

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOATEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO**



**EVALUACION TÉCNICO-ECONÓMICA DE LA IMPLEMENTACION DE
LAS BOMBAS DE CAVIDADES PROGRESIVAS METAL-METAL EN LOS
POZOS SOMEROS DEL CAMPO OROCUAL.**

**REALIZADO POR:
RENÉ GREGORIO MORA O MALAVÉ**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO PRESENTADO ANTE LA UNIVERSIDAD
DE ORIENTE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO DE PETRÓLEO

BARCELONA, JUNIO DE 2011

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOATEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO



**EVALUACION TÉCNICO-ECONÓMICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE
LAS BOMBAS DE CAVIDADES PROGRESIVAS METAL-METAL EN
POZOS SOMEROS DEL CAMPO OROCUAL**

Realizado por:

Br. René Gregorio Morao Malavé

C.I. 17.411.273

Revisado por:

Ing. Ramón Tineo.

Asesor Industrial

Ing. Ivón Ulacio.

Asesor Académico

Ing. Luis Villahermosa.

Co - Asesor Industrial

BARCELONA, JUNIO DE 2011

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NUCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO



**EVALUACION TÉCNICO-ECONÓMICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE
LAS BOMBAS DE CAVIDADES PROGRESIVAS METAL-METAL EN
POZOS SOMEROS DEL CAMPO OROCUAL**

El jurado hace constar que asignó a esta tesis la calificación de:

ING. JOSÉ RODRÍGUEZ

Jurado Principal

ING. TANIA GONZÁLEZ

Jurado Principal

ING. IVON ULACIO

Asesor Académico

BARCELONA, JUNIO DE 2011

RESOLUCIÓN

*“De acuerdo con el artículo 41 del **Reglamento de Trabajos de Grado**, éstos son de exclusiva propiedad de la universidad, y solo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo participará al Consejo Universitario”.*

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada a todas las personas que hicieron posible alcanzar la meta de graduarme como Ingeniero de Petróleo, y especialmente:

A DIOS que siempre ha guiado mis pasos para alcanzar las metas propuestas desde el momento de mi nacimiento.

A MI MADRE por darme la vida y por dedicarse enteramente a mi abandonado todo sin importarle nada más que mi salud, por estar a mi lado desde el principio para llevarme en el camino del bien, por ti soy lo que fui, lo que soy y lo que seré, eres lo máspreciado que tengo y por ello no descansare hasta llenar tu vida de dicha y hacerte sentir como una REYNA porque te lo mereces.

A MAMA por ser siempre esa figura de respeto y valor que he seguido desde siempre, por convertirme en el ser humano que soy , por sus enseñanzas por su carisma, por darme la oportunidad de estar a mi y darte un fuerte abrazo luego de este logro, por ti porque daría toda mi vida por tan solo robarte una sonrisa te quiero demasiado AMA.

A MIS TIAS (Nina, Lita, Deya) por darme ese apoyo condicional que siempre hacia que siguiera adelante sin importa los obstáculos por ser mis madres y que quisiera siempre regalarles momentos felices donde compartiéramos en familia antes y como quisiera tener para compartir mis logros y llenarlas de alegrías, y siempre estaré agradecido a dios por darme 4 madres maravillosas.

A MIS PRIMOS (Salo, Fer, Siolina, Estefanía, Marisabel por estar siempre a mi lado en las buenas y malas, para quq sigan luchando por sus metas.

A MI PADRE (Alexis Morao) por ser esa figura paterna a seguir y por apoyarme incondicionalmente en todo lo que me propongo, por sus consejos y para que te sientas que en mi podrás encontrar ese hijo que siempre has querido.

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento:

A DIOS por darme salud y a una familia tan maravillosa.

A MI MADRE por darme la vida y estar siempre a mi lado dedicándose enteramente a mí y que gracias a ti pude realizar este sueño.

A MI FAMILIA por darme ese apoyo incondicional y por siempre creer en mí.

A la **UNIVERSIDAD DE ORIENTE** y su profesorado por permitirme lograr la meta de graduarme.

A mi **ASESOR INDUSTRIAL**, Ing. Ramón Tineo y mi **CO-ASESOR** Ing. Luis Villahermosa y todo el personal que labora en el centro operativo Orocuál, por prestarme su ayuda y asesoría durante la realización de mi trabajo de grado.

A los ing Edgar Betancourt, Luis Morao, Luis Tovar, Víctor Gonzáles, Ana Marín, Ana Yelitza Hernández, por su valiosa colaboración, por sus enseñanzas y por brindarme no solo la asesoría sino su amistad que me ayudaron a conseguir este logro.

A MIS COMPAÑEROS DE PASANTÍA Rafael Muños, Víctor Guillen, Rosanyelis Mejías y Ángel por su valiosa colaboración.

A MIS COMPAÑEROS DE ESTUDIO Y AMIGOS Calorina Bas, Jhiizy Indriago, Ramon, Felix Martinez, Maria C Millan, Merycruz Carvajal, Luz Duran, Adriana Sánchez, Ljubljana Panuch, Yenni Alexa Marcano, Lourdes La Rosa, Damelis Silva, Rigoberto Cardivillo, por hacer mi estadía en la universidad más agradable y por compartir muchas vivencias. Por todo esto gracias.

CONTENIDO

RESOLUCIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vii
CONTENIDO	ix
LISTA DE FIGURAS	xiii
LISTA DE TABLAS	xv
RESUMEN.....	xvii
CAPÍTULO I. EL PROBLEMA	18
1.1. Introducción	18
1.2. Planteamiento del Problema.....	19
1.3. Objetivos	20
1.3.1 Objetivo general.....	20
1.3.2. Objetivos específicos.	21
CAPÍTULO II. MARCO TEORICO	22
2.1. Antecedentes	22
2.2. Generalidades del Área en Estudio	23
2.2.1. Ubicación Geográfica Del Campo Orocual.	23
2.2.2 Descripción General del Campo Orocual	24
2.2.3. Sistema de Alivio en las Estaciones de Flujo Orocual.....	25
2.3. Bases Teóricas.....	26
2.3.1. Métodos de Producción.....	26
2.3.1.1. Flujo Natural.	26
2.3.1.2 Levantamiento Artificial.	27
2.3.1.2.1. Sistema de Bombeo Mecánico (B.M).....	27
2.3.1.2.1.1. Funcionamiento.....	28

2.3.1.2.1.2. Rango de aplicación del Levantamiento Artificial por Bombeo Mecánico	29
2.3.1.2.1.3. Ventajas.....	29
2.3.1.2.1.4. Desventajas	29
2.3.1.2.2. Bombeo de Cavidad Progresiva (B.C.P).....	30
2.3.1.2.2.1. Equipos de Subsuelo:	31
2.3.1.2.2.2. Equipos de superficie	39
2.3.1.2.2.3. Rango de Aplicación	42
2.3.1.2.2.4. Ventajas.....	42
2.3.1.2.2.5. Desventajas	43
2.3.1.2.3. Bombas de Cavidad Progresiva Metal-Metal	43
2.3.1.2.2.4. Tipos de Completación existentes en el Campo Orocual	51
2.4. Definición de Términos.....	52
CAPÍTULO III. MARCO METODOLOGICO	55
3.1. Tipo de Investigación.....	55
3.2. Diseño de la Investigación	55
3.3. Población y Muestra.....	55
3.4. Procedimiento Metodológico	56
3.4.1. Revisar el comportamiento de producción de los pozos que producen por levantamiento artificial bombeo mecánico (B.M) y Bombeo por Cavidades Progresivas (B.C.P).	56
3.4.2. Chequear los diagramas existentes y el propuesto luego de cambio de completación.	56
3.4.3. Simular el comportamiento de los pozos con la completación actual y la propuesta técnica con las bombas Metal-Metal.	57
3.4.4. Evaluar económicamente la implementación de las bombas metal-metal en pozos existentes del Campo Orocual.....	57
3.5. Técnicas e Instrumentos para la Recolección de la Información	58
3.5.1. Técnicas	58

