  | 278  | BM  | 2   |     | 2        | 918  | 735   | 2150        | 95,03 | 827  | 0,54 | 38,52 |
| 17-ene-15 | 18   | 257  | 275  | BM  | 2   |     | 2        | 956  | 647   | 2238        | 93,43 | 865  | 0,57 | 35,72 |
| 18-ene-15 | 23   | 253  | 276  | BM  | 2   |     | 2        | 956  | 647   | 2238        | 91,76 | 865  | 0,57 | 35,72 |
| 20-ene-15 | 24   | 241  | 265  | BM  | 2   |     | 2        |      |       |             | 91,12 |      |      |       |

## ANEXO 21. (Continuación).

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP | NIVEL | SUMERGENCIA | BSW   | Pwf | IP   | %DD   |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|-----|-------|-------------|-------|-----|------|-------|
| 21-ene-15 | 25   | 268  | 293  | BM  | 2   |     | 2        |     |       |             | 91,54 |     |      |       |
| 22-ene-15 | 21   | 247  | 268  | BM  | 2   |     | 2        |     |       |             | 92,18 |     |      |       |
| 26-ene-15 | 18   | 275  | 293  | BM  | 2   |     | 2        |     |       |             | 93,72 |     |      |       |
| 27-ene-15 | 18   | 254  | 272  | BM  | 2   |     | 2        |     |       |             | 93,45 |     |      |       |
| 29-ene-15 | 21   | 245  | 266  | BM  | 2   |     | 2        |     |       |             | 92,22 |     |      |       |
| 30-ene-15 | 33   | 301  | 334  | BM  | 2   |     | 2,3      |     |       |             | 90,09 |     |      |       |
| 31-ene-15 | 26   | 330  | 355  | BM  | 2   |     | 2,3      |     |       |             | 92,81 |     |      |       |
| 02-feb-15 | 14   | 329  | 343  | BM  | 2   |     | 2,3      |     |       |             | 95,92 |     |      |       |
| 06-feb-15 | 26   | 314  | 340  | BM  | 2   |     | 2,3      |     |       |             | 92,36 |     |      |       |
| 08-feb-15 | 18   | 324  | 342  | BM  | 2   |     | 2,4      |     |       |             | 94,84 |     |      |       |
| 09-feb-15 | 16   | 309  | 325  | BM  | 2   |     | 2,4      | 758 | 788   | 1776        | 95,04 | 667 | 0,48 | 50,39 |
| 13-feb-15 | 19   | 338  | 358  | BM  | 2   |     | 2,4      |     |       |             | 94,58 |     |      |       |
| 14-feb-15 | 21   | 368  | 389  | BM  | 2   |     | 2,9      | 932 | 695   | 2182        | 94,69 | 841 | 0,77 | 37,50 |
| 15-feb-15 | 23   | 370  | 393  | BM  | 2   |     | 2,9      | 897 | 784   | 2101        | 94,18 | 806 | 0,73 | 40,07 |
| 16-feb-15 | 25   | 376  | 401  | BM  | 2   |     | 2,9      | 897 | 784   | 2101        | 93,81 | 806 | 0,74 | 40,07 |
| 19-feb-15 | 27   | 381  | 407  | BM  | 2   |     | 2,9      | 886 | 809   | 2076        | 93,44 | 795 | 0,74 | 40,87 |
| 21-feb-15 | 17   | 389  | 407  | BM  | 2   |     | 2,9      | 886 | 810   | 2075        | 95,74 | 795 | 0,74 | 40,90 |
| 22-feb-15 | 20   | 390  | 410  | BM  | 2   |     | 2,9      | 891 | 799   | 2086        | 95,12 | 800 | 0,75 | 40,55 |
| 23-feb-15 | 18   | 396  | 415  | BM  | 2   |     | 2,9      |     |       |             | 95,57 |     |      |       |
| 24-feb-15 | 21   | 381  | 402  | BM  | 2   |     | 2,9      |     |       |             | 94,87 |     |      |       |
| 25-feb-15 | 23   | 383  | 406  | BM  | 2   |     | 2,9      | 784 | 730   | 1835        | 94,27 | 692 | 0,62 | 48,52 |
| 26-feb-15 | 19   | 370  | 389  | BM  | 2   |     | 2,9      |     |       |             | 95,09 |     |      |       |
| 02-mar-15 | 23   | 368  | 391  | BM  | 5   |     | 2,9      | 901 | 776   | 2109        | 94,19 | 809 | 0,73 | 39,82 |
| 06-mar-15 | 20   | 355  | 375  | BM  | 5   |     | 2,9      |     |       |             | 94,68 |     |      |       |
| 08-mar-15 | 20   | 354  | 375  | BM  | 5   |     | 2,9      |     |       |             | 94,63 |     |      |       |
| 11-mar-15 | 25   | 340  | 365  | BM  | 5   |     | 2,9      | 900 | 777   | 2108        | 93,27 | 809 | 0,68 | 39,85 |
| 17-mar-15 | 23   | 365  | 389  | BM  | 4   |     | 2,9      | 910 | 753   | 2132        | 93,96 | 819 | 0,74 | 39,09 |
| 21-mar-15 | 18   | 374  | 392  | BM  | 2   |     | 2,9      | 923 | 723   | 2162        | 95,47 | 832 | 0,76 | 38,14 |
| 23-mar-15 | 21   | 356  | 376  | BM  | 2   |     | 2,9      | 921 | 728   | 2157        | 94,49 | 830 | 0,73 | 38,30 |
| 26-mar-15 | 24   | 365  | 389  | BM  | 2   |     | 2,9      | 920 | 730   | 2155        | 93,94 | 829 | 0,75 | 38,36 |
| 27-mar-15 | 22   | 372  | 394  | BM  | 2   |     | 2,9      |     |       |             | 94,42 |     |      |       |
| 28-mar-15 | 26   | 368  | 394  | BM  | 2   |     | 2,9      | 930 | 708   | 2177        | 93,50 | 839 | 0,78 | 37,66 |
| 29-mar-15 | 19   | 379  | 397  | BM  | 2   |     | 2,9      |     |       |             | 95,30 |     |      |       |
| 30-mar-15 | 21   | 364  | 385  | BM  | 2   |     | 2,9      | 966 | 622   | 2263        | 94,52 | 875 | 0,82 | 34,93 |

**Fuente.** Modificado de METAPETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Base de datos Campo Apolo  
[Libro Excel].

## ANEXO 22. Data de producción por prueba del pozo Ágata 17D.

| Prof. Zona abierta (TVD) | Presión estática | Nivel fluido mín | G.E   | Prof. Bomba | Qmax | Pwf min | Pip min | Sumergencia min |
|--------------------------|------------------|------------------|-------|-------------|------|---------|---------|-----------------|
| 3132                     | 1333             | 2.536            | 0,974 | 2561        | 972  | 251     | 8       | 25              |

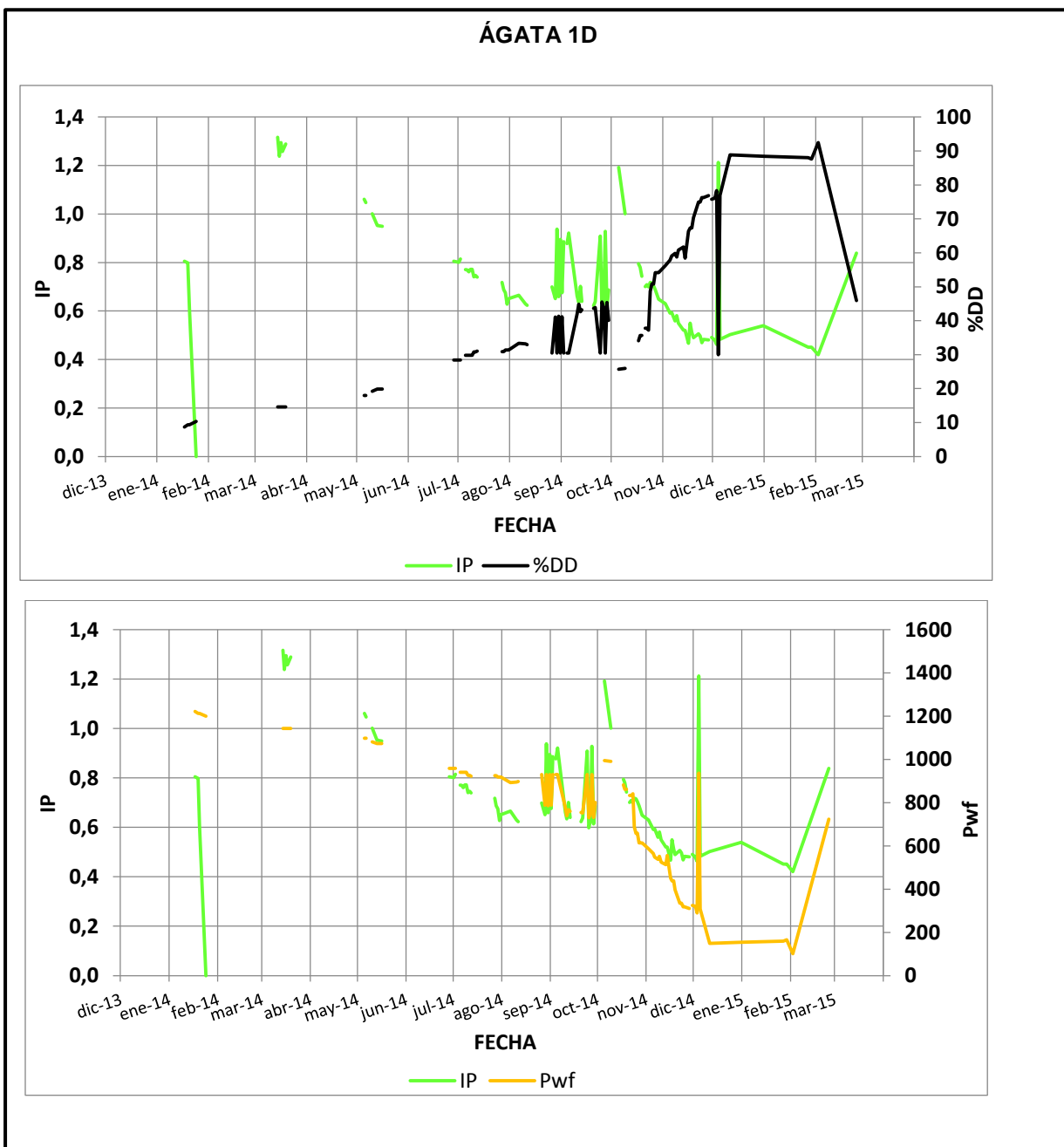
| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP  | NIVEL | SUMERGENCIA | BSW   | Pwf  | IP   | %DD   |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|------|-------|-------------|-------|------|------|-------|
|           |      |      | 0    |     |     |     |          | 1333 |       |             |       | 1333 |      |       |
| 15-ene-15 |      | 110  | 110  | BM  | 5   |     | 0,8      |      |       |             | 100   |      |      |       |
| 25-ene-15 | 70   | 50   | 120  | BM  | 20  |     | 0,9      |      |       |             | 41,46 |      |      |       |
| 26-ene-15 | 88   | 22   | 111  | BM  | 35  |     | 0,8      |      |       |             | 20,16 |      |      |       |
| 27-ene-15 | 97   | 28   | 125  | BM  | 35  |     | 0,8      |      |       |             | 22,36 |      |      |       |
| 29-ene-15 | 99   | 26   | 125  | BM  | 35  |     | 0,8      |      |       |             | 20,82 |      |      |       |
| 07-feb-15 | 50   | 80   | 130  | BM  | 35  |     | 0,8      | 742  | 827   | 1737        | 61,75 | 985  | 0,23 | 26,09 |
| 10-feb-15 | 48   | 81   | 129  | BM  | 35  |     | 0,8      | 793  | 707   | 1858        | 62,95 | 1037 | 0,27 | 22,22 |
| 15-feb-15 | 45   | 87   | 132  | BM  | 35  |     | 0,8      | 833  | 614   | 1951        | 66,09 | 1077 | 0,34 | 19,24 |
| 16-feb-15 | 48   | 84   | 132  | BM  | 35  |     | 0,8      |      |       |             | 63,49 |      |      |       |
| 18-feb-15 | 67   | 116  | 183  | BM  | 12  |     | 1,4      | 761  | 782   | 1783        | 63,34 | 1005 | 0,35 | 24,62 |
| 19-feb-15 | 69   | 121  | 191  | BM  | 12  |     | 1,4      | 770  | 761   | 1804        | 63,54 | 1014 | 0,38 | 23,95 |
| 23-feb-15 | 49   | 142  | 192  | BM  | 12  |     | 1,4      | 793  | 662   | 1857        | 74,21 | 1037 | 0,48 | 22,25 |
| 25-feb-15 | 41   | 142  | 184  | BM  | 12  |     | 1,4      |      |       |             | 77,44 |      |      |       |
| 27-feb-15 | 50   | 142  | 192  | BM  | 12  |     | 1,4      |      |       |             | 74,06 |      |      |       |
| 03-mar-15 | 38   | 158  | 196  | BM  | 12  |     | 1,4      |      |       |             | 80,56 |      |      |       |
| 06-mar-15 | 45   | 143  | 188  | BM  | 10  |     | 1,4      |      |       |             | 76,20 |      |      |       |
| 08-mar-15 | 45   | 139  | 184  | BM  | 10  |     | 1,4      |      |       |             | 75,65 |      |      |       |
| 12-mar-15 | 45   | 144  | 188  | BM  | 10  |     | 1,4      | 857  | 558   | 2007        | 76,31 | 1101 | 0,62 | 17,45 |
| 13-mar-15 | 43   | 147  | 190  | BM  | 10  |     | 1,4      | 864  | 542   | 2023        | 77,17 | 1108 | 0,65 | 16,93 |
| 14-mar-15 | 41   | 152  | 192  | BM  | 10  |     | 1,4      | 854  | 563   | 2001        | 78,93 | 1098 | 0,65 | 17,64 |
| 15-mar-15 | 43   | 151  | 194  | BM  | 10  |     | 1,4      | 858  | 555   | 2009        | 77,66 | 1102 | 0,65 | 17,38 |
| 16-mar-15 | 38   | 153  | 191  | BM  | 10  |     | 1,4      | 863  | 545   | 2020        | 79,93 | 1106 | 0,67 | 17,03 |
| 17-mar-15 | 37   | 156  | 193  | BM  | 10  |     | 1,4      | 862  | 546   | 2019        | 80,96 | 1106 | 0,69 | 17,06 |
| 18-mar-15 | 41   | 148  | 189  | BM  | 10  |     | 1,4      |      |       |             | 78,39 |      |      |       |
| 19-mar-15 | 42   | 145  | 187  | BM  | 10  |     | 1,4      |      |       |             | 77,39 |      |      |       |
| 22-mar-15 | 52   | 151  | 202  | BM  | 10  |     | 1,4      |      |       |             | 74,50 |      |      |       |
| 23-mar-15 | 55   | 142  | 196  | BM  | 10  |     | 1,4      | 880  | 503   | 2062        | 72,22 | 1124 | 0,68 | 15,68 |