3.5.2. Instrumentos	58
3.6. Recursos	59
3.6.1. Recursos Humanos.....	59
3.6.2. Recursos Materiales	59
3.6.3. Recursos Financieros	59
CAPÍTULO IV. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	60
4.1 Estudio del comportamiento de producción de los pozos que producen por levantamiento artificial Bombeo Mecánico (B.M) y por Cavidades Progresivas (B.C.P).....	60
4.1.2. Pozos candidatos	65
4.1.2.1. Pozo ORS-91.....	66
4.1.2.1.1. Resumen general	66
4.1.2.1.2. Ubicación	66
4.1.2.1.3. Comportamiento de producción.....	67
4.1.2.1.4. Análisis de viscosidad pozo ors-91.....	69
4.1.2.1.5. Estrategia Planteada.....	70
4.1.2.2. ORS-94.....	71
4.1.2.2.1. Resumen general	71
4.1.2.2.2. Comportamiento de producción.....	72
4.1.2.2.3. Análisis de viscosidad, pozo ORS-94.....	73
4.1.2.2.4. Estrategia Planteada.....	73
4.1.2.3. Pozo ORS-96.....	74
4.1.2.3.1. Ubicación geográfica pozo ORS-96.....	74
4.1.2.3.2. Comportamiento de Producción.....	75
4.1.2.3.3. Análisis de viscosidad pozo ORS-96.....	77
4.1.2.4. Pozo ORS-108.....	79
4.1.2.4.1. Ubicación geografica pozo ORS-108.....	79
4.1.2.4.2. Comportamiento de Producción.....	80
4.1.2.4.3. ANÁLISIS GEOQUÍMICO.....	80

4.1.2.4.4. Estrategia Planteada	81
4.2. Análisis de la configuración mecánica actual y propuesta luego de la inyeccion de vapor.	82
4.2.1. Pozo ORS-91.....	82
4.2.1.1. Objetivo del trabajo.....	84
4.2.1.2. Procedimiento recomendado para la ejecución del trabajo:.....	87
4.2.2. Pozo ORS-94.....	88
4.2.2.1. Objetivo del trabajo.....	89
4.2.2.2. Procedimiento recomendado para la ejecución del trabajo.....	90
4.2.3. Pozo ORS-96.....	91
4.2.3.1. Objetivo del trabajo.....	92
4.2.3.2. Procedimiento recomendado para la ejecución del trabajo:.....	93
4.2.4. Pozo ORS-108.....	94
4.2.4.1. Objetivo del trabajo.....	95
4.2.4.2. Procedimiento recomendado para la ejecución del trabajo:.....	96
4.3 Simulación del comportamiento de los pozos con la completación actual y la propuesta técnica con las bombas Metal-Metal.	97
CONCLUSIONES	109
RECOMENDACIONES	111
BIBLIOGRAFIA	112
METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO	113

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Ubicación Geográfica del Centro Operativo Orocual	24
Figura 2.2. Esquema General del Centro Operativo Orocual	25
Figura 2.3. Bombeo mecánico	28
Figura 2.4. Bombeo de cavidad progresiva.....	30
Figura 2.5. Equipos de subsuelo	31
Figura 2.6. Sarte de cabillas	32
Figura 2.7. Parte interna de un estator de una BCP	33
Figura 2.8. Parte externa de un estator.....	33
Figura 2.9. Rotores de BCP	34
Figura 2.10. centralizadores	35
Figura 2.11. Niple espaciador	35
Figura 2.12. Niple de paro	36
Figura 2.13. Ancla de torque.....	37
Figura 2.14. Niple de asiento	37
Figura 2.15. Esquema de levantamiento Artificial por Bombeo de Cavidad Progresiva.....	40
Figura 2.16. Cabezal directo	41
Figura 2.17. BCP Metal-Metal.....	44
Figura 2.18. Principio de Hidroformación.....	45
Figura 2.19. Principio de BCP Metal-Metal	46
Figura 2. 20. Instalación de Bomba 400 MET 1000 en la Faja del Orinoco.	47
Figura 2.21. Prueba con crudo de la Faja del Orinoco 200°C, 12 cp.....	48
Figura 2.22. Cabezal para alta temperatura, Canadá.....	48
Figura 2.23. Detalles del cabezal para alta temperatura (330°C) Sello Metal-Metal.50	
Figura 2.24. Esquema de empaque con grava en hoyo revestido.	52
Figura 4.1. Grafico pozos en el campo orocual	60

Figura 4.2. Ubicación ORS-91.....	67
Figura 4.3. Grafico Variación de Viscosidad con Temperatura Pozo ORS-91.	70
Figura 4.4. Ubicación ORS-94.....	71
Figura 4.5. Ubicación geográfica pozo ORS-96 Arena R. Campo Orocuál.	74
Figura 4.6. Variación de Viscosidad con Temperatura Pozo ORS-96.....	78
Figura 4.7. Ubicación geografica pozo ORS-108.....	79
Figura 4.8. Comportamiento C1, C2 y C3 en función de la profundidad. Pozo ORS-108.....	81
Figura 4.9. Diagrama Mecánico Actual Pozo ORS-91.....	83
Figura 4.10. Diagrama Propuesto Pozo ORS-91.	84
Figura 4.11. Diagrama propuesto Bombeo Mecanico	86
Figura 4.12. Ventana final de los resultados de PCPUM.....	97
Figura 4.13. Diagrama propuesto BCP Metal-Metal	99
Figura 4.14. Gráfico Bombeo Mecánico vs BCP Metal-Metal.....	107

LISTA DE TABLAS

Tabla 4.1. Pozos que representan la población de Orocuál somero.....	61
Tabla 4.2. Tasa de producción de los pozos con BM del campo Orocuál someros...	62
Tabla 4.3. Tasa de producción de pozos con BCP del campo Orocuál someros	63
Tabla 4.4. Pozos contemplados en el proyecto P.I.A.V.O.S.....	64
Tabla 4.5. Pozos candidatos	66
Tabla 4.6. Condiciones de Operación Post Arranque. Pozo ORS-91.	68
Tabla 4.7. Comportamiento de Producción. Pozo ORS-91.	69
Tabla 4.8. Variación de Viscosidad con Temperatura Pozo ORS-91.	70
Tabla 4.9. Completación oficial	72
Tabla 4.10. Comportamiento de producción ORS-94.....	73
Tabla 4.11. Viscosidades a distintas temperaturas ORS-94.....	73
Tabla 4.12. Condiciones de Operación Post Arranque. Pozo ORS-96.	76
Tabla 4.13. Comportamiento de Producción. Pozo ORS-96.....	77
Tabla 4.14. Variación de Viscosidad con Temperatura Pozo ORS-96.	77
Tabla 4.15. Prueba de Completación Oficial del Pozo ORS-108	79
Tabla 4.16. Comportamiento de producción ORS-108.....	80
Tabla 4.17. Resultados de RODSTAR Pozo ORS-91	87
Tabla 4.18. Resultados RODSTAR Pozo ORS-94	90
Tabla 4.20. Resultados RODSTAR Pozo ORS-108	96
Tabla 4.21. Sensibilidades realizadas ORS-91	98
Tabla 4.22. ORS-94.....	100
Tabla 4.23. ORS-96.....	100
Tabla 4.24. ORS-108.....	101
Tabla 4.25. Pozos candidatos para la evaluación económica.....	102
Tabla 4.26. Ingresos por año durante 6 años.....	102
Tabla 4.27. Costos por entrada de taladro	103

Tabla 4.28. Costos por bombeo mecánico	103
Tabla 4.29. Evaluación económica primer escenario.....	104
Tabla 4.30. Costos por entrada de taladro.....	105
Tabla 4.31. Costos por BCP Convencional.....	105
Tabla 4.32. Costos BCP Metal-Metal y tubería pre-aislada.....	105
Tabla 4.33. Evaluación económica 2do escenario	106

RESUMEN

En la actualidad en el campo Orocual se está poniendo en práctica la inyección alterna de vapor (P.I.A.V.O.S), con un estimado de tres ciclos de inyección para cada pozo, dándose inicio a la masificación de este proyecto contempla la producción de los pozos en dos fases: La primera en frío y otra en caliente luego de la inyección de vapor, las bombas de cavidades progresivas pueden producir solo en frío por sus limitaciones a altas temperaturas y por ello se debe de reemplazar a una nueva completación por bombeo mecánico luego de la estimulación, generando un aumento de los costos e inactividad de los pozos,, debido a esto se busca alternativas para la producción en caliente del crudo mejorando la producción en este Campo por lo tanto, se propone la evaluación técnico-económica para la implementación de las Bombas de Cavidad Progresiva Metal-Metal, un equipo que puede soportar grandes temperaturas, por lo tanto se escogieron 4 pozos los cuales estaban en este proyecto de I.A.V , buenos productores y de fácil acceso, estos fueron ORS-91,ORS-64,ORS-96 Y ORS-108 , se hizo un análisis d su configuración mecánica para saber su estatus y relazar un plan de trabajo mediante simulaciones en RODSTAR con ayuda del departamento de optimización que permitió saber su producción con un Bombeo Mecánico, también se utilizó el simulador PCPUM que nos permitió obtener los resultados de producción más cercanos a los que fueran por una BCP Metal-Metal, luego de tener el estimado de producción de estos pozos con ambos métodos se realizó una evaluación económica que nos permitió conocer el valor presente neto, de tres escenarios y donde se obtuvo resultados positivos.

CAPÍTULO I.

EL PROBLEMA

1.1. Introducción

En los últimos años en Venezuela la extracción de crudos pesados y extrapesados han generado aportes significativos para cumplir con el compromiso de producción, por tal motivo se ha incrementado la explotación de estos fluidos en diferentes campos petroleros de la nación entre ellos el campo Orocuál. Este campo maneja una producción diaria de 23MBNPD de crudo, proveniente de las estaciones de flujo EF-ORC-4, EF-ORC-3, EF-ORC-2, MANRESA y la EF-ORC-1 donde converge la producción proveniente del resto de las cuatro (4) estaciones. En este campo se operan crudos de 9.2 hasta 46.2 °API

En este campo existen diferentes métodos de producción; entre ellos flujo natural con una gravedad entre 32 a 46.2 °API y el resto utilizan como método de producción de levantamiento artificial unidades de Bombeo Mecánico, gas lift y unidades de Bombeo por Cavidades Progresivas.

Debido a la alta viscosidad del crudo y la insuficiencia de energía del yacimiento para transportar los fluidos desde el pozo hasta la superficie se ha implementado en el campo Orocuál la Inyección Alternada de Vapor (IAV) lo cual es una de las mejores alternativas para acelerar el recobro de reservas de crudo pesado en este campo. Cuando a un pozo con bombeo por cavidades progresivas se le inyecta vapor y se vuelve a poner a producir se cambia la completación a un bombeo mecánico por las altas temperaturas del fluido que causan que el sello de estas bombas se deformen originando problemas operacionales, aumento en los costos y paraliza la producción prolongadamente. Para realizar cualquier operación que

requiera mover el balancín en pozos con bombeo mecánico hay que utilizar equipos de izamiento y personal calificado, lo que genera altos riesgos y aumento en los costos, para esto se tarda un mínimo de ocho (24) horas si se cuenta con estos equipos, pero el Campo Orocuál no cuenta con estos, por lo que hay que esperar un tiempo adicional generando que los pozos estén inactivos prolongadamente

El desarrollo de este proyecto, se propone realizar la evaluación técnico económica de un equipo de Bombeo de Cavidad progresiva Metal-Metal, (subsuelo y superficie) denominada (BCP) Vulcain que ha demostrado a través de los años un excelente comportamiento en la producción de crudos pesados y extrapesadas, tanto en pozos verticales como en pozos desviados y especialmente para producción bajo procesos térmicos (Inyección de Vapor) ya que pueden soportar temperaturas superiores a 400°F.

1.2. Planteamiento del Problema

El Campo Orocuál se ha caracterizado por tener de crudos de 9,2 hasta 46,2 los cuales requieren diferentes métodos de levantamiento. En la actualidad este campo cuenta con 54 pozos productores activos que drenan las reservas de los yacimientos, San Juan, Vidoño, Caratas, Jabillos, Areo, Caripita, Las Piedras y Mesas. De estos 27 están produciendo de manera natural y el resto utilizan como método de producción sistemas de levantamiento artificial: Bombeo mecánico (12), bombeo por cavidades progresivas (11) y levantamiento artificial por gas (4). Muchos de estos pozos se encuentran en la formación Las Piedras, las cuales están constituidas por areniscas poco consolidadas y arcillas plásticas hidratadas, hacia la parte basal se encuentran areniscas un poco más compactas con intercalaciones de lutitas hidratables con fluidos de baja gravedad API. De esta formación drenan 27 pozos de poca profundidad (3.000-4.000) pies.

El proyecto piloto de Inyección Alternada de Vapor (P.I.A.V.O.S) en el yacimiento de crudo pesado de la formación Las Piedras, tuvo como objetivo evaluar la potencialidad de los pozos a la estimulación con vapor sin afectar el manejo de producción que tenía el Campo Orocual y sin modificaciones mayores de infraestructura, procurando equipos y materiales propios de PDVSA.

Luego de evaluar los resultados del proyecto piloto se concluyó que la Inyección Alternada de Vapor representa actualmente la mejor alternativa para acelerar el recobro de reservas de crudo pesado en el Campo Orocual iniciándose esta el año (2007), con un estimado de tres ciclos de inyección para cada pozo, dándose inicio a la masificación de este proyecto contempla la producción de los pozos en dos fases: La primera en frío y otra en caliente luego de la inyección de vapor, las bombas de cavidades progresivas pueden producir solo en frío por sus limitaciones a altas temperaturas y por ello se debe de reemplazar a una nueva completación por bombeo mecánico luego de la estimulación, generando un aumento de los costos sin mencionar el tiempo de inactividad de los pozos, esto depende si se cuenta con el personal calificado y maquinaria adecuada. Por esta razón, se propone la evaluación técnico-económica para la implementación de las Bombas de Cavidad Progresiva Metal-Metal, un equipo recomendado para aplicación en crudos pesados y especialmente para producción bajo procesos térmicos ya que puede soportar grandes temperaturas y se evitaría el cambio de completación en cada ciclo de inyección.

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar técnica y económicamente para la implementación de bombas metal-metal en los pozos someros del Campo Orocual.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Estudiar el comportamiento de los pozos que producen por levantamiento artificial por Bombeo Mecánico y por Cavidades Progresivas, que estén contemplados en el proyecto de inyección alterna de vapor (P.I.A.V.O.S).
- Analizar la configuración mecánica de los pozos existentes y los propuestos luego de la inyección de vapor.
- Simular el comportamiento de los pozos con la completación actual y la propuesta técnica con las bombas Metal-Metal.
- Evaluar económicamente la implementación de las bombas Metal- Metal en el pozo seleccionado.

CAPÍTULO II.

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes

González, Z. (2007). Se enfocó en la evaluación técnico-económica para la masificación del sistema de levantamiento artificial con equipos Dynapump en el distrito Barinas. Se realizó una propuesta mediante una selección técnica que se logró a través de un estudio minucioso de los antecedentes de producción y de la ventana de operación actual de los pozos, resultando como preseleccionados pozos que ameritan de BES a BM con equipos Dynapump que cumplan con las condiciones de operación de la unidad posteriormente se realizó un análisis económico de los pozos preseleccionados donde se descartaron los pozos donde existían indicadores económicos no permisibles por PDVSA. Permitiendo corroborar con este estudio que se va a obtener un mínimo costo de producción en los pozos manteniendo el potencial de los mismos.

Rodríguez, L. (2006). Se realizó el estudio de optimización de los pozos del área Jobo-02, para establecer recomendaciones que permitan mejorar las condiciones de los mismos y la producción asociada; también, se estudiaron los problemas comunes y sus causas. Se logró estimar, que los problemas de: hueco en tubería, bomba mala y niple de drenaje roto son repetitivos, y las condiciones de crudo viscoso y golpe de fluido son frecuentes en los pozos del área, mientras que en superficie, los equipos no se encuentran sobrecargados. Además, ante posibles dudas en cuanto a la certeza de las mediciones dinagráficas realizadas en el área con la Celda Carga de Echometer, se decidió compararlo con el Dinamómetro Electrónico T1, y verificar cual equipo es técnica y económicamente más recomendable, para ser

utilizado y realizar el diagnóstico al momento de cualquier falla. Se concluyó que el equipo Echometer es confiable para tomar de cartas dinagráficas.^[2]

Cegarra, I. (2004). Ejecutó un proyecto para optimizar la producción del campo específicamente en pozos de reentradas completados con equipos de cavidad progresiva, en la cual se evaluaron las condiciones de yacimiento, completación, equipos de levantamiento artificial y producción de cada uno de los pozos estudiados, esto con el fin de poder simular sus condiciones. Adicionalmente se ejecutó un estudio completo y detallado de todas las condiciones que afectaban la producción de los pozos, igualmente se realizó un análisis económico de costos menores donde se comparó entre dos tecnologías para control de la corrosión. Entre los resultados se encontraron que las mayores fallas es por corrosión, la mejor alternativa aplicable es la tubería 13 % Cromo la cual genera mayor rentabilidad a la empresa disminuyendo los costos a largo plazo y los servicios de reparación a cada pozo, todos los pozos estudiados poseen reservas recuperables considerables por recuperar por lo cual se deben reactivar y explotarlos siguiendo los parámetros propuestos en el presente trabajo lográndose con ello alargar la vida útil de los equipos y con ello aumentar la producción de estos pozos que son los que más aporte realiza a la empresa PETROUDO S.A.^[3]