## ANEXO 22. (Continuación).

| FECHA     | BOPD | BWPD | BFPD | ALS | THP | THT | SPM / HZ | PIP | NIVEL | SUMERGENCIA | BSW   | Pwf  | IP   | %DD   |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|----------|-----|-------|-------------|-------|------|------|-------|
| 25-mar-15 | 51   | 139  | 190  | BM  | 10  |     | 1,4      |     |       |             | 73,15 |      |      |       |
| 29-mar-15 | 49   | 147  | 196  | BM  | 10  |     | 1,4      |     |       |             | 74,90 |      |      |       |
| 30-mar-15 | 56   | 159  | 215  | BM  | 10  |     | 1,4      | 920 | 410   | 2155        | 73,95 | 1164 | 0,94 | 12,71 |
| 02-abr-15 | 52   | 136  | 188  | BM  | 10  |     | 1,4      |     |       |             | 72,11 |      |      |       |
| 03-abr-15 | 49   | 141  | 190  | BM  | 10  |     | 1,4      |     | 2085  |             | 74,45 |      |      |       |
| 04-abr-15 | 53   | 163  | 216  | BM  | 10  |     | 1,6      |     | 2086  |             | 75,55 |      |      |       |
| 05-abr-15 | 51   | 175  | 226  | BM  | 10  |     | 1,6      |     | 2031  |             | 77,46 |      |      |       |
| 06-abr-15 | 47   | 183  | 229  | BM  | 10  |     | 1,6      |     | 2029  |             | 79,57 |      |      |       |
| 07-abr-15 | 51   | 171  | 222  | BM  | 10  |     | 1,6      |     | 2030  |             | 77,11 |      |      |       |
| 08-abr-15 | 45   | 194  | 238  | BM  | 10  |     | 1,6      |     |       |             | 81,32 |      |      |       |
| 10-abr-15 | 46   | 183  | 228  | BM  | 10  |     | 1,6      |     |       |             | 79,95 |      |      |       |
| 11-abr-15 | 56   | 163  | 219  | BM  | 10  |     | 1,6      |     | 2070  |             | 74,35 |      |      |       |
| 13-abr-15 | 47   | 179  | 225  | BM  | 10  |     | 1,6      |     | 2097  |             | 79,24 |      |      |       |
| 14-abr-15 | 46   | 175  | 222  | BM  | 10  |     | 1,6      |     | 2084  |             | 79,02 |      |      |       |
| 15-abr-15 | 58   | 191  | 248  | BM  | 10  |     | 1,8      |     | 2052  |             | 76,83 |      |      |       |
| 16-abr-15 | 57   | 193  | 250  | BM  | 10  |     | 1,8      |     |       |             | 77,20 |      |      |       |
| 17-abr-15 | 56   | 189  | 245  | BM  | 10  |     | 1,8      | 863 | 543   | 2021        | 77,14 | 1107 | 0,83 | 17,00 |
| 18-abr-15 | 49   | 184  | 233  | BM  | 10  |     | 1,8      | 864 | 542   | 2023        | 78,97 | 1108 | 0,81 | 16,93 |
| 23-abr-15 | 48   | 197  | 245  | BM  | 10  |     | 1,8      | 870 | 527   | 2038        | 80,41 | 1114 | 0,90 | 16,45 |
| 24-abr-15 | 48   | 215  | 263  | BM  | 10  |     | 1,8      |     |       |             | 81,75 |      |      |       |
| 25-abr-15 | 54   | 207  | 261  | BM  | 10  |     | 1,8      | 867 | 533   | 2031        | 79,31 | 1111 | 0,93 | 16,68 |
| 26-abr-15 | 56   | 201  | 257  | BM  | 10  |     | 1,8      | 885 | 492   | 2073        | 78,21 | 1129 | 0,98 | 15,33 |
| 28-abr-15 | 55   | 187  | 242  | BM  | 10  |     | 1,8      |     |       |             | 77,27 |      |      |       |
| 29-abr-15 | 53   | 194  | 247  | BM  | 10  |     | 1,8      |     |       |             | 78,54 |      |      |       |
| 30-abr-15 | 52   | 203  | 255  | BM  | 10  |     | 1,8      | 944 | 674   | 2211        | 79,61 | 1188 | 1,40 | 10,91 |
| 01-may-15 | 48   | 197  | 245  | BM  | 10  |     | 1,8      |     |       |             | 80,41 |      |      |       |
| 02-may-15 | 42   | 205  | 247  | BM  | 10  |     | 1,8      |     |       |             | 83,00 |      |      |       |
| 03-may-15 | 43   | 208  | 251  | BM  | 10  |     | 1,8      |     |       |             | 82,87 |      |      |       |
| 04-may-15 | 47   | 211  | 258  | BM  | 10  |     | 1,8      | 885 | 492   | 2073        | 81,78 | 1129 | 1,03 | 15,33 |
| 05-may-15 | 50   | 205  | 255  | BM  | 10  |     | 1,8      |     |       |             | 80,39 |      |      |       |

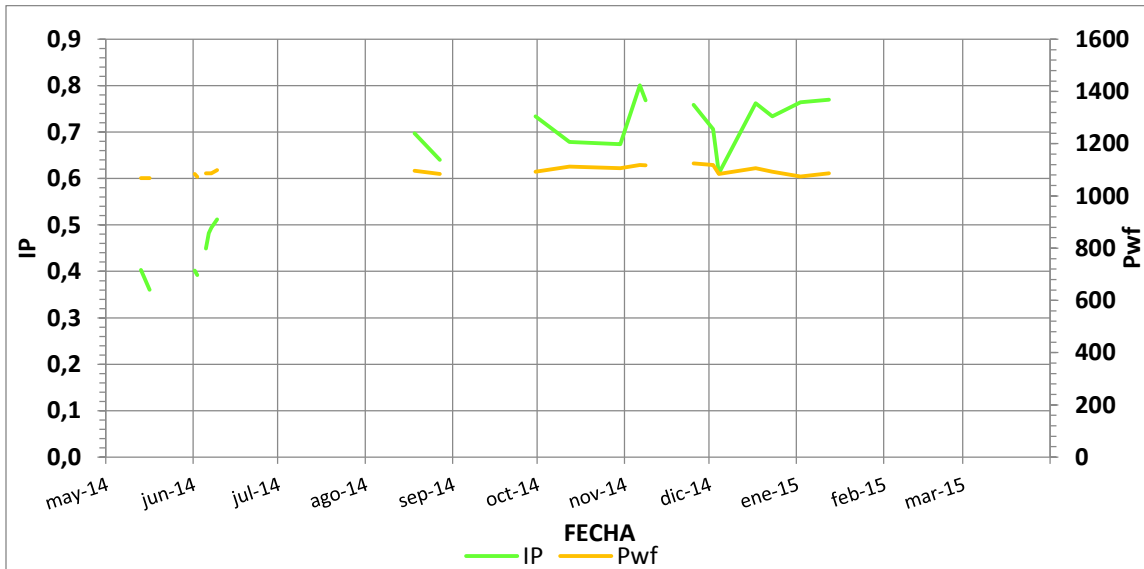
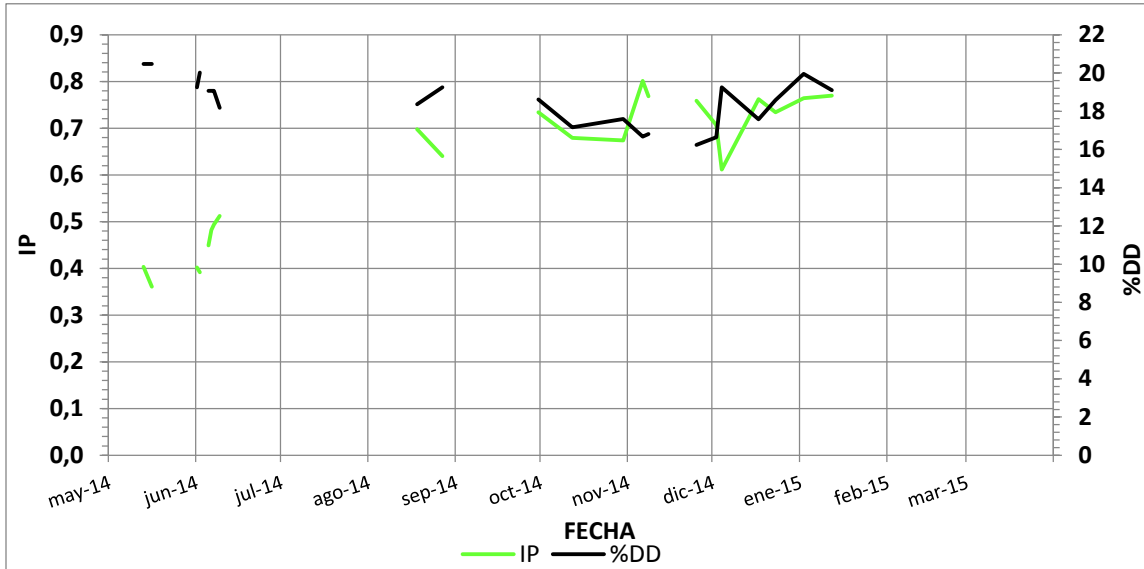
**Fuente.** Modificado de METAPETROLEUM CORP. PACIFIC E&P. Base de datos Campo Apolo  
[Libro Excel]

**ANEXO 23.** Gráficas de IP vs %DD e IP vs Pwf de los pozos Ágata.



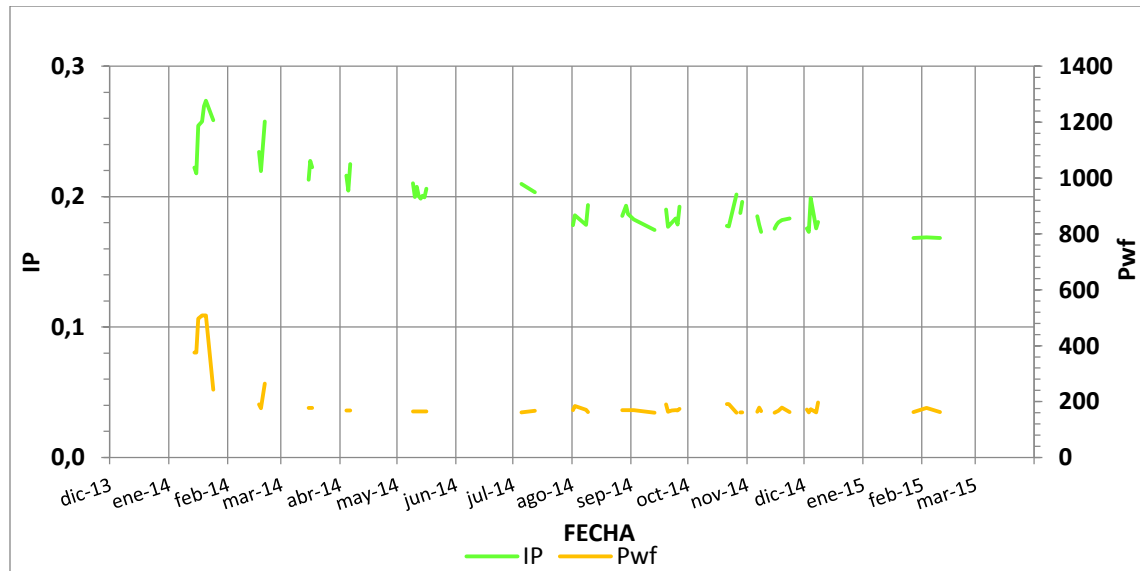
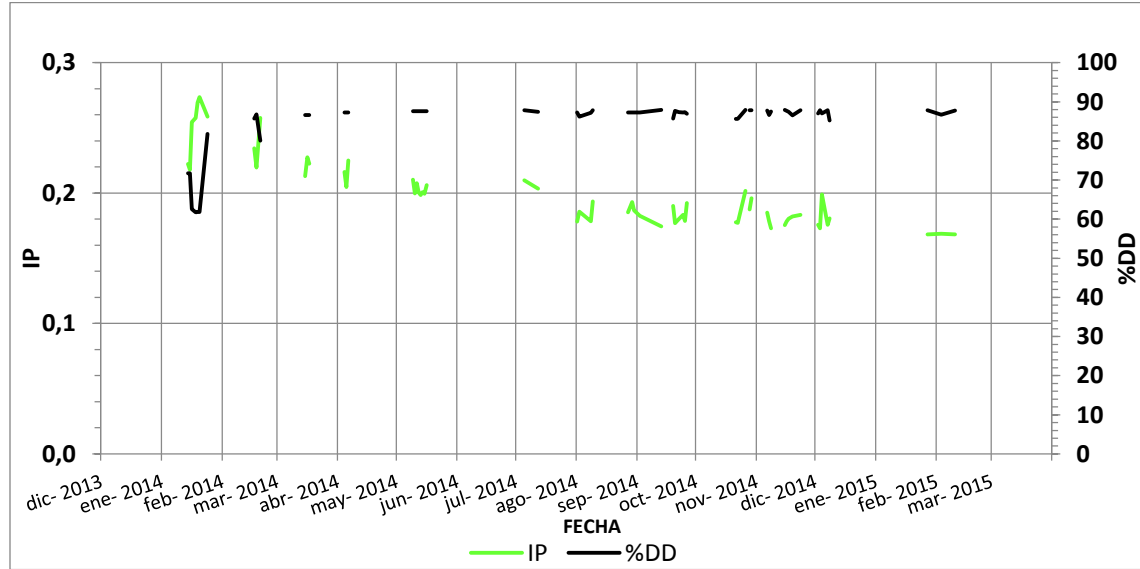
Fuente. Autores.

### ÁGATA 2D



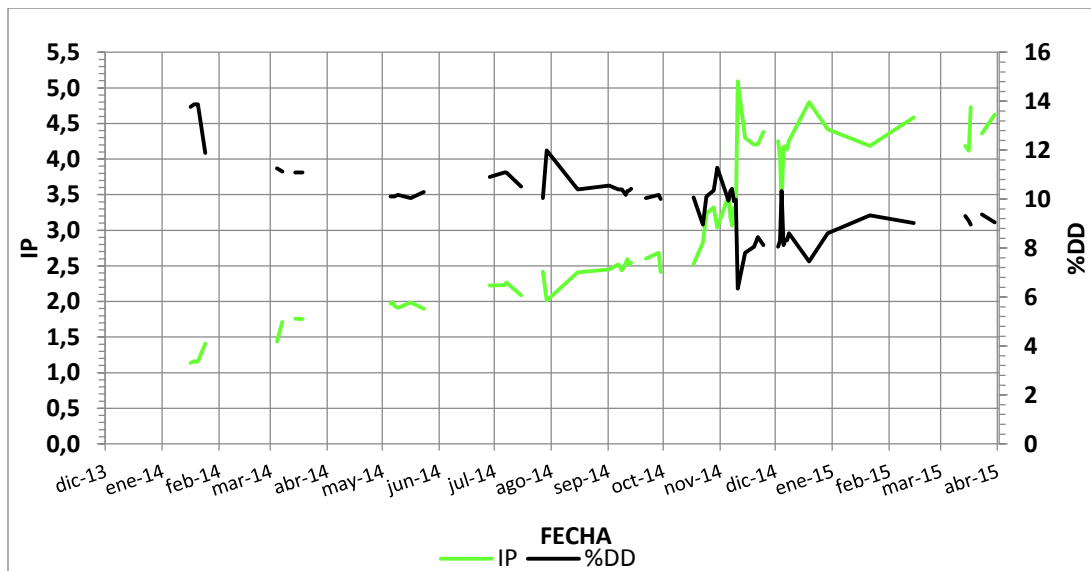
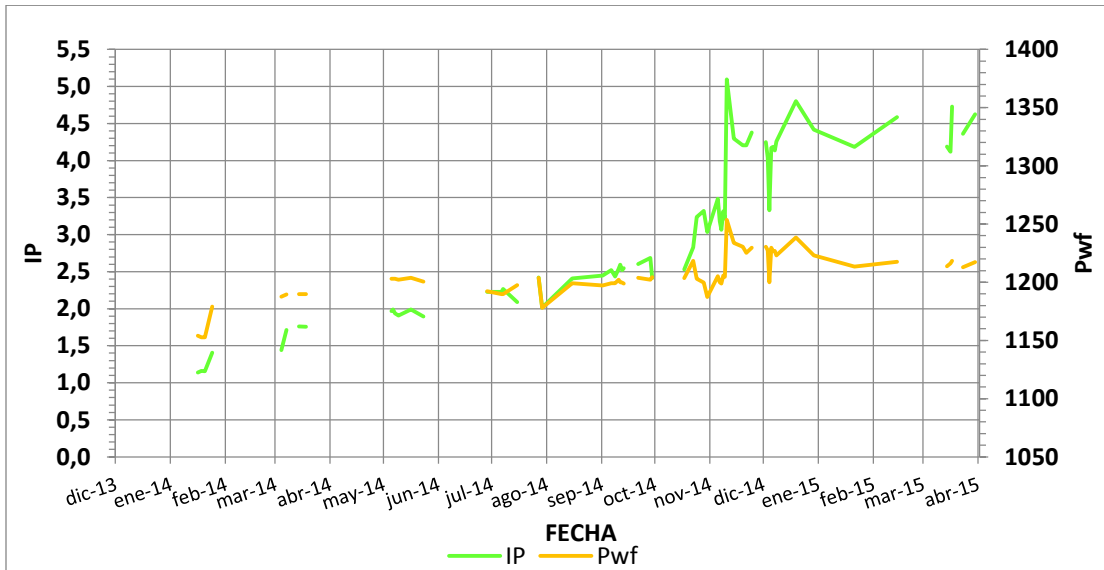
Fuente. Autores.

### ÁGATA 3D



Fuente. Autores.