2.2. Generalidades del Área en Estudio

2.2.1. Ubicación Geográfica Del Campo Orocual.

El Centro Operativo Orocual se encuentra ubicado aproximadamente a 20 Kms al noroeste de la ciudad de Maturín, en el Municipio Piar del Estado Monagas, dentro de los límites del Campo Orocual.(Figura 2.1)

La producción proveniente de los pozos asociados al Campo Orocuál es enviada hacia cuatro (4) estaciones de flujo, las cuales son las encargadas de procesar las fases involucradas: Crudo, Gas y Agua. Las líneas de flujo de los pozos del área, son direccionadas hacia las estaciones de flujo considerando simultáneamente factores como: la cercanía entre pozo-estación y los niveles de presión de cabezal disponibles. En estas estaciones se desarrollan procesos de recolección fluido multifásico, separación líquido/gas, depuración de gas, almacenamiento de crudo y bombeo.



Figura 2.1. Ubicación Geográfica del Centro Operativo Orocuál

2.2.2 Descripción General del Campo Orocuál

En el Campo Orocuál se produce aproximadamente, 21.5 MBPD de crudo con 115 MMPCND de gas asociado, de diferentes segregaciones: condensado, liviano, mediano y pesado. La columna estratigráfica de la zona del Campo Orocuál está integrada por una secuencia sedimentaria que abarca desde el cretáceo medio hasta el reciente.

En superficie, esta producción es enviada hacia cuatro estaciones de flujo denominadas EF-ORC-1, EF-ORC-2, EF-ORC-3 y EF-ORC-4. Tal como se observa en el Esquema General del Centro Operativo Orocuál (Figura 2.2). Finalmente, la

producción del campo es bombeada al Patio de Tanques de Jusepín a través de un oleoducto de 20 pulgadas de diámetro y 27 Km. de longitud, aproximadamente.

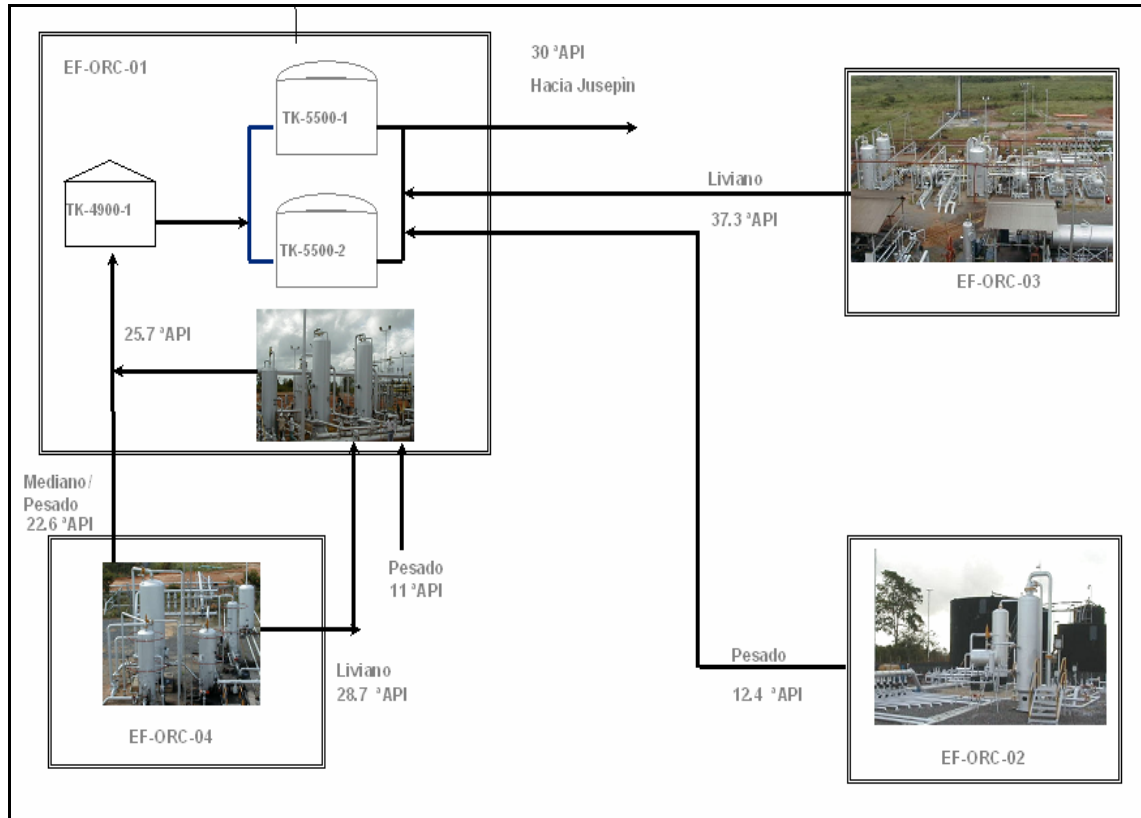


Figura 2.2. Esquema General del Centro Operativo Orocuál

2.2.3. Sistema de Alivio en las Estaciones de Flujo Orocuál

El sistema de alivio y venteo en las estaciones de flujo del Campo Orocuál tiene la función de disponer de manera segura los caudales de gas que pueden causar sobrepresión en las líneas y equipos de proceso, protegiendo cada unidad en específico, provistas con válvulas de alivio especialmente diseñadas para manejar contingencias.

Estas válvulas de alivio, cuyas tuberías de descarga se incorporan al sistema general de alivio, se encuentran ubicadas tanto en la parte superior de los equipos como en algunas líneas conductoras de gas, y se usan con el propósito de no que no superen las presiones máximas permitidas en las condiciones de diseño y de esta manera se afecte su integridad mecánica.

El dimensionamiento y diseño de un sistema de alivio y venteo, desde las válvulas de alivio, pasando por las líneas de descarga, el cañón principal de venteo, el Despojador de Líquido(DL) y el mechorrio, son producto de criterios y procedimientos técnicos de ingeniería exigidos por la normativa respectiva.

2.3. Bases Teóricas

2.3.1. Métodos de Producción.

Luego de completarse los pozos se comienza la producción la cual se da por 2 métodos, por flujo natural, cuando el yacimiento tiene la suficiente energía y por levantamiento artificial cuando este no cuenta con la energía necesaria para hacer fluir los fluidos a superficie a la tasa requerida.

2.3.1.1. Flujo Natural.

Un pozo producen de manera natural cuando el yacimiento aporta la suficiente energía para que los fluidos fluyan hacia las estaciones de flujo en superficie.

En la práctica se ha constatado que este empuje se puede derivar de la presencia de un casquete de gas libre que yace encima del petróleo; de un volumen de gas disuelto en el petróleo; de un volumen de agua dinámica subyacente o de empuje por gravedad.

2.3.1.2 Levantamiento Artificial.

Cuando un pozo no posee la energía suficiente para vencer las pérdidas por fricción y la altura de la columna hidrostática y poder levantar los fluidos hasta la superficie se requiere utilizar métodos de recuperación secundaria (levantamiento artificial).

Entre los métodos de levantamiento artificial de mayor aplicación en la industria petrolera se encuentran: el Levantamiento Artificial por Gas (L.A.G), Bombeo Mecánico (B.M.C), Bombeo Electro – Centrifugo Sumergible (B.E.S), Bombeo de Cavidad Progresiva (B.C.P), Bombeo Hidráulico Reciprocante (B.H.R) y el Bombeo Hidráulico Tipo Jet (B.H.J).

La selección del método óptimo para producir un pozo dependerá, muchas veces, de las características de producción, propiedades de los fluidos, características del pozo, facilidad de superficie, ubicación, fuentes de potencia disponibles, problemas operacionales, tipos de completación, disponibilidad de servicios y consideraciones económicas.

2.3.1.2.1. Sistema de Bombeo Mecánico (B.M)

El bombeo mecánico es el método de levantamiento artificial más usado en el mundo. Consiste en una bomba de subsuelo de acción reciprocantes, que es abastecida con energía producida a través de una sarta de cabillas. La energía es suministrada por un motor eléctrico o de combustión interna colocado en la superficie, como se muestra en la **(figura 2. 3)**. Tiene su mayor aplicación mundial en la producción de crudos pesados y extra pesados, aunque también se utiliza en la producción de crudos medianos y livianos.



Figura 2.3. Bombeo mecánico

2.3.1.2.1.1. Funcionamiento.

La bomba se baja dentro la tubería de producción y se asienta en el fondo con el uso de empaaduras. La bomba es accionada por medio de las varillas que le transmiten el movimiento desde el aparato de bombeo, éste consta de un balancín al cual se le transmite el movimiento de vaivén por medio de la biela y la manivela, éstas se accionan a través de una caja reductora movida por un motor.

El balancín de producción imparte un movimiento de sube y baja a la sarta de varillas de succión que mueve el pistón de la bomba, colocada en la sarta de producción o en la educción, a cierta profundidad del fondo del pozo.

La válvula fija permite que el petróleo entre al cilindro de la bomba. Por un lado en la carrera descendente de las varillas, la válvula fija se cierra y se abre la válvula viajera para que el petróleo pase de la bomba a la tubería de educción. Por el otro, en la carrera ascendente, la válvula viajera se cierra para mover hacia la superficie el petróleo que está en la tubería y la válvula fija permite que entre petróleo

a la bomba. La repetición continua del movimiento ascendente y descendente mantiene el flujo hacia la superficie.

2.3.1.2.1.2. Rango de aplicación del Levantamiento Artificial por Bombeo Mecánico

- ◆ Gravedad API comprendida entre 8,5 y 40,0 grados.
- ◆ Profundidad de 400 a 9000 pies.
- ◆ RGP menor de 500 PCN/BN.
- ◆ Caudales desde 20 bls/día hasta 2000 bls/día.
- ◆ Viscosidad hasta 1000 cPs, a condiciones de presión y temperatura de fondo.

2.3.1.2.1.3. Ventajas

- ◆ Las unidades pueden ser instaladas fácilmente en otros pozos a un costo mínimo.
- ◆ El sistema es usualmente venteado con anclas de gas y permite sondeos del nivel de fluido.
- ◆ Puede usar gas o electricidad como fuente de energía.
- ◆ Los tratamientos de la corrosión y escamas son fáciles de realizar.
- ◆ El sistema permite el uso de equipos detectores de fallas.

2.3.1.2.1.4. Desventajas

- ◆ La producción alta de sólidos es dificultosa.
- ◆ Esta limitado por la profundidad, debido principalmente a la capacidad de las cabillas.
- ◆ Es pesado y voluminoso en las operaciones costa afuera.

- ◆ El H₂S limita la profundidad a la cual puede ser colocada una bomba de gran capacidad.
- ◆ La tubería no puede ser revestida internamente debido a problemas de corrosión.

2.3.1.2.2. Bombeo de Cavity Progresiva (B.C.P)

El Bombeo por Cavity Progresiva proporciona un método de levantamiento artificial que se puede utilizar en la producción de fluidos muy viscosos y posee pocas partes móviles por lo que su mantenimiento es relativamente sencillo.

Un sistema BCP consta básicamente de un cabezal de accionamiento en superficie y una bomba de fondo compuesta de un rotor de acero, en forma helicoidal de paso simple y sección circular, que gira dentro de un estator de elastómero vulcanizado. En la figura 2.4 se presenta el bombeo de de cavity progresiva.



Figura 2.4. Bombeo de cavity progresiva

2.3.1.2.2.1. Equipos de Subsuelo:

Está conformado por los elementos mostrados en la figura 2.5. Los cuales son: Tubería de producción, sarta de varillas, estator, elastómero, rotor, centralizador, niple espaciador, niple de paro, trozo de maniobra, ancla de torsión, niple asiento, mandril a copas, zapato provador de hermeticidad y caño filtro.

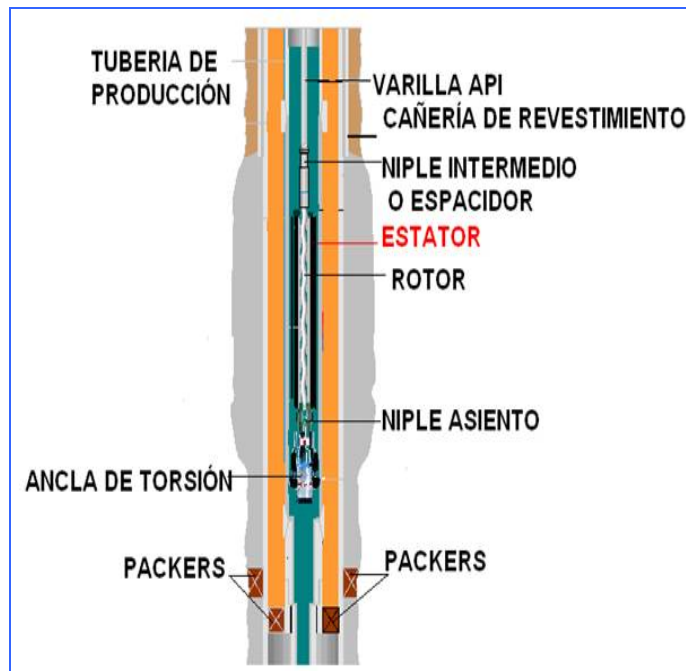


Figura 2.5. Equipos de subsuelo

2.3.1.2.2.1.1. Tubería De Producción

Es una tubería de acero que comunica la bomba de subsuelo con el cabezal y la línea de flujo.

2.3.1.2.2.1.2 Sarta De Varillas

Es un conjunto de varillas unidas entre sí por medio de cuplas, formando la mencionada sarta, tal como se visualiza en la figura 2.6. Se introduce en el pozo y de esta forma se hace parte integral del sistema de bombeo de cavidad progresiva. La sarta está situada desde la bomba hasta la superficie. Los diámetros máximos utilizados están limitados por el diámetro interior de la tubería de producción, utilizándose diámetros reducidos y en consecuencia cuplas reducidas, de manera, de no raspar con el tubing.



Figura 2.6. Sarte de cabillas

2.3.1.2.2.1.3 Estator

Usualmente está conectado a la tubería de producción; es una hélice doble interna y moldeado a precisión, hecho de un elastómero sintético el cual está adherido dentro de un tubo de acero. En el estator se encuentra una barra horizontal en la parte inferior del tubo que sirve para sostener el rotor y a la vez es el punto de partida para el espaciado del mismo. En la figura 2.7 se puede observar la parte interna del estator y en la figura 2.8 la parte externa del mismo.

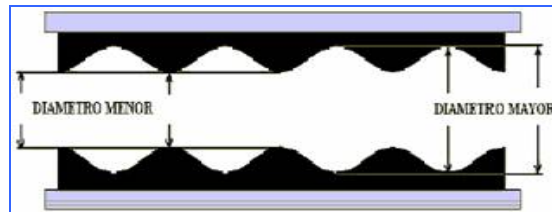


Figura 2.7. Parte interna de un estator de una BCP



Figura 2.8. Parte externa de un estator

2.3.1.2.2.1.4. Elastómero

Es una goma en forma de espiral y está adherida a un tubo de acero el cual forma el estator. El elastómero es un material que puede ser estirado varias veces su longitud original teniendo la capacidad de recobrar rápidamente sus dimensiones una vez que la fuerza es removida.

2.3.1.2.2.1.5 Rotor

Suspendido y girado por las varillas, es la única pieza que se mueve en la bomba. Como se puede apreciar en la figura 2.9. Este consiste en una hélice externa con un área de sección transversal redondeada, tornada a precisión hecha de acero al cromo para darle mayor resistencia contra la abrasión. Tiene como función principal bombear el fluido girando de modo excéntrico dentro del estator, creando cavidades que progresan en forma ascendente.

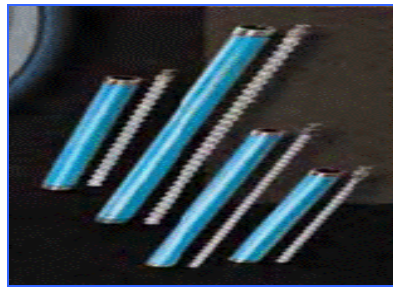


Figura 2.9. Rotores de BCP

2.3.1.2.2.1.6. Centralizador

Puede ser un componente adicional, sin embargo, tiene mayor uso en especial para proteger las partes del sistema.