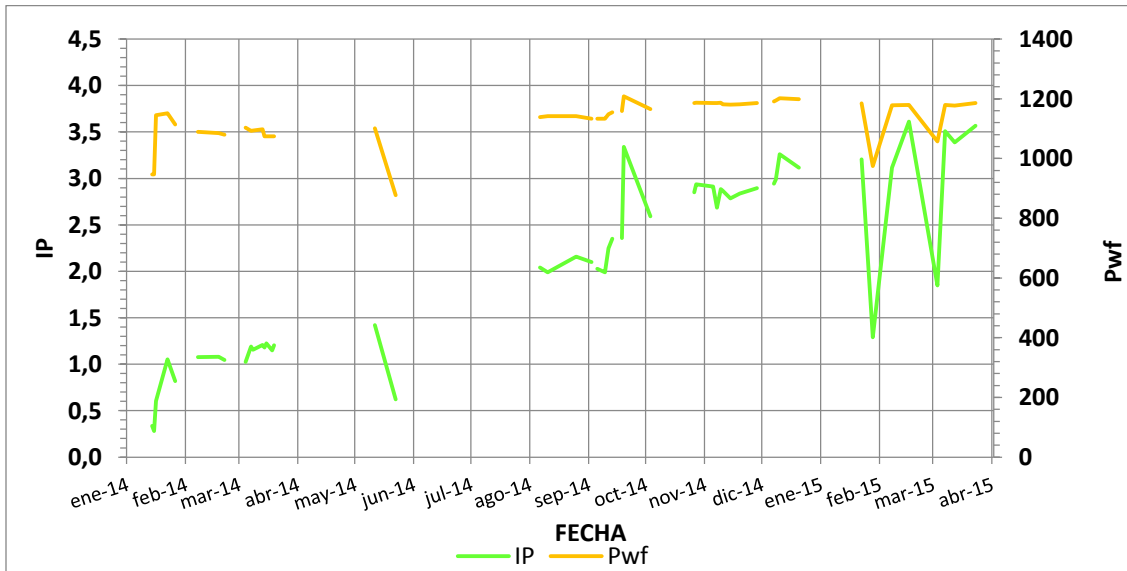
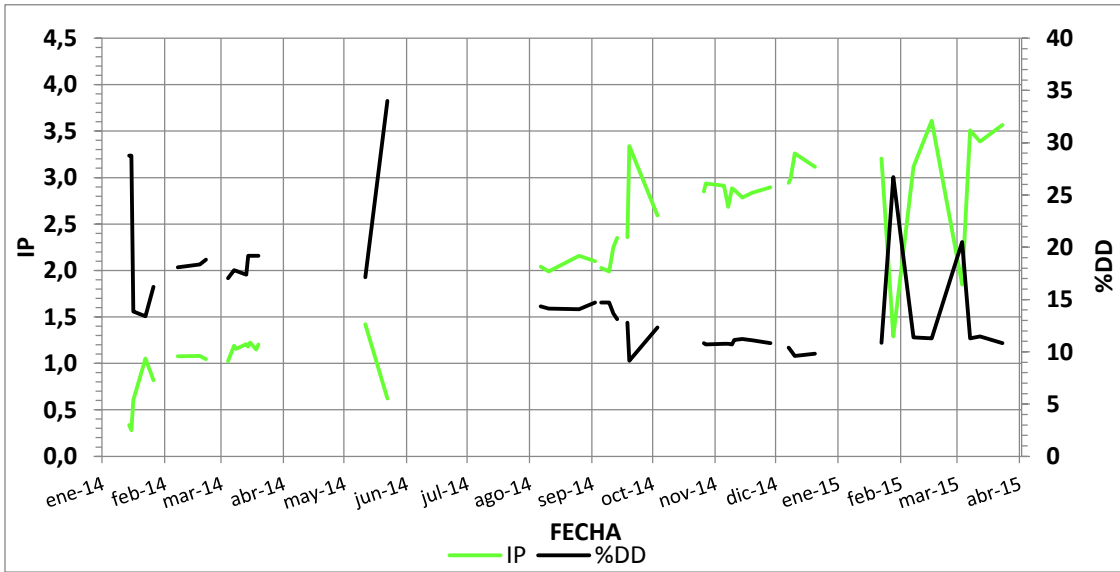
### ÁGATA 4D



Fuente. Autores.

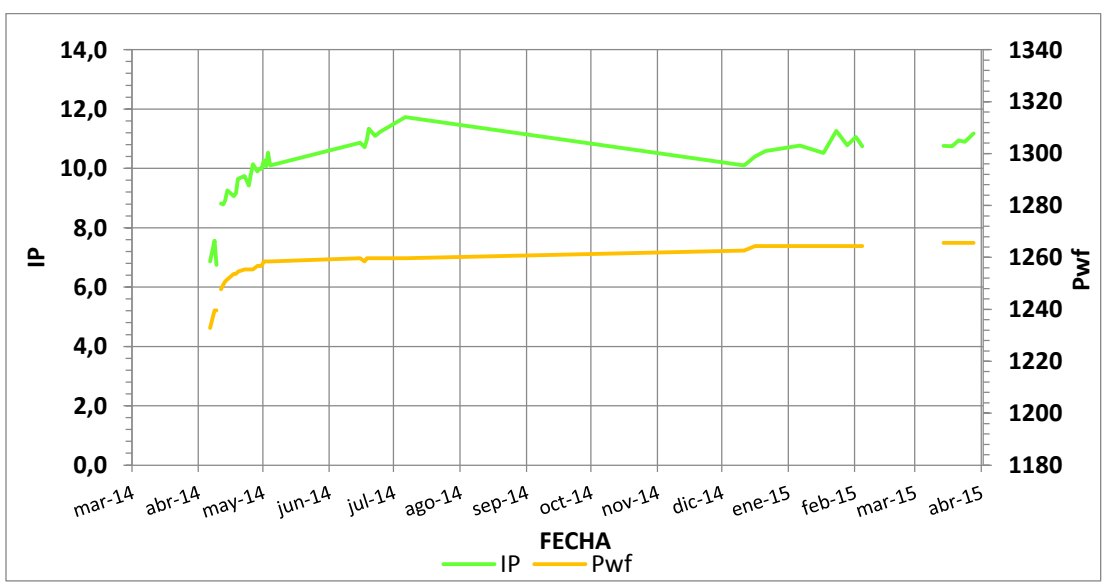
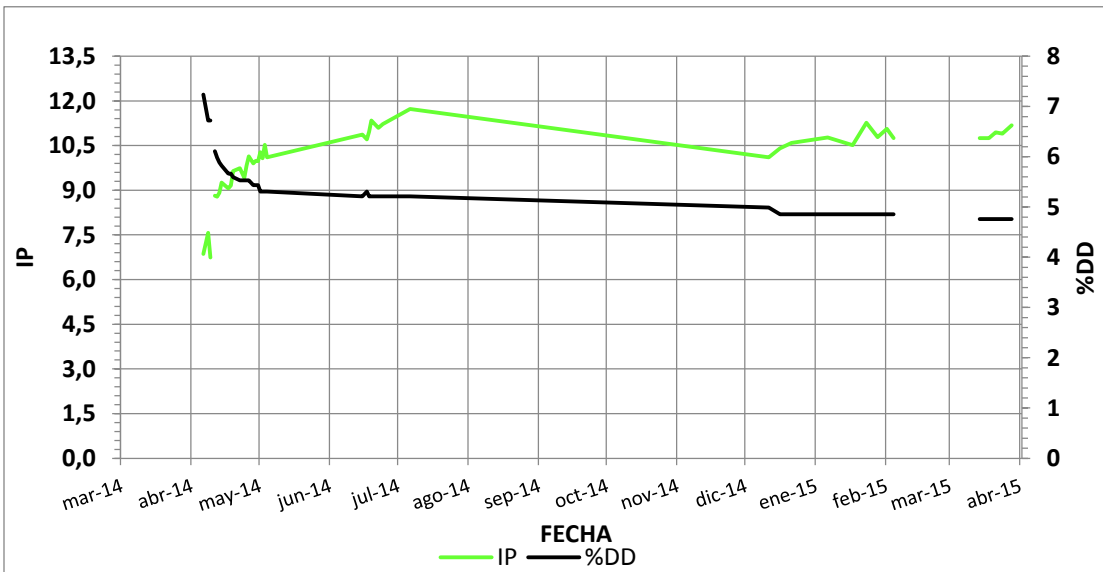


### ÁGATA 5D



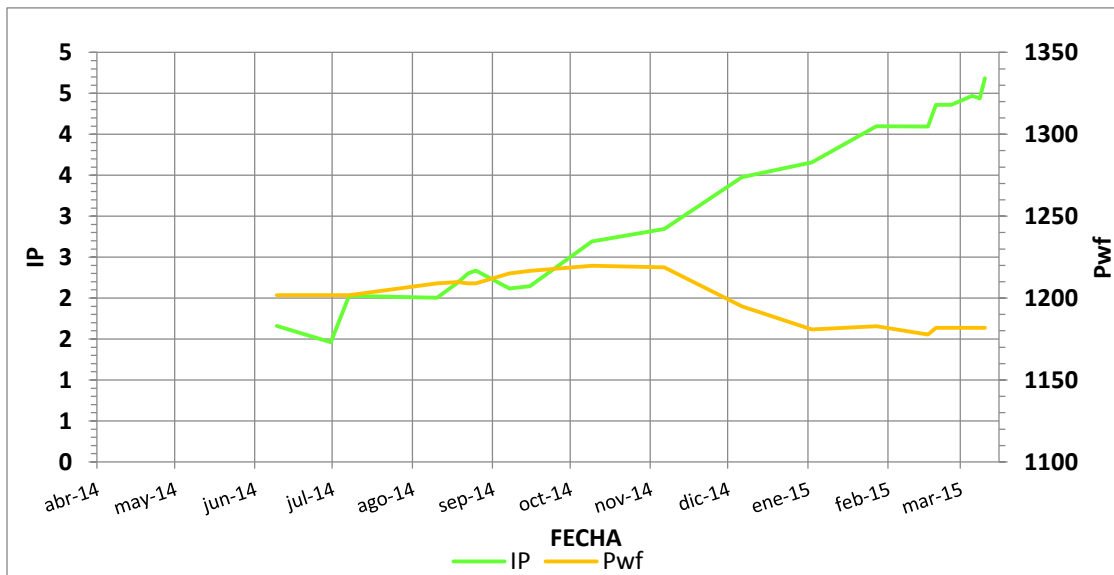
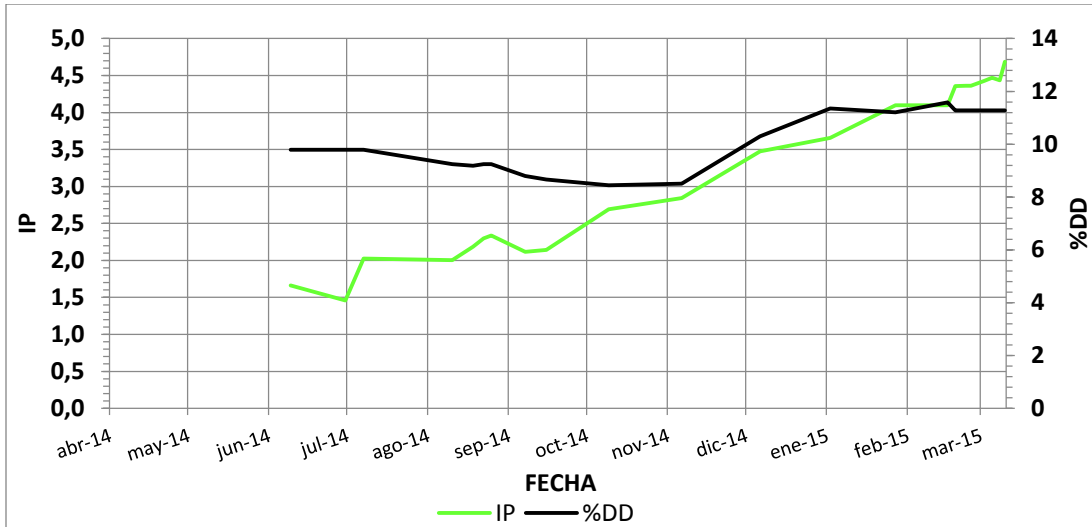
Fuente. Autores.

### ÁGATA 7H



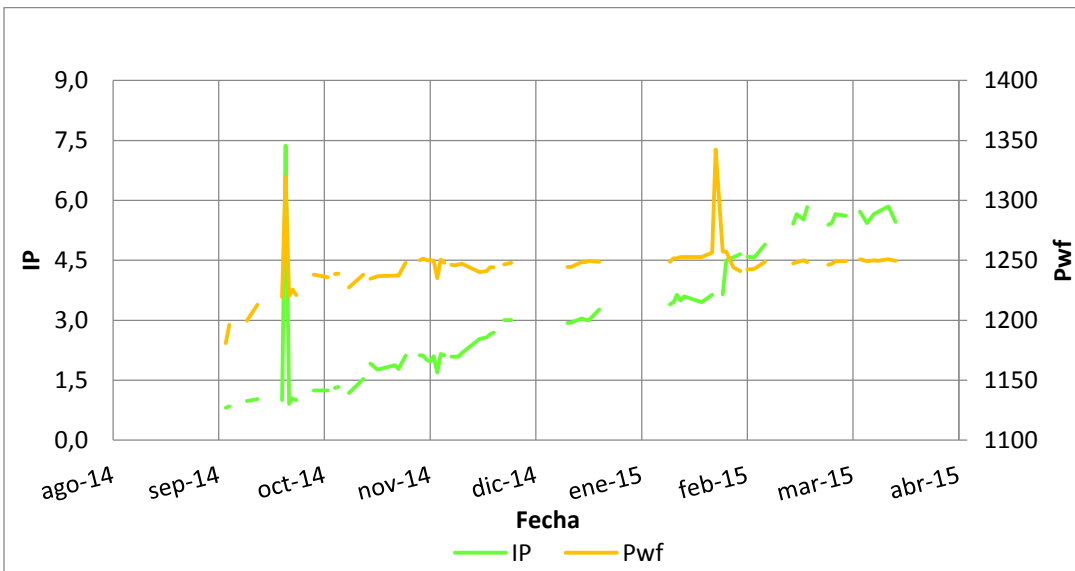
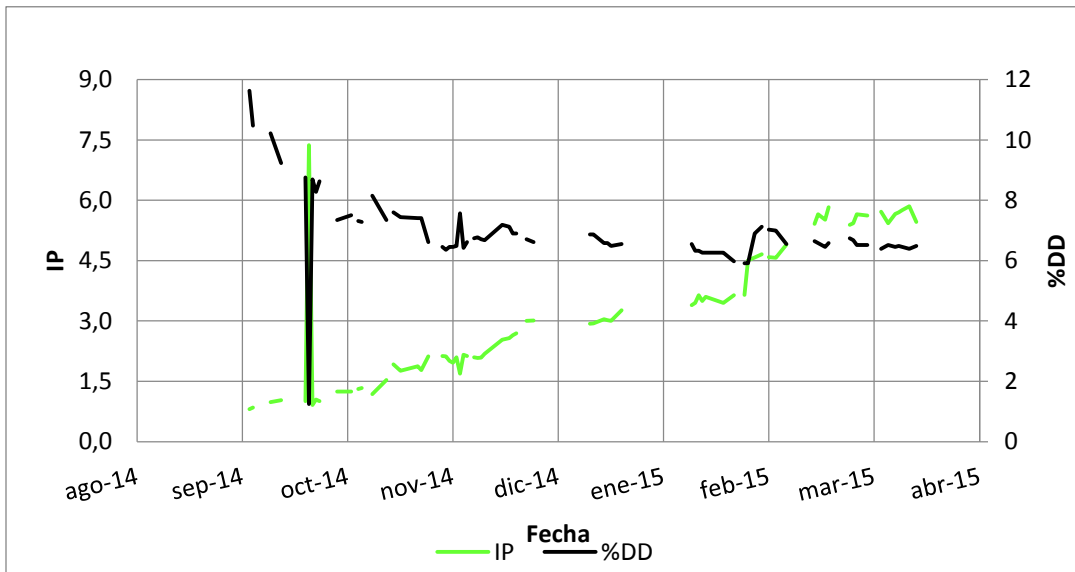
Fuente. Autores.