El tipo de centralizadores es el "no-soldado". Empleado en la tubería con el propósito de minimizar el efecto de variaciones y a la vez para centralizar la bomba dentro de la tubería de producción. En la figura 2.10 muestra cómo actúa los centralizadores.

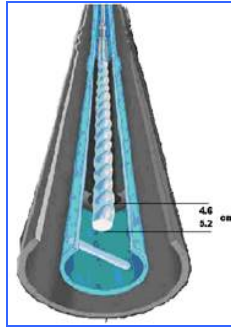


Figura 2.10. centralizadores

2.3.1.2.2.1.7. Niple Intermedio o Niple Espaciador

Tiene como función permitir el movimiento excéntrico de la cabeza del rotor con su cupla o reducción de conexión al trozo largo de maniobra o a la última varilla, cuando el diámetro de la tubería de producción no lo permite (Ver figura 2.11). En este caso es imprescindible su instalación.

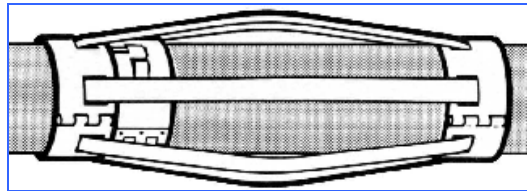


Figura 2.11. Niple espaciador

2.3.1.2.2.1.8. Niple De Paro

Es parte componente de la bomba y va enroscado al extremo inferior del estator. Ver figura 2.12. Su función es:

- A. Hacer de Tope al rotor en el momento del espaciamiento, para que el rotor tenga el espacio suficiente para trabajar correctamente.
- B. Servir de pulmón al estiramiento de las varillas, con la unidad funcionando.
- C. Como succión de la bomba.

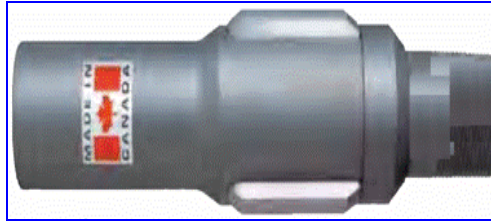


Figura 2.12. Niple de paro

2.3.1.2.2.1.9. Trozo De Maniobra

De maniobra, al ser de menos de la mitad del largo de la varilla, se dobla menos o no se dobla, dependiendo de su diámetro. Es muy importante instalar un trozo de esta medida inmediatamente por encima del rotor, en lugar de una varilla, cuando gira a velocidades superiores a las 250 RPM. Cuando se instala una varilla, debido a su largo y al movimiento excéntrico del rotor que se transmite directamente a ella, tiende a doblarse y rozar contra las paredes de la última tubería de producción. El trozo

2.3.1.2.2.1.10. Ancla de Torsión

Evita el riesgo de desprendimiento o desenrosque de la tubería, ocasionado por la combinación de los efectos, fricción y vibración, vibraciones que tienden a ser más fuertes cuanto más aumenta el caudal. Se muestra en la Figura 2.13

No siempre es obligatorio el uso del ancla, como en el caso de bombas de bajo caudal, instaladas a poca profundidad y/o girando a baja velocidad, que no tienen un torque importante y/o no producen fuertes vibraciones. En el caso de que no se instale un ancla, se debe ajustar la tubería con el máximo torque API recomendado



Figura 2.13. Ancla de torque

2.3.1.2.2.1.11. Niple Asiento

Como se visualiza en la figura 2.14, es una pequeña unión sustituta que se corre en la sarta de producción. Permite fijar la instalación a la profundidad deseada y realizar una prueba de hermeticidad de cañería. En bombas insertables el mecanismo de anclaje es mediante un mandril a copas que permite utilizar el mismo niple de asiento que una bomba mecánica, evitando en un futuro el movimiento de instalación de tubería de producción al momento de cambiar el sistema de extracción.

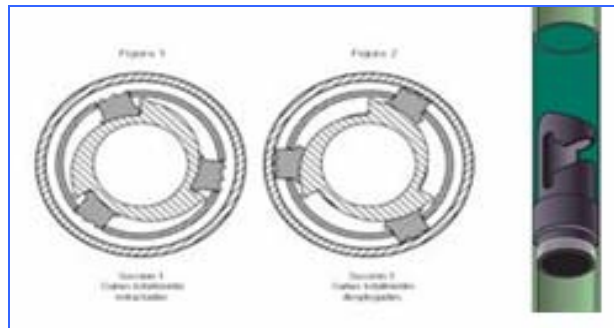


Figura 2.14. Niple de asiento

2.3.1.2.2.1.12. Mandril A Copas

Permite fijar la instalación en el niple de asiento y produce la hermeticidad entre la instalación de tubería de producción y el resto del pozo.

El término mandril tiene muchos significados. Puede referirse al cuerpo principal de una herramienta o un eje. Adicionalmente, partes de la herramienta podrían estar conectadas, arregladas o encajadas adentro. También puede ser varillas de operación en una herramienta.

2.3.1.2.2.1.13. Zapato probador de hermeticidad

En caso de ser instalado (altamente recomendado), se debe colocar siempre arriba del niple intermedio. Para poder probar toda la cañería y además como su diámetro interno es menor que el de la tubería de producción no permite el paso de centralizadores a través de él. Para algunas medidas de bomba, no se puede utilizar, porque el pasaje interior del mismo es inferior al diámetro del rotor impidiendo su paso en la bajada.

La interferencia entre el rotor y el estator es suficiente sello para probar la hermeticidad, aunque siempre existe escurrimiento, tanto mayor, cuanto mayor sea la presión total resultante sobre la bomba. La suma de la presión de prueba más la altura de la columna debe ser tal que no supere la altura manométrica de la bomba para evitar dañarla.

2.3.1.2.2.1.14. Caño Filtro

Se utiliza para evitar, (en el caso de rotura de estator con desprendimiento de elastómero), trozos de tamaño regular del mismo, pueden estar dentro del espacio anular. Una vez cambiada la instalación de fondo, estos pedazos de elastómero podrán ser recuperados con equipo especial y no permanecerán en el pozo donde se corre el peligro que sean succionados nuevamente por la bomba.

2.3.1.2.2. Equipos de superficie

Una vez obtenidos los parámetros, mínimos de operación, necesarios para accionar el equipo de subsuelo, es necesario dimensionar correctamente los equipos de superficie que sean capaces de proveer la energía requerida por el sistema.

Esto significa que deben ser capaces de suspender la sarta de varillas y soportar la carga axial del equipo de fondo, entregar la torsión requerida y rotar al vástago a la velocidad requerida y prevenir la fuga de fluidos en la superficie.

Los componentes de superficie se dividen en tres sistemas:

- A. Cabezal de rotación;
- B. Sistema de transmisión;
- C. Sistema de frenado.

De manera de visualizar este sistema de levantamiento se presenta a continuación la figura 2.15.

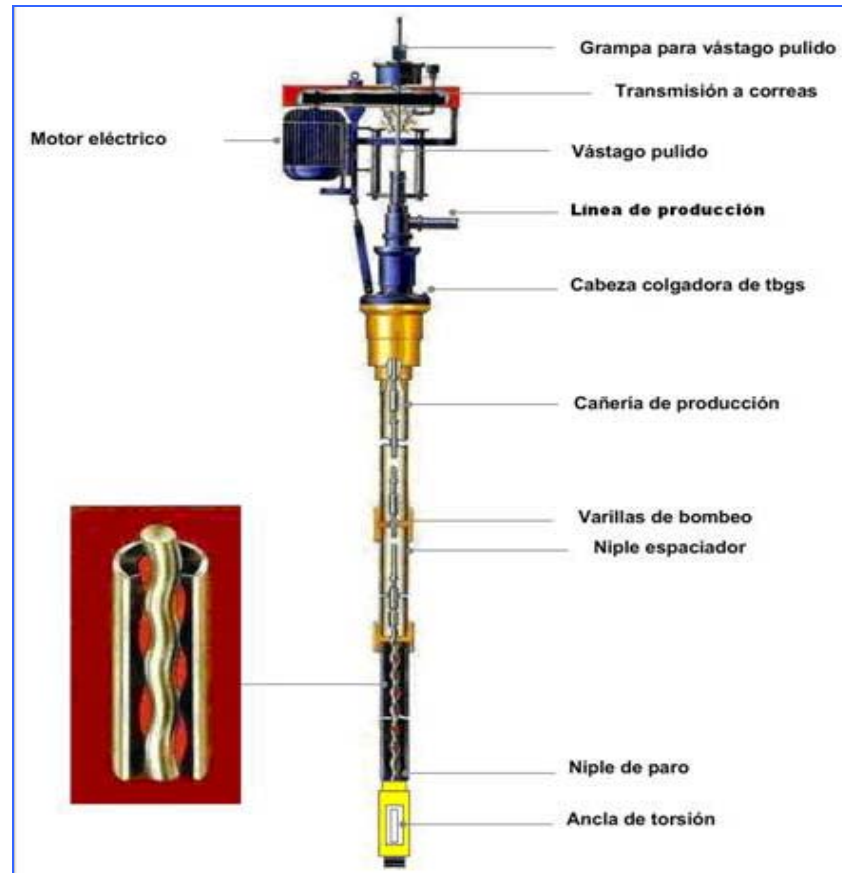


Figura 2.15. Esquema de levantamiento Artificial por Bombeo de Cavidad Progresiva.