### ÁGATA 8D



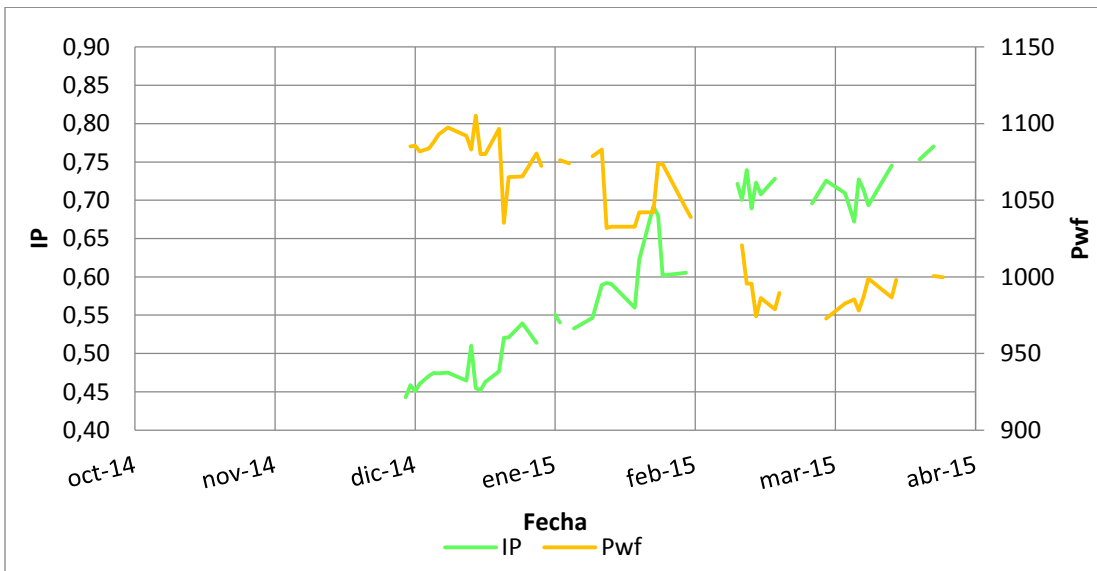
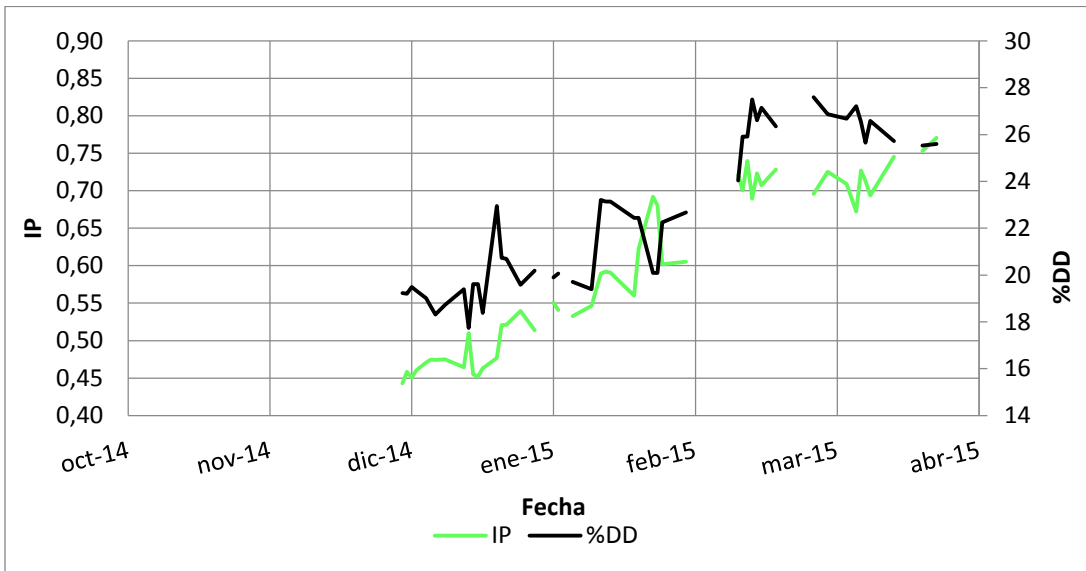
Fuente. Autores.

### ÁGATA 9DST



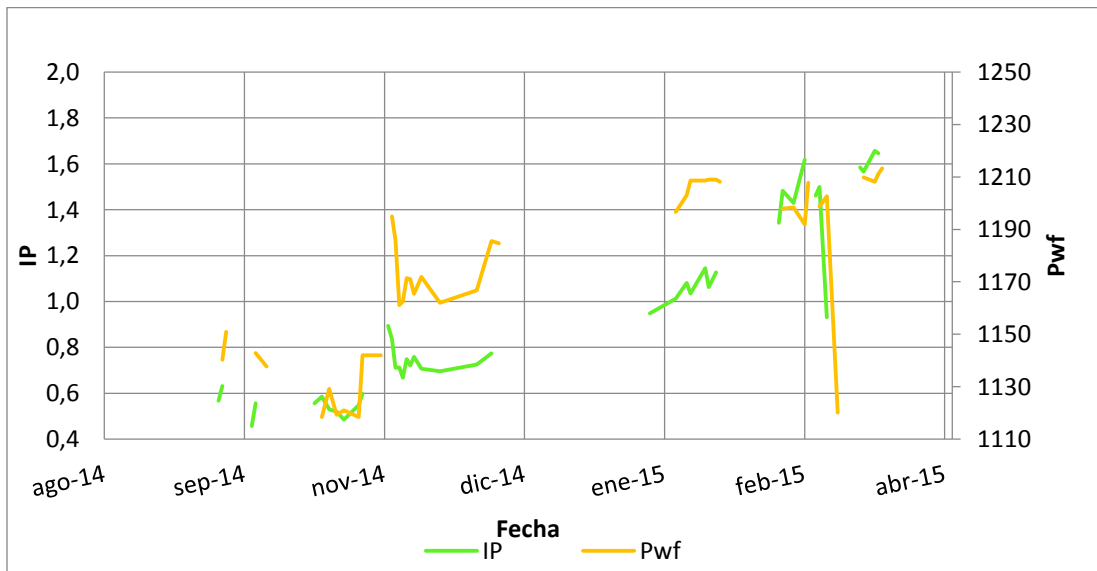
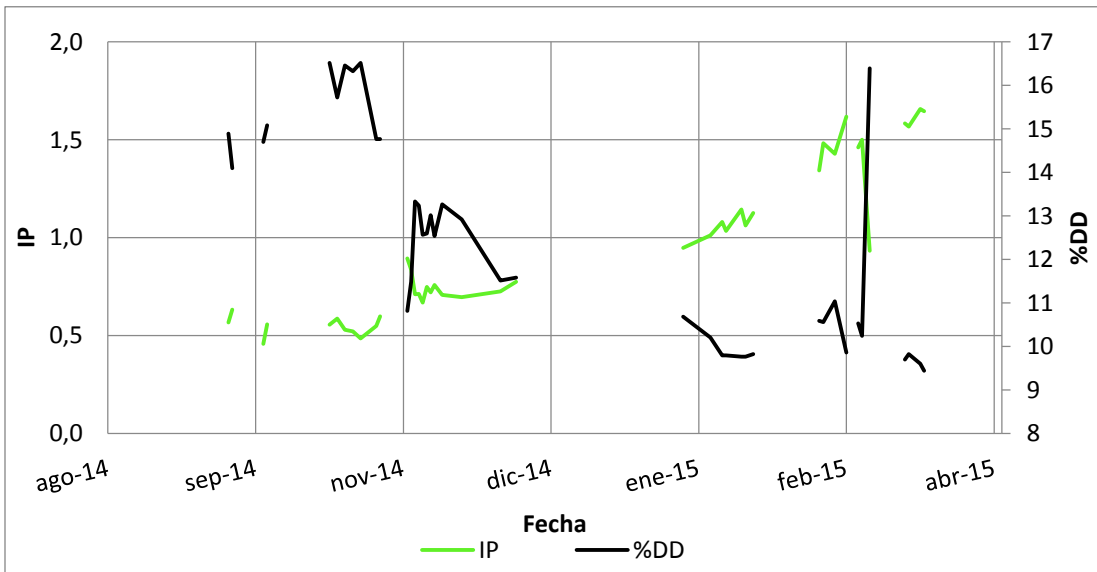
Fuente. Autores.

### ÁGATA 10ST



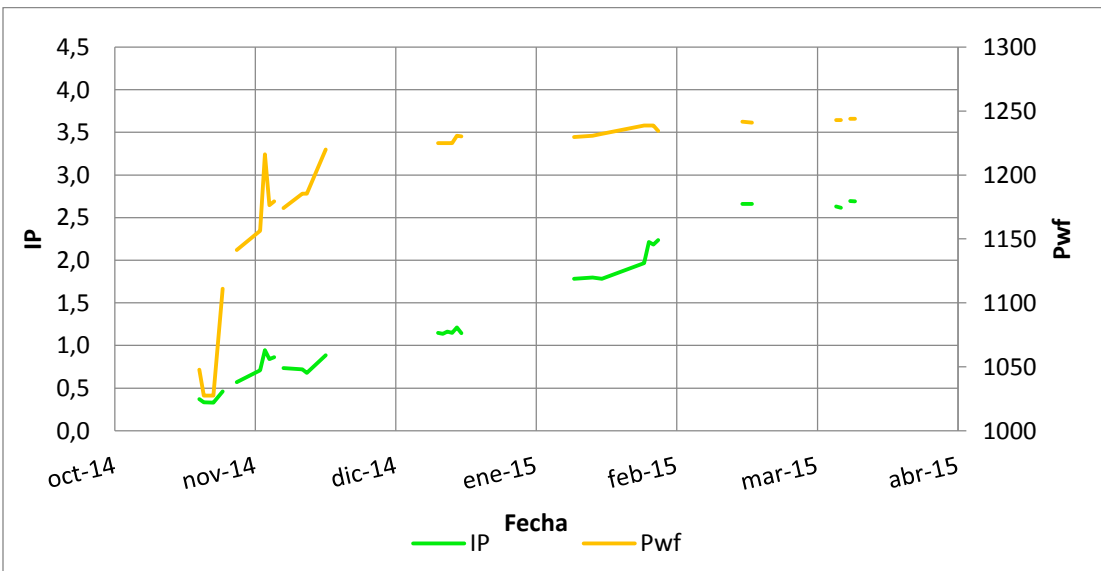
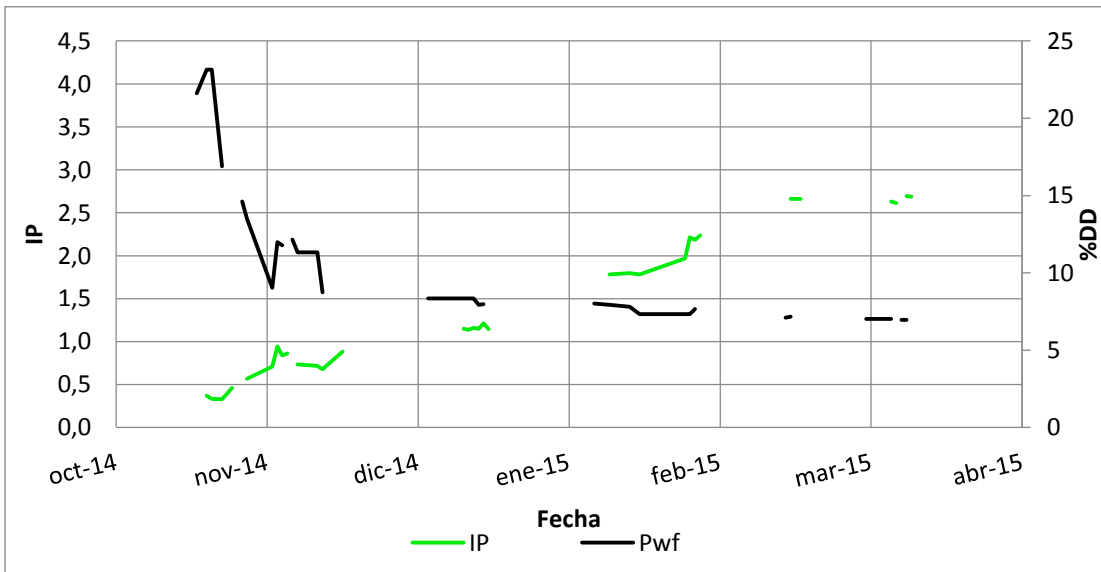
Fuente. Autores.

### ÁGATA 11D



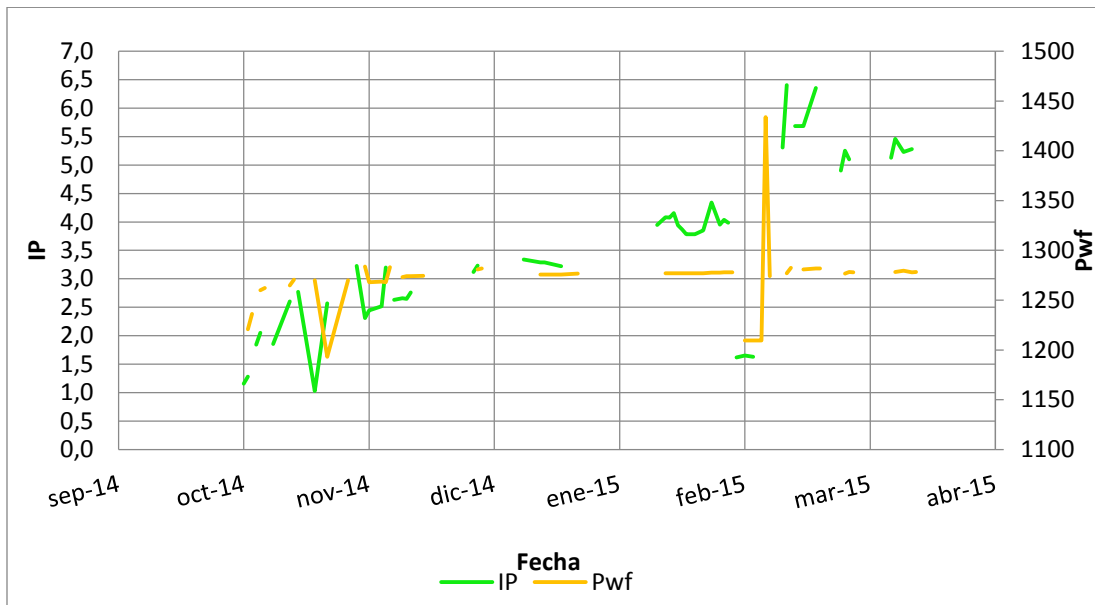
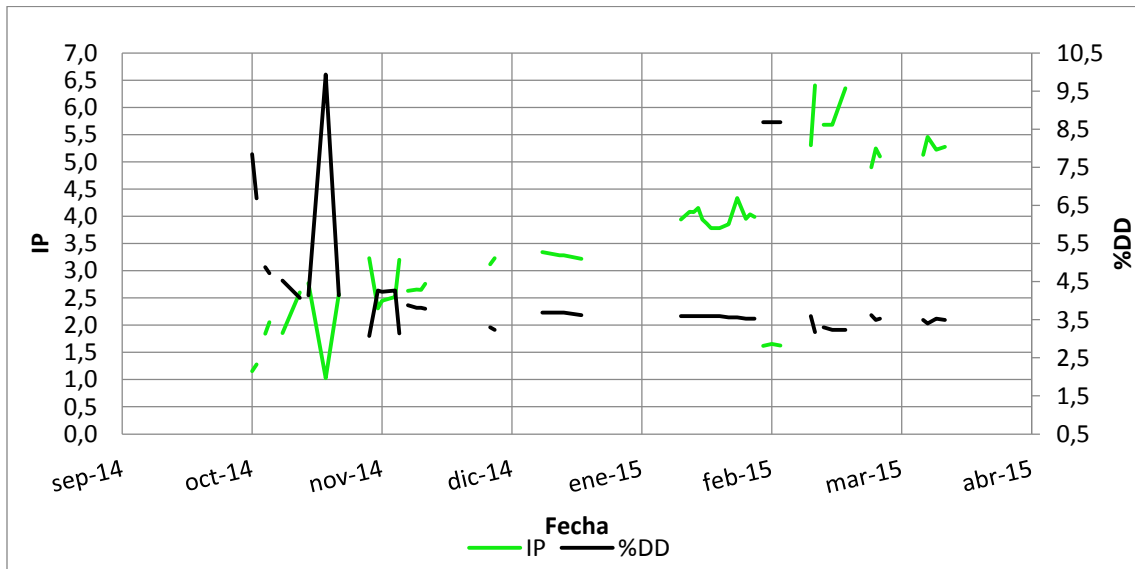
Fuente. Autores.

### ÁGATA 12D



Fuente. Autores.

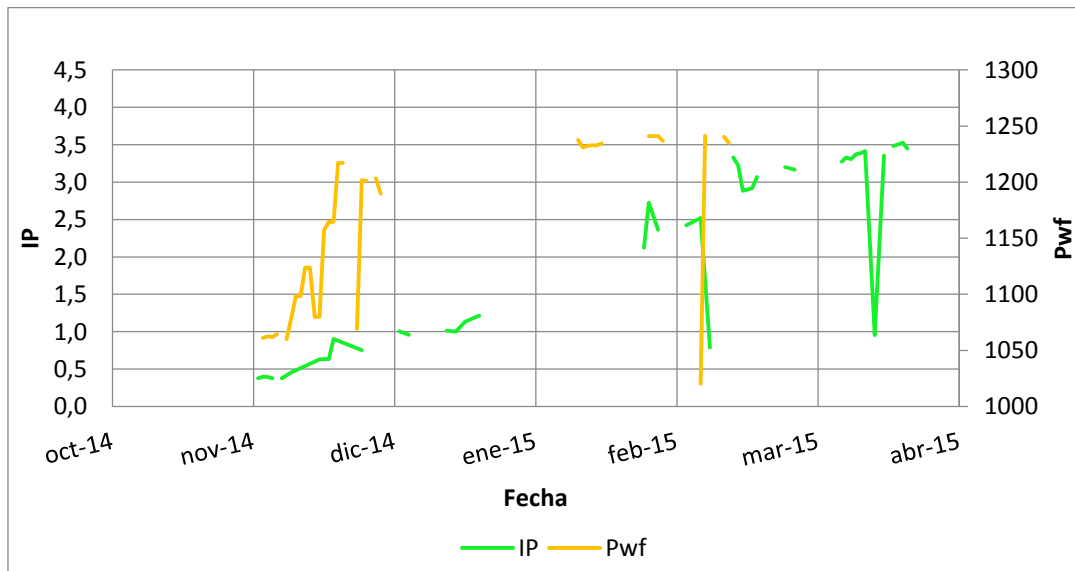
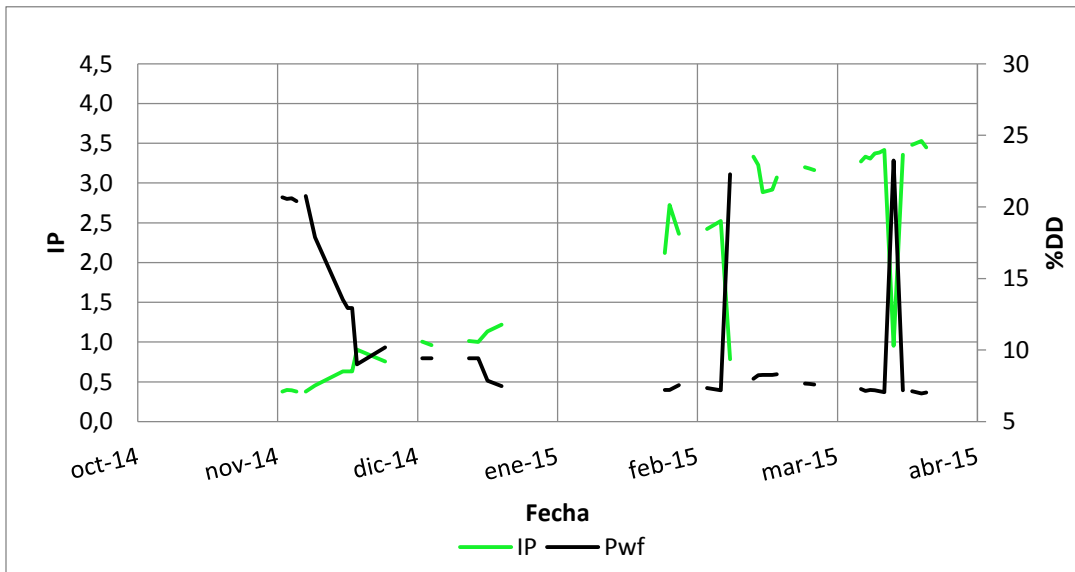
### ÁGATA 13D



Fuente. Autores.

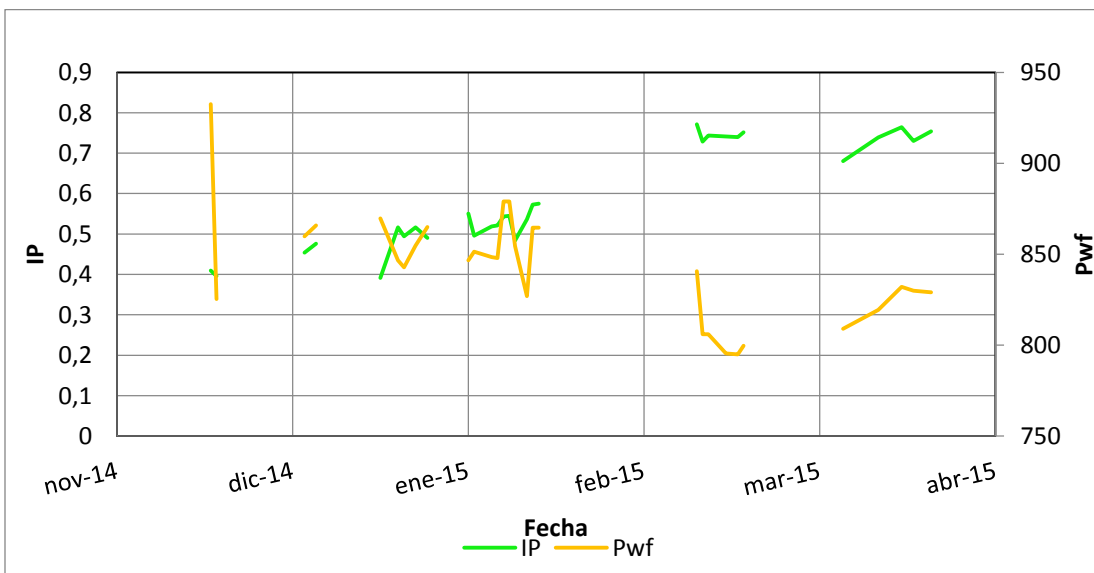
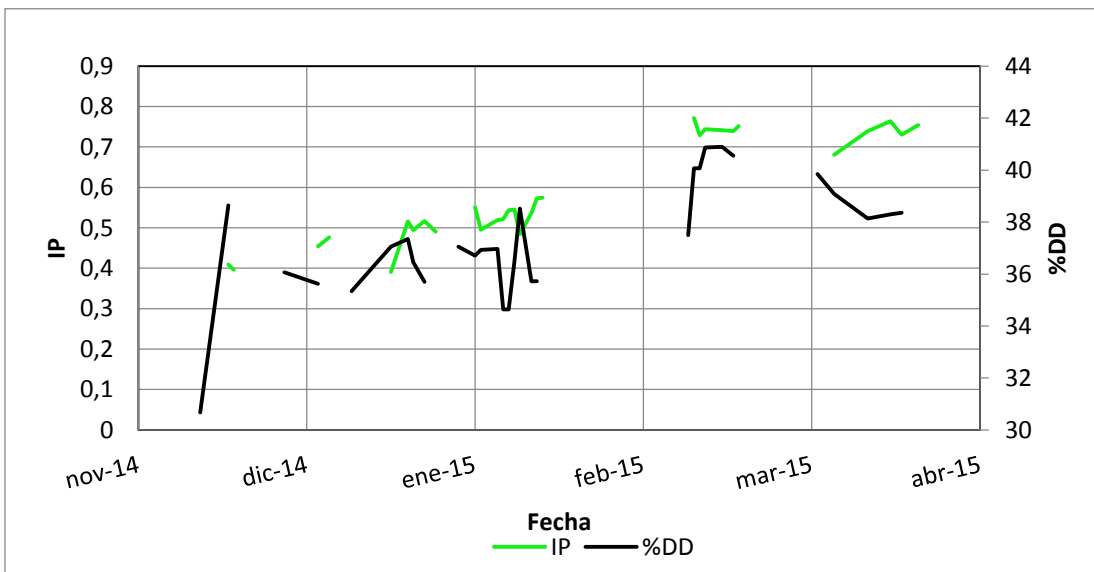


### ÁGATA 14D



Fuente. Autores.

### ÁGATA 16D



Fuente. Autores.



**ANEXO 24.** Data de producción antes y después del rediseño.

La capacidad mensual de la bomba nueva se calcula con la siguiente ecuación:

**Ecuación 16.** Capacidad mensual de la bomba.

$$Q_{mensual} = Q_{Bomba} * \text{días de operación} * EF$$

**Fuente.** Autores.

Donde:

$Q_{mensual}$  = Capacidad mensual de la bomba en BFPM.

$Q_{Bomba}$  = Capacidad de la bomba en BFPD.

$EF$  = Eficiencia.

Para Bombeo Electrosumergible se hizo uso de un valor de eficiencia igual a 90%.

## Pozo Ágata 4D

| COMPORTAMIENTO ACTUAL |     |      |      |      |        | PROYECCIÓN |                          |      |      |        |                                   |      |      |        | INCREMENTOS |      |      |        |
|-----------------------|-----|------|------|------|--------|------------|--------------------------|------|------|--------|-----------------------------------|------|------|--------|-------------|------|------|--------|
|                       | MES | BOPD | BWPD | BFPD | %BSW   | MES        | ALS ACTUAL (BM 856 BFPD) |      |      |        | ALS NUEVO (ESP 5600 BFPD, EF=0.9) |      |      |        | BOPD        | BWPD | BOPM | BWPM   |
|                       |     |      |      |      |        |            | BFPD                     | BOPD | BWPD | BSW    | BFPD                              | BOPD | BWPD | BSW    |             |      |      |        |
| Histórico             | 1   | 22   | 355  | 377  | 0,9406 | 1          | 813                      | 31   | 782  | 0,9622 | 1095                              | 39   | 1056 | 0,9641 | 9           | 273  | 266  | 8469   |
|                       | 2   | 25   | 430  | 455  | 0,9456 | 2          | 813                      | 30   | 783  | 0,9629 | 1377                              | 46   | 1331 | 0,9666 | 16          | 548  | 473  | 16435  |
|                       | 3   | 24   | 458  | 481  | 0,9507 | 3          | 813                      | 30   | 783  | 0,9635 | 1658                              | 51   | 1607 | 0,9692 | 22          | 824  | 667  | 25541  |
|                       | 4   | 23   | 491  | 514  | 0,9550 | 4          | 813                      | 29   | 784  | 0,9642 | 1940                              | 55   | 1885 | 0,9717 | 26          | 1101 | 775  | 33041  |
|                       | 5   | 24   | 520  | 544  | 0,9554 | 5          | 813                      | 29   | 784  | 0,9648 | 2222                              | 57   | 2165 | 0,9742 | 29          | 1380 | 891  | 42788  |
|                       | 6   | 23   | 535  | 558  | 0,9593 | 6          | 813                      | 28   | 785  | 0,9655 | 2504                              | 58   | 2446 | 0,9767 | 30          | 1661 | 937  | 51478  |
| Proyección            | 7   | 25   | 605  | 631  | 0,9600 | 7          | 813                      | 28   | 785  | 0,9662 | 2786                              | 58   | 2728 | 0,9793 | 30          | 1942 | 878  | 56327  |
|                       | 8   | 28   | 676  | 704  | 0,9606 | 8          | 813                      | 27   | 786  | 0,9668 | 3067                              | 56   | 3012 | 0,9818 | 29          | 2225 | 896  | 68990  |
|                       | 9   | 30   | 746  | 777  | 0,9613 | 9          | 813                      | 26   | 787  | 0,9675 | 3349                              | 53   | 3297 | 0,9843 | 26          | 2510 | 783  | 75302  |
|                       | 10  | 31   | 782  | 813  | 0,9616 | 10         | 813                      | 26   | 787  | 0,9681 | 3631                              | 48   | 3583 | 0,9868 | 22          | 2796 | 679  | 86679  |
| -                     | -   | -    | -    | -    | -      | 11         | 813                      | 25   | 788  | 0,9688 | 3913                              | 42   | 3871 | 0,9893 | 16          | 3084 | 488  | 92505  |
| -                     | -   | -    | -    | -    | -      | 12         | 813                      | 25   | 788  | 0,9694 | 4195                              | 34   | 4161 | 0,9919 | 9           | 3372 | 286  | 104543 |
| -                     | -   | -    | -    | -    | -      | 13         | 813                      | 24   | 789  | 0,9701 | 4476                              | 25   | 4451 | 0,9944 | 1           | 3663 | 23   | 113542 |
| -                     | -   | -    | -    | -    | -      | 14         | 813                      | 24   | 789  | 0,9707 | 4758                              | 15   | 4744 | 0,9969 | -9          | 3954 | -275 | 118630 |
| -                     | -   | -    | -    | -    | -      | 15         | 813                      | 23   | 790  | 0,9714 | 5040                              | 3    | 5037 | 0,9994 | -20         | 4247 | -635 | 131671 |
| -                     | -   | -    | -    | -    | -      | 16         | 813                      | 23   | 790  | 0,9720 | 5322                              | -10  | 5332 | 1,0000 | -33         | 4542 | -997 | 136260 |

Fuente. Autores.

## Pozo Ágata 5D

| COMPORTAMIENTO ACTUAL |       |       |       |     |        | PROYECCIÓN |                           |       |       |        |                                   |      |      |        | INCREMENTOS |       |       |       |
|-----------------------|-------|-------|-------|-----|--------|------------|---------------------------|-------|-------|--------|-----------------------------------|------|------|--------|-------------|-------|-------|-------|
|                       |       |       |       |     |        | ME S       | ALS ACTUAL ( BM 838 BFPD) |       |       |        | ALS NUEVO (ESP 3300 BFPD, EF=0,9) |      |      |        |             |       |       |       |
| ME S                  | BOP D | BWP D | BFP D | BSW | ME S   |            | BFP D                     | BOP D | BWP D | BSW    | BFP D                             | BOPD | BWPD | BSW    | BOP D       | BWP D | BOP M | BWP M |
| Histórico             | 1     | 112   | 303   | 415 | 0,7303 | 1          | 821                       | 112   | 710   | 0,8640 | 965                               | 128  | 836  | 0,8670 | 17          | 127   | 515   | 3926  |
|                       | 2     | 65    | 351   | 416 | 0,8442 | 2          | 821                       | 110   | 711   | 0,8662 | 1108                              | 142  | 966  | 0,8722 | 32          | 255   | 952   | 7643  |
|                       | 3     | 57    | 352   | 409 | 0,8613 | 3          | 821                       | 108   | 713   | 0,8684 | 1251                              | 153  | 1098 | 0,8773 | 45          | 384   | 1407  | 11915 |
|                       | 4     | 83    | 355   | 438 | 0,8110 | 4          | 821                       | 106   | 715   | 0,8706 | 1394                              | 164  | 1230 | 0,8825 | 58          | 515   | 1785  | 15978 |
|                       | 5     | 86    | 415   | 500 | 0,8287 | 5          | 821                       | 104   | 717   | 0,8728 | 1538                              | 173  | 1365 | 0,8876 | 68          | 648   | 1980  | 18791 |
|                       | 6     | 77    | 438   | 515 | 0,8507 | 6          | 821                       | 103   | 719   | 0,8749 | 1681                              | 180  | 1501 | 0,8928 | 78          | 782   | 2403  | 24241 |
| Proyección            | 7     | 85    | 490   | 575 | 0,8528 | 7          | 821                       | 101   | 720   | 0,8771 | 1824                              | 186  | 1638 | 0,8979 | 85          | 917   | 2558  | 27524 |
|                       | 8     | 92    | 542   | 634 | 0,8550 | 8          | 821                       | 99    | 722   | 0,8793 | 1967                              | 191  | 1777 | 0,9031 | 92          | 1054  | 2838  | 32688 |
|                       | 9     | 99    | 595   | 694 | 0,8572 | 9          | 821                       | 97    | 724   | 0,8815 | 2111                              | 199  | 1911 | 0,9056 | 102         | 1187  | 3057  | 35620 |
|                       | 10    | 106   | 648   | 754 | 0,8594 | 10         | 821                       | 96    | 726   | 0,8837 | 2254                              | 207  | 2047 | 0,9081 | 112         | 1321  | 3458  | 40949 |
|                       | 11    | 113   | 701   | 813 | 0,8616 | 11         | 821                       | 94    | 728   | 0,8859 | 2397                              | 214  | 2183 | 0,9106 | 120         | 1455  | 3734  | 45113 |
|                       | 12    | 113   | 708   | 821 | 0,8619 | 12         | 821                       | 92    | 729   | 0,8880 | 2540                              | 221  | 2320 | 0,9132 | 129         | 1590  | 3859  | 47710 |
| -                     | -     | -     | -     | -   | -      | 13         | 821                       | 90    | 731   | 0,8902 | 2684                              | 226  | 2457 | 0,9157 | 136         | 1726  | 4220  | 53509 |
| -                     | -     | -     | -     | -   | -      | 14         | 821                       | 88    | 733   | 0,8924 | 2827                              | 231  | 2596 | 0,9182 | 143         | 1863  | 4286  | 55878 |
| -                     | -     | -     | -     | -   | -      | 15         | 821                       | 87    | 735   | 0,8946 | 2970                              | 235  | 2735 | 0,9207 | 149         | 2000  | 4616  | 61994 |
| -                     | -     | -     | -     | -   | -      | 16         | 821                       | 85    | 736   | 0,8968 | 2970                              | 228  | 2742 | 0,9232 | 143         | 2005  | 4440  | 62170 |
| -                     | -     | -     | -     | -   | -      | 17         | 821                       | 83    | 738   | 0,8989 | 2970                              | 221  | 2749 | 0,9257 | 138         | 2011  | 3851  | 56313 |
| -                     | -     | -     | -     | -   | -      | 18         | 821                       | 81    | 740   | 0,9011 | 2970                              | 213  | 2757 | 0,9283 | 132         | 2017  | 4087  | 62523 |
| -                     | -     | -     | -     | -   | -      | 19         | 821                       | 79    | 742   | 0,9033 | 2970                              | 206  | 2764 | 0,9308 | 126         | 2023  | 3785  | 60677 |
| -                     | -     | -     | -     | -   | -      | 20         | 821                       | 78    | 744   | 0,9055 | 2970                              | 198  | 2772 | 0,9333 | 120         | 2028  | 3734  | 62876 |
| -                     | -     | -     | -     | -   | -      | 21         | 821                       | 76    | 745   | 0,9077 | 2970                              | 191  | 2779 | 0,9358 | 115         | 2034  | 3443  | 61018 |
| -                     | -     | -     | -     | -   | -      | 22         | 821                       | 74    | 747   | 0,9098 | 2970                              | 183  | 2787 | 0,9383 | 109         | 2040  | 3382  | 63228 |