2.3.1.2.2.1. Cabezal de rotación

El cabezal de rotación debe ser diseñado; para manejar las cargas axiales de las varillas, el rango de velocidad a la cual debe funcionar, la capacidad de freno y la potencia necesitara.

Este es un equipo de accionamiento mecánico instalado en la superficie directamente sobre la cabeza de pozo. Consiste en un sistema de rodamientos o cojinetes que soportan la carga axial del sistema, un sistema de freno (mecánico o

hidráulico) que puede estar integrado a la estructura del cabezal o ser un dispositivo externo. En la figura 2.16 se muestra un cabezal directo.

La torsión se halla transferida a la sarta de varillas mediante una mesa porta grampa. El movimiento del mismo dentro del eje hueco permite el ajuste vertical de la sarta de varillas de succión (a semejanza del sistema buje de impulso/vástago de perforación). El peso de la sarta de varillas se halla suspendido a una grampa, provisto de cuatro pernos. La barra se puede levantar a través del cabezal a fin de sacar el rotor del estator y lavar la bomba por circulación inversa.

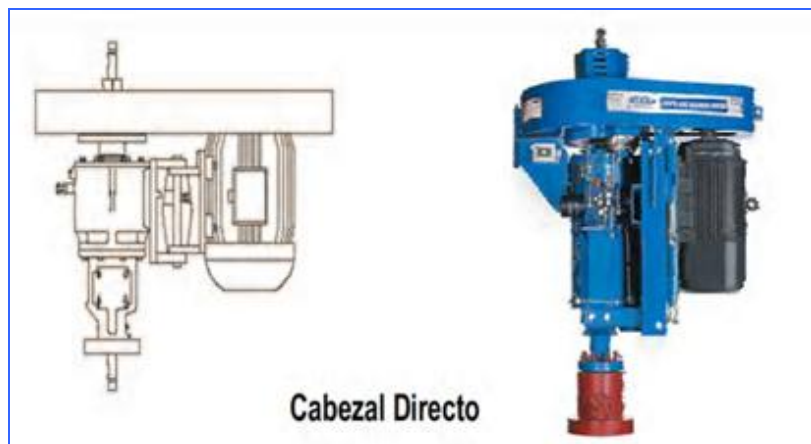


Figura 2.16. Cabezal directo

2.3.1.2.2.2. Sistema de transmisión

Como sistema de transmisión se conoce el dispositivo utilizado para transferir la energía desde la fuente de energía primaria (motor eléctrico o de combustión interna) hasta el cabezal de rotación.

Para la transmisión de torsión de una máquina motriz a una máquina conducida, existen al menos tres métodos muy utilizados: Transmisión con engranajes, correas flexibles de caucho reforzado y cadenas de rodillos.

Dependiendo de la potencia, posición de los ejes, relación de transmisión, sincrónica, distancia entre ejes y costo; se seleccionará el método a utilizar.

En la mayoría de las aplicaciones donde es necesario operar sistemas a velocidades menores a 150 RPM, es usual utilizar cabezales con caja reductora interna (de engranaje) con un sistema alternativo de transmisión, como correas y poleas. Esto se hace con el fin de no forzar al motor a trabajar a muy bajas RPM, lo que traería como resultado la falla del mismo a corto plazo debido a la insuficiente disipación de calor.

2.3.1.2.2.3. Rango de Aplicación

- ◆ Crudos con gravedad entre 8,5° y 30,0° API.
- ◆ Viscosidad de 5,0 cPs hasta 10000 cPs, a condiciones de 130 °F y presión atmosférica.
- ◆ Profundidad no mayor de 6500 pies.
- ◆ Tasa de producción entre 50 y 3000 bls/día.
- ◆ Temperatura hasta 250 °F.

2.3.1.2.2.4. Ventajas

- ◆ Bajo costo de instalación.
- ◆ Habilidad para producir pozos desviados y horizontales.
- ◆ Capaz de manejar sólidos y fluidos de alta viscosidad.

- ◆ No ocasiona emulsión del fluido.
- ◆ Maneja amplios rangos de producción.

2.3.1.2.2.5. Desventajas

- ◆ Su profundidad recomendada es de 6000 pies.
- ◆ Problemas con altas temperaturas.
- ◆ El elastómero es afectado por crudos aromáticos.
- ◆ Requiere suministro de energía.
- ◆ Problemas con el gas libre.

2.3.1.2.3. Bombas de Cavidad Progresiva Metal-Metal

Este tipo de Bomba de Cavidad Progresiva está conformado por dos elementos, un rotor y un estator hechas de un material metálico. Se ha demostrado que esta bomba puede llegar a tener una aceptable eficiencia volumétrica con líquidos de alta viscosidad. La BCP Metal-Metal se puede visualizar en la figura 2.17 que se encuentra más adelante.

Los modelos de bombas de cavidad progresiva metal-metal son designados por dos números, por ejemplo 400MET1000. El primero es una aproximación de la capacidad en m^3 / d a 500 rpm; el segundo indica el capacidad nominal en metros. La bomba de cavidad progresiva requerirá la misma instalación y herramientas de operación que la BCP convencional.



Figura 2.17. BCP Metal-Metal

2.3.1.2.2.3.1. Principio de hidroformación.

Este principio consiste en colocar un tubo de acero en un molde e inyectar agua a alta presión de manera que el tubo se adapte a las cavidades del molde y se consiga el diseño final obteniéndose la forma que muestra la figura 2.18 El molde puede ser externo con una presión interna, o el molde puede ser interno con una presión externa. En el caso del estator metálico el molde interno con presión externa es el preferido debido a que el área en contacto con el rotor en operaciones es la superficie interna del estator. Por lo tanto, esta superficie tiene que estar en contacto cerrado con el molde con la finalidad de lograr una buena precisión en las dimensiones final del estator. Éste proceso implica el uso de acero con muy buenas propiedades para alta resistencia. Luego de la Hidroformación, el estator puede ser recubierto internamente para incrementar su dureza, resistencia a la abrasión y por consecuencia su vida útil.

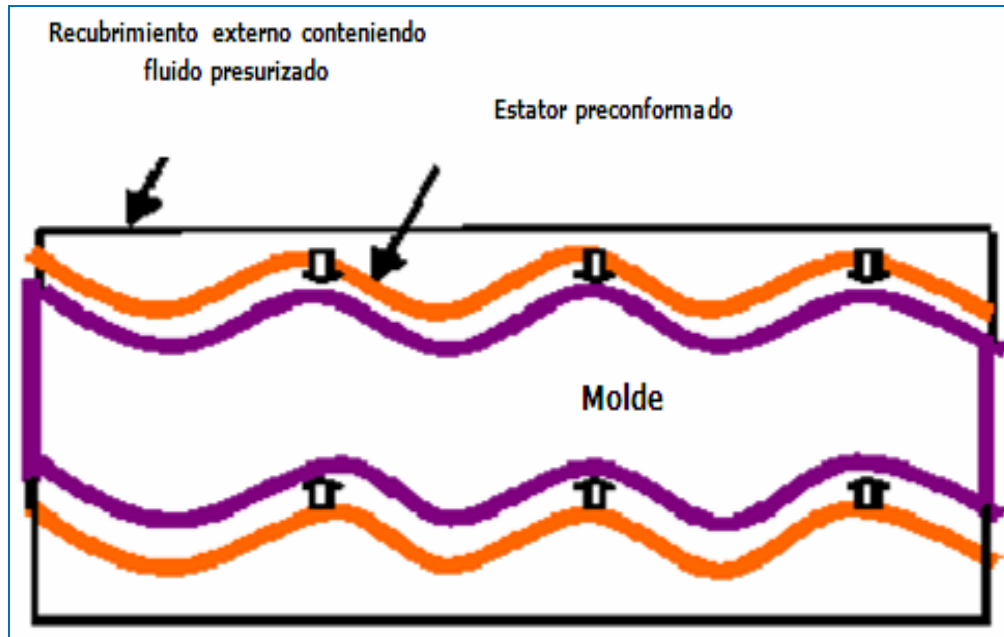


Figura 2.18. Principio de Hidroformación.