|   |   |   |   |   |   |    |     |    |     |        |      |     |      |        |     |      |      |       |
|---|---|---|---|---|---|----|-----|----|-----|--------|------|-----|------|--------|-----|------|------|-------|
| - | - | - | - | - | - | 23 | 821 | 72 | 749 | 0,9120 | 2970 | 176 | 2794 | 0,9409 | 103 | 2045 | 3205 | 63405 |
| - | - | - | - | - | - | 24 | 821 | 70 | 751 | 0,9142 | 2970 | 168 | 2802 | 0,9434 | 98  | 2051 | 2931 | 61530 |
| - | - | - | - | - | - | 25 | 821 | 69 | 753 | 0,9164 | 2970 | 161 | 2809 | 0,9459 | 92  | 2057 | 2853 | 63757 |
| - | - | - | - | - | - | 26 | 821 | 67 | 754 | 0,9186 | 2970 | 153 | 2817 | 0,9484 | 86  | 2062 | 2590 | 61871 |
| - | - | - | - | - | - | 27 | 821 | 65 | 756 | 0,9207 | 2970 | 146 | 2824 | 0,9509 | 81  | 2068 | 2500 | 64110 |
| - | - | - | - | - | - | 28 | 821 | 63 | 758 | 0,9229 | 2970 | 138 | 2832 | 0,9534 | 75  | 2074 | 2324 | 64286 |
| - | - | - | - | - | - | 29 | 821 | 62 | 760 | 0,9251 | 2970 | 131 | 2839 | 0,9560 | 69  | 2079 | 1940 | 58224 |
| - | - | - | - | - | - | 30 | 821 | 60 | 762 | 0,9273 | 2970 | 123 | 2847 | 0,9585 | 64  | 2085 | 1971 | 64639 |
| - | - | - | - | - | - | 31 | 821 | 58 | 763 | 0,9295 | 2970 | 116 | 2854 | 0,9610 | 58  | 2091 | 1737 | 62724 |
| - | - | - | - | - | - | 32 | 821 | 56 | 765 | 0,9317 | 2970 | 108 | 2862 | 0,9635 | 52  | 2097 | 1618 | 64992 |
| - | - | - | - | - | - | 33 | 821 | 54 | 767 | 0,9338 | 2970 | 101 | 2869 | 0,9660 | 47  | 2102 | 1396 | 63066 |
| - | - | - | - | - | - | 34 | 821 | 53 | 769 | 0,9360 | 2970 | 93  | 2877 | 0,9686 | 41  | 2108 | 1266 | 65344 |
| - | - | - | - | - | - | 35 | 821 | 51 | 771 | 0,9382 | 2970 | 86  | 2884 | 0,9711 | 35  | 2114 | 1089 | 65521 |
| - | - | - | - | - | - | 36 | 821 | 49 | 772 | 0,9404 | 2970 | 78  | 2892 | 0,9736 | 29  | 2119 | 884  | 63578 |
| - | - | - | - | - | - | 37 | 821 | 47 | 774 | 0,9426 | 2970 | 71  | 2899 | 0,9761 | 24  | 2125 | 737  | 65873 |
| - | - | - | - | - | - | 38 | 821 | 45 | 776 | 0,9447 | 2970 | 63  | 2907 | 0,9786 | 18  | 2131 | 542  | 63919 |
| - | - | - | - | - | - | 39 | 821 | 44 | 778 | 0,9469 | 2970 | 56  | 2914 | 0,9811 | 12  | 2136 | 384  | 66226 |
| - | - | - | - | - | - | 40 | 821 | 42 | 779 | 0,9491 | 2970 | 49  | 2921 | 0,9837 | 7   | 2142 | 208  | 66402 |
| - | - | - | - | - | - | 41 | 821 | 40 | 781 | 0,9513 | 2970 | 41  | 2929 | 0,9862 | 1   | 2148 | 28   | 60135 |
| - | - | - | - | - | - | 42 | 821 | 38 | 783 | 0,9535 | 2970 | 34  | 2936 | 0,9887 | -5  | 2153 | -145 | 66755 |
| - | - | - | - | - | - | 43 | 821 | 36 | 785 | 0,9556 | 2970 | 26  | 2944 | 0,9912 | -10 | 2159 | -311 | 64772 |
| - | - | - | - | - | - | 44 | 821 | 35 | 787 | 0,9578 | 2970 | 19  | 2951 | 0,9937 | -16 | 2165 | -497 | 67107 |
| - | - | - | - | - | - | 45 | 821 | 33 | 788 | 0,9600 | 2970 | 11  | 2959 | 0,9963 | -22 | 2170 | -652 | 65113 |
| - | - | - | - | - | - | 46 | 821 | 31 | 790 | 0,9622 | 2970 | 4   | 2966 | 0,9988 | -27 | 2176 | -850 | 67460 |

Fuente. Autores.

## Pozo Ágata 7H

| COMPORTAMIENTO ACTUAL |       |      |      |      |        | PROYECCIÓN |                            |      |      |        |                                   |      |      | INCREMENTOS |      |      |      |        |
|-----------------------|-------|------|------|------|--------|------------|----------------------------|------|------|--------|-----------------------------------|------|------|-------------|------|------|------|--------|
|                       | MESES | BOPD | BWPD | BFPD | BSW    | MESES      | ALS ACTUAL (ESP 1050 BFPD) |      |      |        | ALS NUEVO (ESP 5000 BFPD, EF=0,9) |      |      |             | BOPD | BWPD | BOPM | BWPM   |
|                       |       |      |      |      |        |            | BFPD                       | BOPD | BWPD | BSW    | BFPD                              | BOPD | BWPD | BSW         |      |      |      |        |
| Histórico             | 1     | 0    | 0    | 0    | -      | 1          | 1029                       | 25   | 1004 | 0,9755 | 1376                              | 32   | 1344 | 0,9768      | 7    | 340  | 209  | 10551  |
|                       | 2     | 0    | 0    | 0    | -      | 2          | 1029                       | 25   | 1004 | 0,9758 | 1723                              | 37   | 1686 | 0,9784      | 12   | 682  | 382  | 21138  |
|                       | 3     | 28   | 651  | 679  | 0,9583 | 3          | 1029                       | 24   | 1005 | 0,9762 | 2070                              | 41   | 2029 | 0,9801      | 17   | 1025 | 502  | 30737  |
|                       | 4     | 19   | 677  | 695  | 0,9731 | 4          | 1029                       | 24   | 1005 | 0,9766 | 2417                              | 44   | 2373 | 0,9818      | 20   | 1368 | 620  | 42421  |
|                       | 5     | 17   | 680  | 697  | 0,9759 | 5          | 1029                       | 24   | 1005 | 0,9770 | 2765                              | 46   | 2719 | 0,9834      | 22   | 1713 | 663  | 51402  |
|                       | 6     | 19   | 685  | 703  | 0,9735 | 6          | 1029                       | 23   | 1006 | 0,9773 | 3112                              | 46   | 3065 | 0,9851      | 23   | 2060 | 714  | 63846  |
| Proyección            | 7     | 22   | 837  | 859  | 0,9743 | 7          | 1029                       | 23   | 1006 | 0,9777 | 3459                              | 46   | 3413 | 0,9868      | 23   | 2407 | 708  | 74613  |
|                       | 8     | 25   | 990  | 1015 | 0,9750 | 8          | 1029                       | 23   | 1006 | 0,9781 | 3806                              | 44   | 3762 | 0,9884      | 21   | 2755 | 601  | 77150  |
|                       | 9     | 26   | 1003 | 1029 | 0,9751 | 9          | 1029                       | 22   | 1007 | 0,9785 | 4153                              | 41   | 4112 | 0,9901      | 19   | 3105 | 587  | 96254  |
|                       | -     | -    | -    | -    | -      | 10         | 1029                       | 22   | 1007 | 0,9788 | 4500                              | 37   | 4463 | 0,9918      | 15   | 3456 | 457  | 103673 |
|                       | -     | -    | -    | -    | -      | 11         | 1029                       | 21   | 1008 | 0,9792 | 4500                              | 29   | 4471 | 0,9934      | 8    | 3463 | 251  | 107350 |
|                       | -     | -    | -    | -    | -      | 12         | 1029                       | 21   | 1008 | 0,9796 | 4500                              | 22   | 4478 | 0,9951      | 1    | 3470 | 30   | 104100 |
|                       | -     | -    | -    | -    | -      | 13         | 1029                       | 21   | 1008 | 0,9800 | 4500                              | 14   | 4486 | 0,9968      | -6   | 3477 | -190 | 107791 |
|                       | -     | -    | -    | -    | -      | 14         | 1029                       | 20   | 1009 | 0,9803 | 4500                              | 7    | 4493 | 0,9985      | -13  | 3484 | -411 | 108012 |
|                       | -     | -    | -    | -    | -      | 15         | 1029                       | 20   | 1009 | 0,9807 | 4500                              | -1   | 4501 | 1,0000      | -20  | 3491 | -612 | 104742 |

Fuente. Autores.



## Pozo Ágata 8D

| COMPORTAMIENTO ACTUAL |      |      |      |     |        | PROYECCIÓN |                            |      |      |        |                                   |      |      |        | INCREMENTOS |      |      |       |
|-----------------------|------|------|------|-----|--------|------------|----------------------------|------|------|--------|-----------------------------------|------|------|--------|-------------|------|------|-------|
|                       |      |      |      |     |        | MESES      | ALS ACTUAL (ESP 1050 BFPD) |      |      |        | ALS NUEVO (ESP 2700 BFPD, EF=0,9) |      |      |        |             |      |      |       |
| MESES                 | BOPD | BWPD | BFPD | BSW | MESES  |            | BFPD                       | BOPD | BWPD | BSW    | BFPD                              | BOPD | BWPD | BSW    | BOPD        | BWPD | BOPM | BWPM  |
| Histórico             | 1    | 28   | 260  | 288 | 0,9026 | 1          | 833                        | 41   | 792  | 0,9511 | 1099                              | 52   | 1047 | 0,9525 | 11          | 255  | 344  | 7641  |
|                       | 2    | 24   | 309  | 332 | 0,9285 | 2          | 833                        | 40   | 793  | 0,9516 | 1365                              | 62   | 1303 | 0,9545 | 22          | 511  | 677  | 15826 |
|                       | 3    | 16   | 372  | 388 | 0,9598 | 3          | 833                        | 40   | 793  | 0,9522 | 1632                              | 71   | 1561 | 0,9565 | 31          | 767  | 965  | 23789 |
|                       | 4    | 34   | 512  | 546 | 0,9371 | 4          | 833                        | 39   | 794  | 0,9528 | 1898                              | 79   | 1819 | 0,9586 | 39          | 1025 | 1181 | 30759 |
|                       | 5    | 43   | 588  | 631 | 0,9323 | 5          | 833                        | 39   | 794  | 0,9534 | 2164                              | 85   | 2079 | 0,9606 | 46          | 1284 | 1441 | 39814 |
|                       | 6    | 35   | 662  | 697 | 0,9494 | 6          | 833                        | 38   | 795  | 0,9540 | 2430                              | 91   | 2339 | 0,9626 | 53          | 1544 | 1577 | 46333 |
| Proyección            | 7    | 39   | 737  | 775 | 0,9500 | 7          | 833                        | 38   | 795  | 0,9546 | 2430                              | 86   | 2344 | 0,9646 | 48          | 1549 | 1492 | 48015 |
|                       | 8    | 41   | 792  | 833 | 0,9505 | 8          | 833                        | 37   | 796  | 0,9552 | 2430                              | 81   | 2349 | 0,9667 | 44          | 1553 | 1355 | 48152 |
| -                     | -    | -    | -    | -   | -      | 9          | 833                        | 37   | 796  | 0,9558 | 2430                              | 76   | 2354 | 0,9687 | 39          | 1558 | 1100 | 43616 |
| -                     | -    | -    | -    | -   | -      | 10         | 833                        | 36   | 797  | 0,9564 | 2430                              | 71   | 2359 | 0,9707 | 35          | 1562 | 1081 | 48426 |
| -                     | -    | -    | -    | -   | -      | 11         | 833                        | 36   | 797  | 0,9570 | 2430                              | 66   | 2364 | 0,9727 | 30          | 1567 | 913  | 46997 |
| -                     | -    | -    | -    | -   | -      | 12         | 833                        | 35   | 798  | 0,9576 | 2430                              | 61   | 2369 | 0,9747 | 26          | 1571 | 807  | 48700 |
| -                     | -    | -    | -    | -   | -      | 13         | 833                        | 35   | 798  | 0,9582 | 2430                              | 56   | 2374 | 0,9768 | 22          | 1575 | 648  | 47262 |
| -                     | -    | -    | -    | -   | -      | 14         | 833                        | 34   | 799  | 0,9588 | 2430                              | 52   | 2378 | 0,9788 | 17          | 1580 | 532  | 48975 |
| -                     | -    | -    | -    | -   | -      | 15         | 833                        | 34   | 799  | 0,9593 | 2430                              | 47   | 2383 | 0,9808 | 13          | 1584 | 395  | 49112 |
| -                     | -    | -    | -    | -   | -      | 16         | 833                        | 33   | 800  | 0,9599 | 2430                              | 42   | 2388 | 0,9828 | 8           | 1589 | 250  | 47660 |
| -                     | -    | -    | -    | -   | -      | 17         | 833                        | 33   | 800  | 0,9605 | 2430                              | 37   | 2393 | 0,9849 | 4           | 1593 | 121  | 49386 |
| -                     | -    | -    | -    | -   | -      | 18         | 833                        | 32   | 801  | 0,9611 | 2430                              | 32   | 2398 | 0,9869 | -1          | 1598 | -16  | 47926 |
| -                     | -    | -    | -    | -   | -      | 19         | 833                        | 32   | 801  | 0,9617 | 2430                              | 27   | 2403 | 0,9889 | -5          | 1602 | -153 | 49660 |
| -                     | -    | -    | -    | -   | -      | 20         | 833                        | 31   | 802  | 0,9623 | 2430                              | 22   | 2408 | 0,9909 | -9          | 1606 | -291 | 49798 |
| -                     | -    | -    | -    | -   | -      | 21         | 833                        | 31   | 802  | 0,9629 | 2430                              | 17   | 2413 | 0,9930 | -14         | 1611 | -386 | 45102 |

Fuente. Autores.

## Pozo Ágata 12D

| COMPORTAMIENTO ACTUAL |       |       |       |     |        | PROYECCIÓN |                           |       |       |        |                                   |      |      |        | INCREMENTOS |       |       |       |
|-----------------------|-------|-------|-------|-----|--------|------------|---------------------------|-------|-------|--------|-----------------------------------|------|------|--------|-------------|-------|-------|-------|
|                       |       |       |       |     |        | ME S       | ALS ACTUAL ( BM 838 BFPD) |       |       |        | ALS NUEVO (ESP 2100 BFPD, EF=0,9) |      |      |        |             |       |       |       |
| ME S                  | BOP D | BWP D | BFP D | BSW | ME S   |            | BFP D                     | BOP D | BWP D | BSW    | BFP D                             | BOPD | BWPD | BSW    | BOP D       | BWP D | BOP M | BWP M |
| Histórico             | 1     | 76    | 23    | 99  | 0,2320 | 1          | 804                       | 33    | 771   | 0,9587 | 959                               | 38   | 921  | 0,9599 | 5           | 150   | 163   | 4646  |
|                       | 2     | 53    | 59    | 113 | 0,5282 | 2          | 804                       | 32    | 772   | 0,9598 | 1114                              | 42   | 1072 | 0,9621 | 10          | 300   | 305   | 9314  |
|                       | 3     | 48    | 80    | 128 | 0,6231 | 3          | 804                       | 31    | 772   | 0,9608 | 1269                              | 45   | 1224 | 0,9644 | 14          | 452   | 385   | 12648 |
|                       | 4     | 41    | 132   | 174 | 0,7615 | 4          | 804                       | 31    | 773   | 0,9619 | 1425                              | 48   | 1377 | 0,9666 | 17          | 604   | 525   | 18714 |
|                       | 5     | 18    | 221   | 239 | 0,9228 | 5          | 804                       | 30    | 774   | 0,9629 | 1580                              | 49   | 1530 | 0,9688 | 19          | 756   | 583   | 22689 |
|                       | 6     | 13    | 238   | 250 | 0,9497 | 6          | 804                       | 29    | 775   | 0,9640 | 1735                              | 50   | 1685 | 0,9711 | 21          | 910   | 659   | 28199 |
| Proyección            | 7     | 16    | 307   | 323 | 0,9507 | 7          | 804                       | 28    | 776   | 0,9650 | 1890                              | 50   | 1840 | 0,9733 | 22          | 1064  | 671   | 31910 |
|                       | 8     | 19    | 377   | 396 | 0,9518 | 8          | 804                       | 27    | 777   | 0,9661 | 1890                              | 46   | 1844 | 0,9755 | 19          | 1067  | 589   | 33078 |
|                       | 9     | 22    | 447   | 469 | 0,9528 | 9          | 804                       | 26    | 778   | 0,9671 | 1890                              | 42   | 1848 | 0,9777 | 16          | 1070  | 485   | 33183 |
|                       | 10    | 25    | 517   | 542 | 0,9539 | 10         | 804                       | 26    | 778   | 0,9682 | 1890                              | 38   | 1852 | 0,9800 | 12          | 1074  | 368   | 32214 |
|                       | 11    | 28    | 587   | 614 | 0,9549 | 11         | 804                       | 25    | 779   | 0,9692 | 1890                              | 34   | 1856 | 0,9822 | 9           | 1077  | 276   | 33392 |
|                       | 12    | 30    | 657   | 687 | 0,9560 | 12         | 804                       | 24    | 780   | 0,9703 | 1890                              | 29   | 1861 | 0,9844 | 6           | 1081  | 166   | 32416 |
|                       | 13    | 33    | 727   | 760 | 0,9570 | 13         | 804                       | 23    | 781   | 0,9713 | 1890                              | 25   | 1865 | 0,9867 | 2           | 1084  | 67    | 33601 |
|                       | 14    | 34    | 770   | 804 | 0,9577 | 14         | 804                       | 22    | 782   | 0,9724 | 1890                              | 21   | 1869 | 0,9889 | -1          | 1087  | -38   | 33705 |
|                       | -     | -     | -     | -   | -      | 15         | 804                       | 21    | 783   | 0,9734 | 1890                              | 17   | 1873 | 0,9911 | -5          | 1091  | -128  | 30538 |
|                       | -     | -     | -     | -   | -      | 16         | 804                       | 21    | 783   | 0,9745 | 1890                              | 13   | 1877 | 0,9933 | -8          | 1094  | -246  | 33914 |
|                       | -     | -     | -     | -   | -      | 17         | 804                       | 20    | 784   | 0,9755 | 1890                              | 8    | 1882 | 0,9956 | -11         | 1097  | -340  | 32921 |

Fuente. Autores.

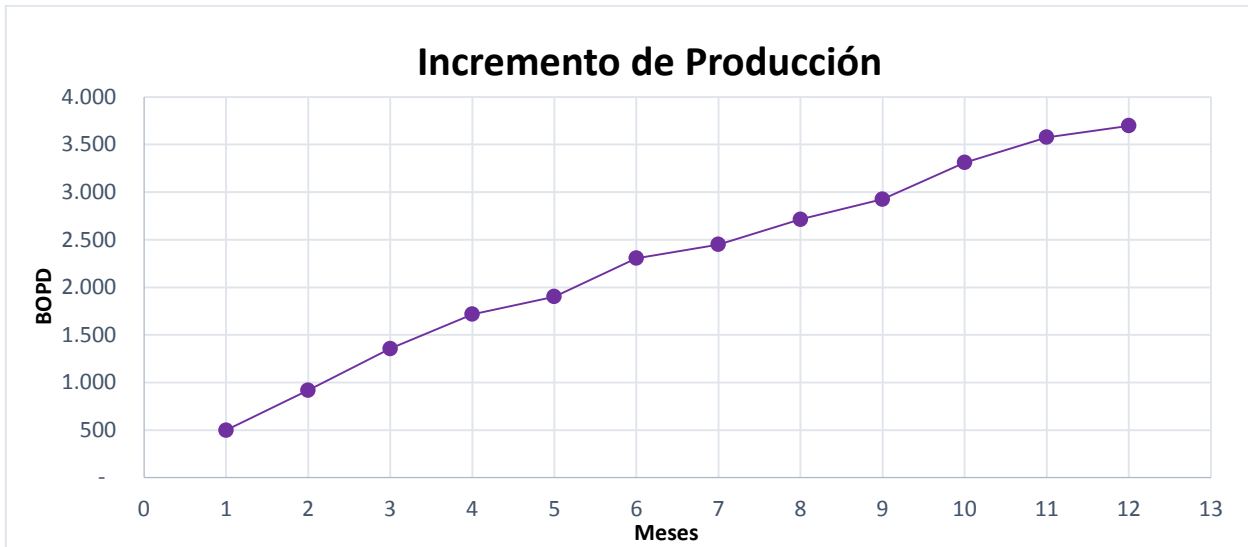
## Pozo Ágata 13D

| COMPORTAMIENTO ACTUAL |          |          |          |     |        | PROYECCIÓN  |                           |          |          |        |                                      |      |      |        | INCREMENTOS |          |          |          |
|-----------------------|----------|----------|----------|-----|--------|-------------|---------------------------|----------|----------|--------|--------------------------------------|------|------|--------|-------------|----------|----------|----------|
|                       |          |          |          |     |        | M<br>E<br>S | ALS ACTUAL ( BM 838 BFPD) |          |          |        | ALS NUEVO (ESP 3900 BFPD,<br>EF=0,9) |      |      |        |             |          |          |          |
| ME<br>S               | BOP<br>D | BWP<br>D | BFP<br>D | BSW |        |             | BFP<br>D                  | BOP<br>D | BWP<br>D | BSW    | BFPD                                 | BOPD | BWPD | BSW    | BOP<br>D    | BWP<br>D | BOP<br>M | BWP<br>M |
| Histórico             | 1        | 17       | 111      | 127 | 0,8676 | 1           | 762                       | 25       | 737      | 0,9675 | 1037                                 | 32   | 1005 | 0,9693 | 7           | 268      | 220      | 8298     |
|                       | 2        | 15       | 121      | 135 | 0,8924 | 2           | 762                       | 24       | 738      | 0,9682 | 1312                                 | 37   | 1274 | 0,9716 | 13          | 537      | 401      | 16637    |
|                       | 3        | 19       | 138      | 157 | 0,8786 | 3           | 762                       | 24       | 738      | 0,9688 | 1586                                 | 41   | 1545 | 0,9740 | 17          | 807      | 488      | 22595    |
|                       | 4        | 14       | 170      | 184 | 0,9239 | 4           | 762                       | 23       | 739      | 0,9694 | 1861                                 | 44   | 1817 | 0,9764 | 21          | 1079     | 640      | 33435    |
|                       | 5        | 9        | 212      | 222 | 0,9573 | 5           | 762                       | 23       | 739      | 0,9700 | 2136                                 | 45   | 2091 | 0,9787 | 23          | 1351     | 677      | 40543    |
|                       | 6        | 9        | 231      | 240 | 0,9623 | 6           | 762                       | 22       | 740      | 0,9706 | 2411                                 | 46   | 2365 | 0,9811 | 23          | 1626     | 719      | 50394    |
| Proyección            | 7        | 11       | 298      | 310 | 0,9629 | 7           | 762                       | 22       | 740      | 0,9712 | 2686                                 | 44   | 2641 | 0,9835 | 23          | 1901     | 676      | 57032    |
|                       | 8        | 14       | 366      | 379 | 0,9635 | 8           | 762                       | 21       | 741      | 0,9719 | 2960                                 | 42   | 2918 | 0,9858 | 21          | 2178     | 637      | 67514    |
|                       | 9        | 16       | 433      | 449 | 0,9641 | 9           | 762                       | 21       | 741      | 0,9725 | 3235                                 | 38   | 3197 | 0,9882 | 17          | 2456     | 535      | 76134    |
|                       | 10       | 18       | 500      | 519 | 0,9648 | 10          | 762                       | 21       | 741      | 0,9731 | 3510                                 | 33   | 3477 | 0,9905 | 13          | 2735     | 381      | 82059    |
|                       | 11       | 20       | 568      | 588 | 0,9654 | 11          | 762                       | 20       | 742      | 0,9737 | 3510                                 | 25   | 3485 | 0,9929 | 5           | 2743     | 151      | 85037    |
|                       | 12       | 22       | 635      | 658 | 0,9660 | 12          | 762                       | 20       | 742      | 0,9743 | 3510                                 | 17   | 3493 | 0,9953 | -3          | 2751     | -88      | 82528    |
|                       | 13       | 24       | 703      | 727 | 0,9666 | 13          | 762                       | 19       | 743      | 0,9749 | 3510                                 | 8    | 3502 | 0,9976 | -11         | 2759     | -334     | 85522    |
|                       | 14       | 25       | 737      | 762 | 0,9669 | 14          | 762                       | 19       | 743      | 0,9756 | 3510                                 | 0    | 3510 | 1,0000 | -19         | 2767     | -576     | 85764    |

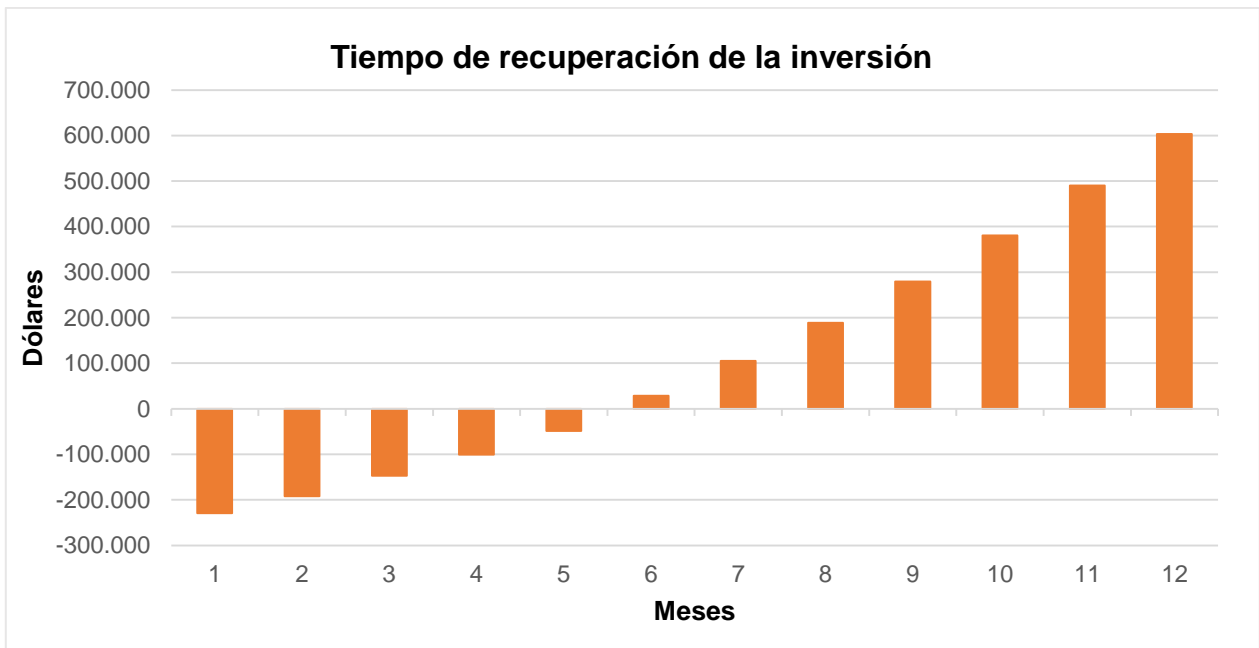
Fuente. Autores.

**ANEXO 25.** Gráficas de incrementos de la producción y tiempo de recuperación de la inversión de los pozos seleccionados para rediseño.

**Pozo Ágata 5D**

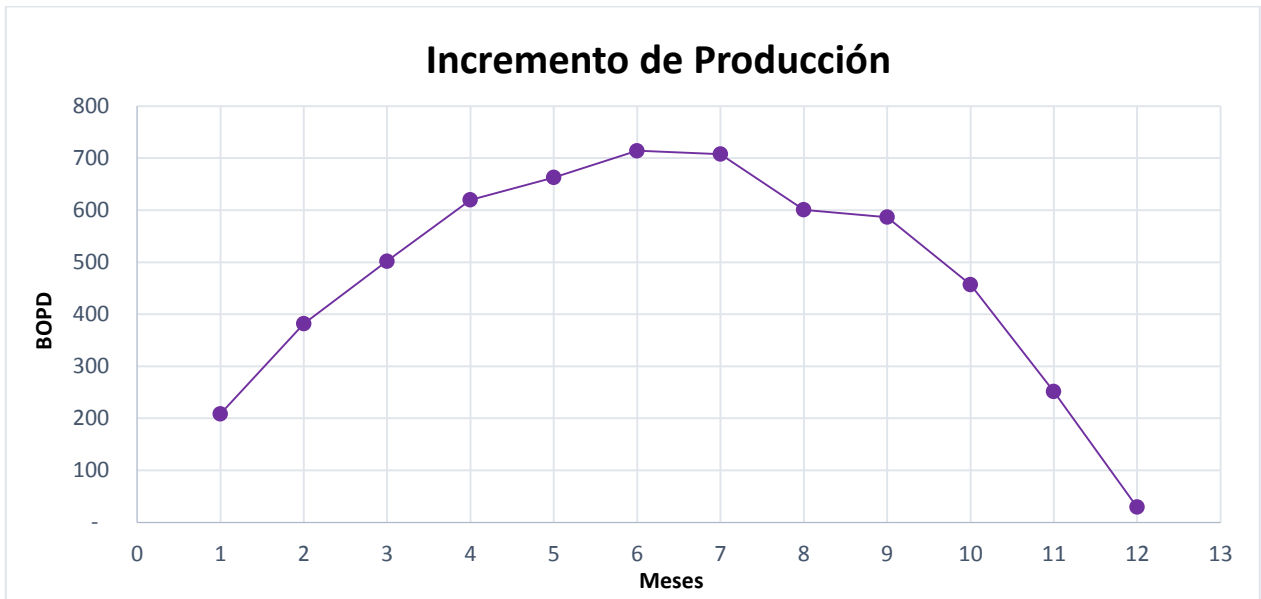


Fuente. Autores.

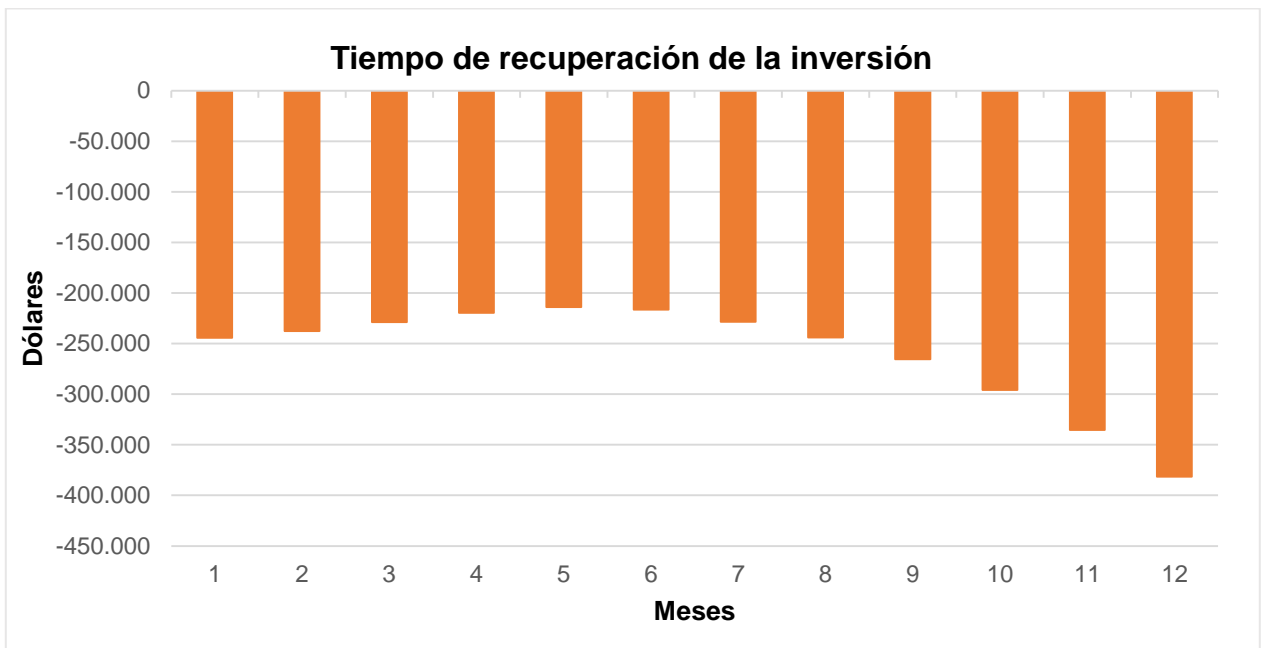


Fuente. Autores.

## Pozo Ágata 7H

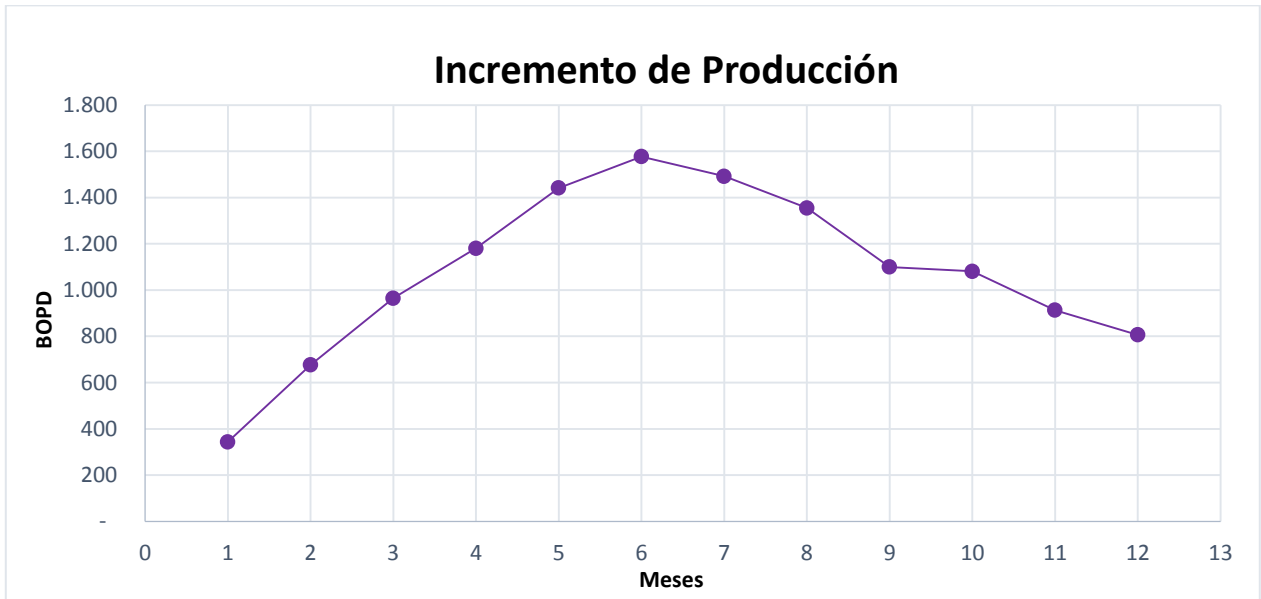


Fuente. Autores.

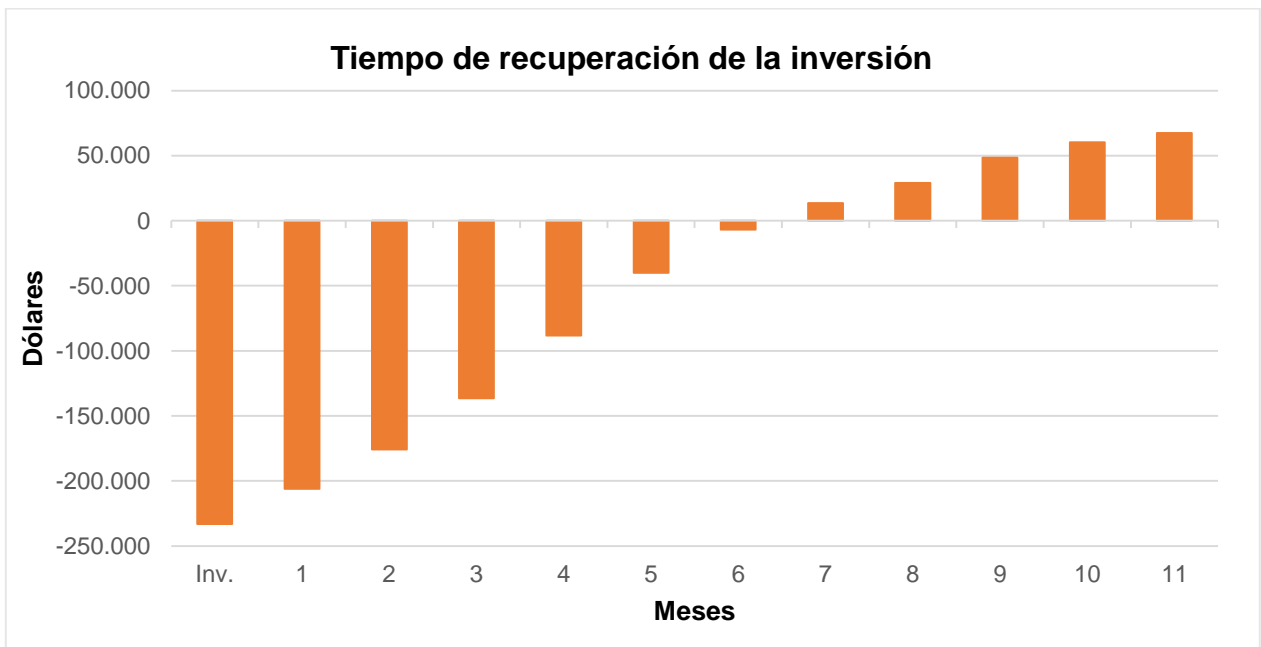


Fuente. Autores.

## Pozo Ágata 8D

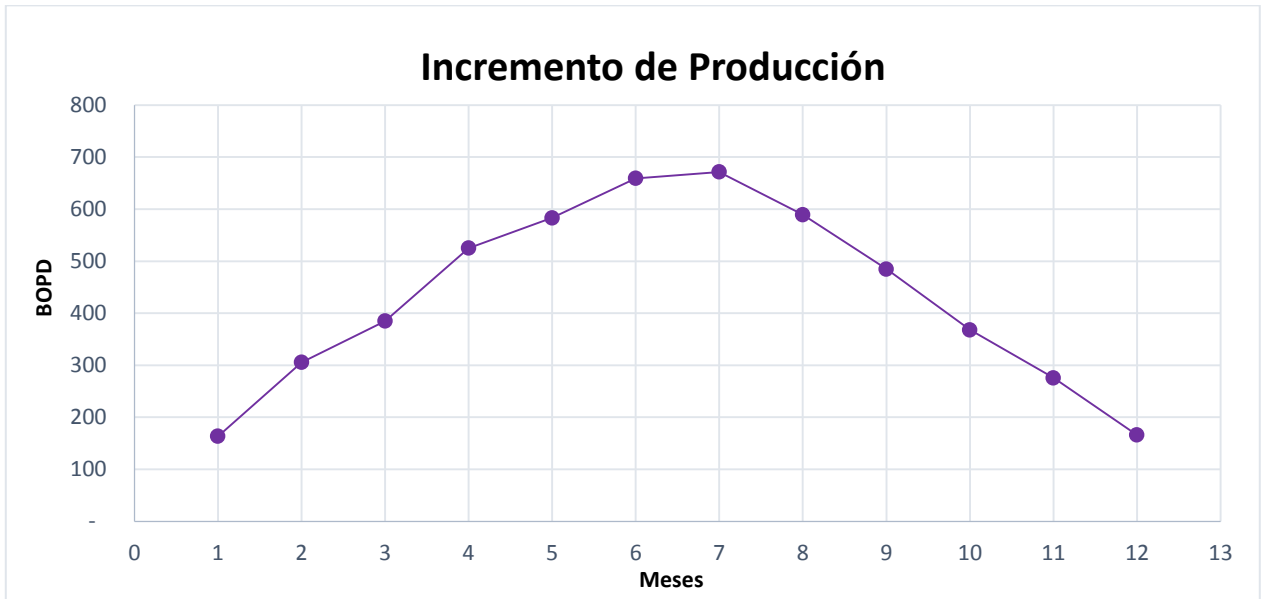


Fuente. Autores.

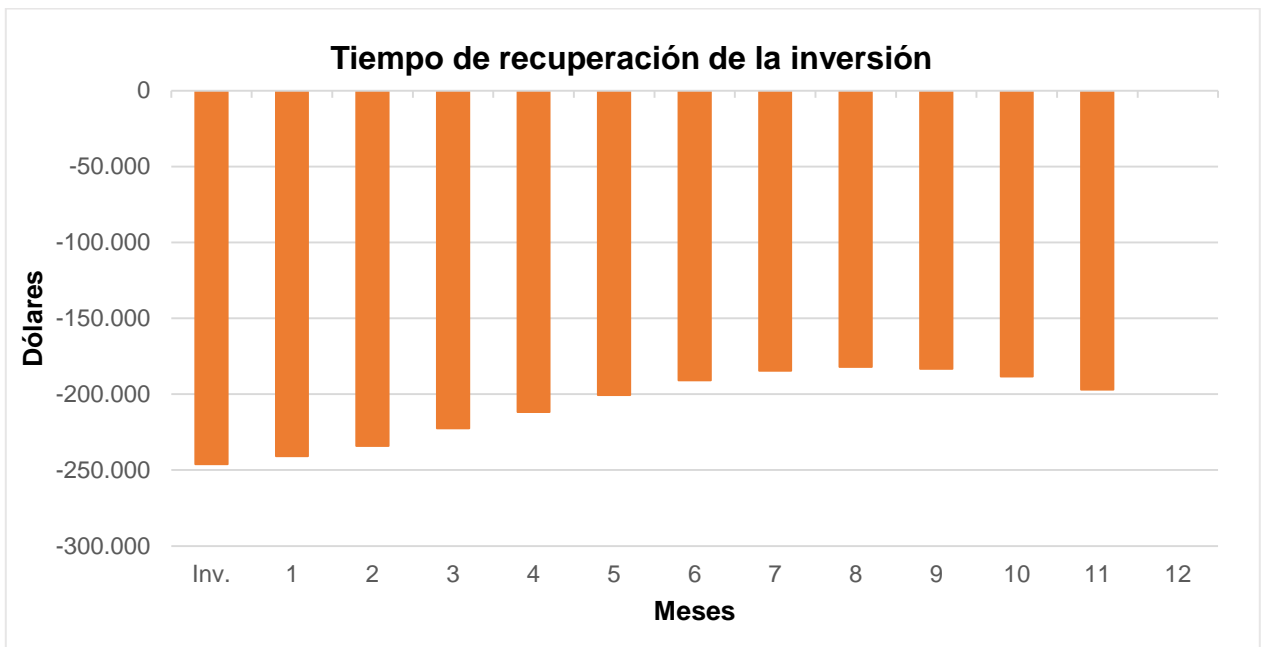


Fuente. Autores

## Pozo Ágata 12D

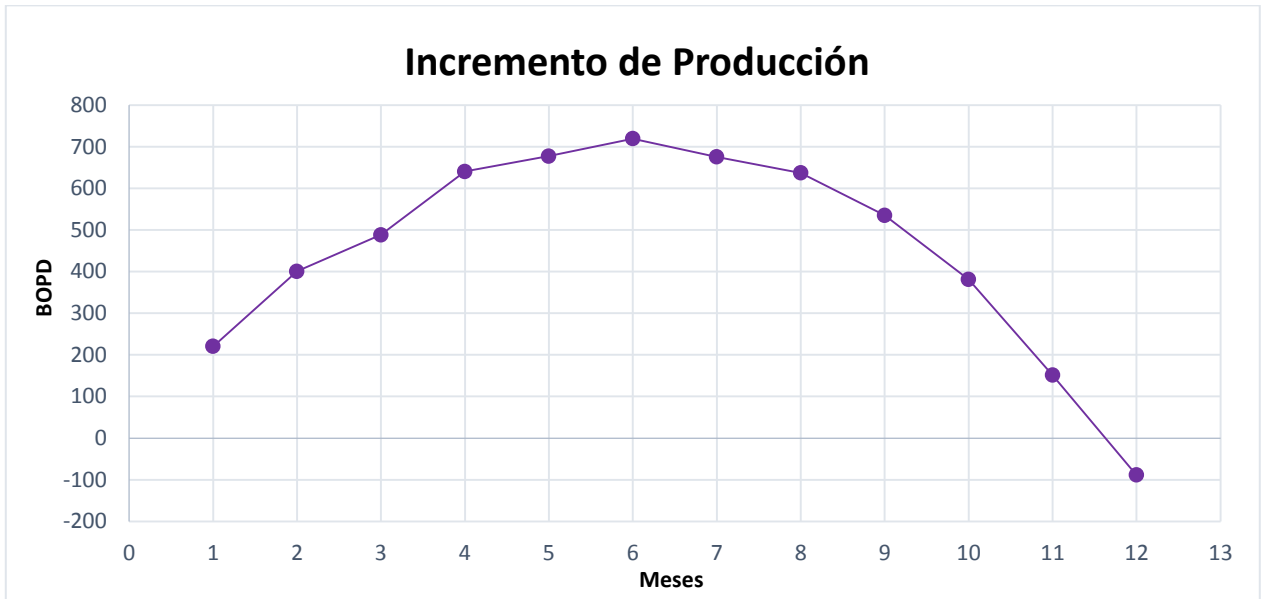


Fuente. Autores.

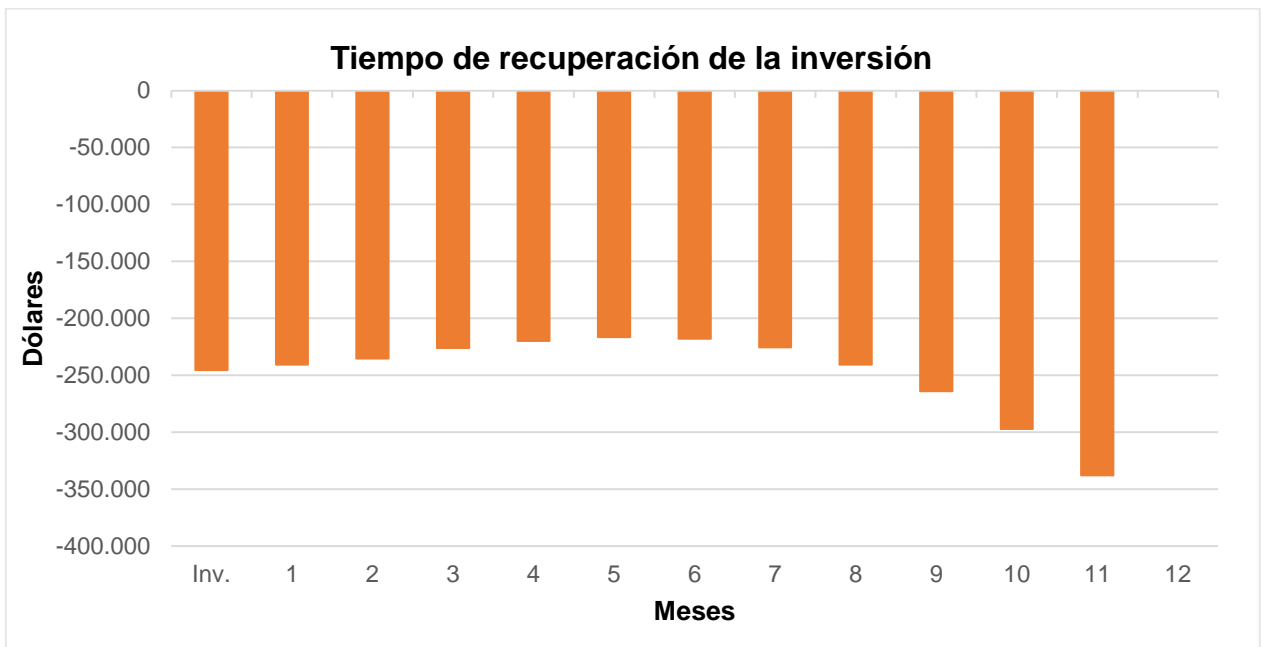


Fuente. Autores.

## Pozo Ágata 13D



Fuente. Autores.



Fuente. Autores.