2.3.1.2.2.3.2. Diseño de la bomba de cavidad progresiva metal-metal

El diseño de este tipo de bomba, está basado en el principio de BCP Metal-Metal el cual se muestra en la figura 2.19 y consiste en:

- Un rotor recubierto, comparado con el rotor de la bomba con elastómero.
- La superficie hidroconformada del estator.
- Una recubierta externa que permite la conexión de elementos al igual que las conexiones tipo API que permitan adaptarse a las tuberías de producción.

2.3.1.2.2.3.3. Beneficios de la BCP con metal-metal

- Reducción de del consumo de energía por encima del 30 %.
- Posibilidad de inyección de diluyente en fondo para mejora de la producción.
- Aumento de la vida útil de la bomba a más de 18 meses.

- Mayor diferencial de presión por etapa.
- Temperatura límite aproximada de 720 °F.
- No hay problemas con la compatibilidad de fluidos.

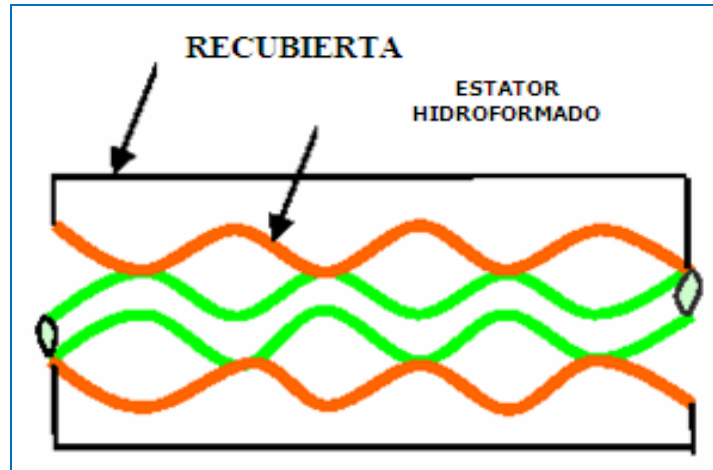


Figura 2.19. Principio de BCP Metal-Metal

2.3.1.2.2.3.4. Desarrollo de la BCP metal-metal

Los estudios para la BCP de alta temperatura para la producción en caliente, se iniciaron en 1994 por un acuerdo entre PCM y TOTAL, para desarrollar una BCP con capacidad de trabajo hasta 300°C (570°F). 3 modelos fueron desarrollados: 400MET1000 - 550MET750 - 1000MET500 y En desarrollo 300 MET 1800. (Caudal: 3,80 – 13,2 bpd/rpm y Levantamiento: 1650 – 5950 ft).

- La BCP Metal-Metal 400 MET 1000 fue probada en Francia con Total y en Venezuela Faja del Orinoco. La misma se realizó en frío, con variación de viscosidad utilizando inyección de diluyente” y su instalación se observar en la figura 2.20

- La BCP Metal-Metal 550 MET 750 fue probada en Canadá, con proceso de Huff & Puff, desde Noviembre 2005, con inyección de vapor a 300°C (572 °F), y producción a 170 ° C (340 °F).



Figura 2. 20. Instalación de Bomba 400 MET 1000 en la Faja del Orinoco.

En Julio de 2004 se realizó la primera prueba de un prototipo de Bombas Metal-Metal en Canadá. Como se observa en la Figura 2.21 donde se utilizó crudo proveniente de la Faja del Orinoco.

En la utilización de esta tecnología utilizando la inyección de vapor en sus diferentes modalidades: SAGD, Huff & Puff, Line Drive, se debe contar con un cabezal diseñado para soportar elevadas temperaturas.

Se han realizado pruebas de campo en Cold Lake, Canadá, el objetivo es probar el cabezal durante la inyección de vapor para evaluar su habilidad y operación en un amplio rango de temperatura y presiones. Para finales del año pasado se tenía planeado, instalar 6 de estos equipos para evaluar su comportamiento, con inyección de vapor, y en SAGD en pozos horizontales. En la figura 2.22 se muestra uno de los equipos instalados en Canadá.



Figura 2.21. Prueba con crudo de la Faja del Orinoco 200°C, 12 cp.



Figura 2.22. Cabezal para alta temperatura, Canadá.

El cabezal para alta temperatura posee las siguientes características:

- Capacidad de carga axial: 11.6 o 18 toneladas
- Velocidad nominal máxima: 500 rpm
- Capacidad del tanque de lubricación: 5 litros
- Filtración (cartucho rotativo): 3 micrones
- Capacidad del freno: 3,500 m*N (2,500 pie*lb)
- Soporte ajustable del motor: Se adapta a varios tipos de brida

- Placa de montaje del motor eléctrico: Acepta bastidores NEMA de tamaño 284 a 445, o bastidores IEC de tamaño 180 a 315
- Soporte del motor hidráulico: Se adapta a bridas SAE de tamaño "D"

El cabezal para alta temperatura (330°C) posee un sello Metal-Metal, el cual cuenta con los siguientes detalles que se visualizan en la figura 2.23.

Componentes

- El set inicial, inferior de empaques: Actúa como anillo limpiador para no permitir el acceso de partículas al sello Metal-Metal y proporciona reducción de temperatura de los fluidos de proceso al sello rotatorio.
- Un sello estático para la barra pulida: es esencialmente una caja de rodamiento doblemente acomodado (dual), que hace sello contra la barra pulida.
- Un sello rotatorio: Previene que el fluido ingrese a la caja de rodamientos mientras la bomba está en operación o cuando está detenida. El criterio de diseño fue la temperatura en la cara del sello durante la operación de inyección de vapor.



Figura 2.23. Detalles del cabezal para alta temperatura (330°C) Sello Metal-Metal.

2.3.1.2.2.3.5. Comparación de la bomba de cavidad progresiva convencional y metal-metal.

La bomba de metal-metal tiene una gama amplia de aplicaciones que la bomba con elastómero, en términos de:

- Temperatura de funcionamiento: aceros y recubrimientos pueden ser elegidos para aplicaciones de alta temperatura (más de 390 °F), así como de baja temperatura (bajas o temperaturas negativas); el acero para el rotor y estator están elegidos con el fin de tener la misma expansión térmica, y el espacio entre estas dos partes permanezcan iguales a cualquier temperatura de operación a la cual estén sometidos.
- La compatibilidad química con el fluido bombeado: el acero no reacciona con el líquido bombeado en la mayoría de los casos excepto donde contenido de H₂S es demasiado elevado y que implican el uso de aceros dúplex o equivalente.

2.3.1.2.2.4. Tipos de Completación existentes en el Campo Orocual

Los pozos del Campo Orocual utilizan dos (2) diseños de completación en la actualidad y se nombraran a continuación:

2.3.1.2.2.4.1 Completación Sencilla Convencional

En esta completación se producen simultáneamente por las diferentes zonas productivas o lo hacen en forma selectiva por una misma tubería de producción. En caso de que la arena petrolífera no tenga suficiente presión para que los fluidos lleguen a la superficie se pueden utilizar métodos de levantamiento artificial.

2.3.1.2.2.4.2. Empaque con grava en hoyo revestido

El empaque con grava es una de las técnicas de control de arena más utilizadas por la industria petrolera. Este método de control de arena utiliza una combinación de rejilla y grava para establecer un proceso de filtración en el fondo del pozo. La rejilla es colocada a lo largo de las perforaciones y un empaque de grava con una distribución adecuada de arena es colocado alrededor de la rejilla y en las perforaciones. Después de esto, la arena del empaque de grava en las perforaciones y en el anular de la rejilla-revestidor filtra la arena y/o finos de la formación mientras que la rejilla filtra la arena del empaque con grava. Este proceso se puede observar en la (figura 2.24)

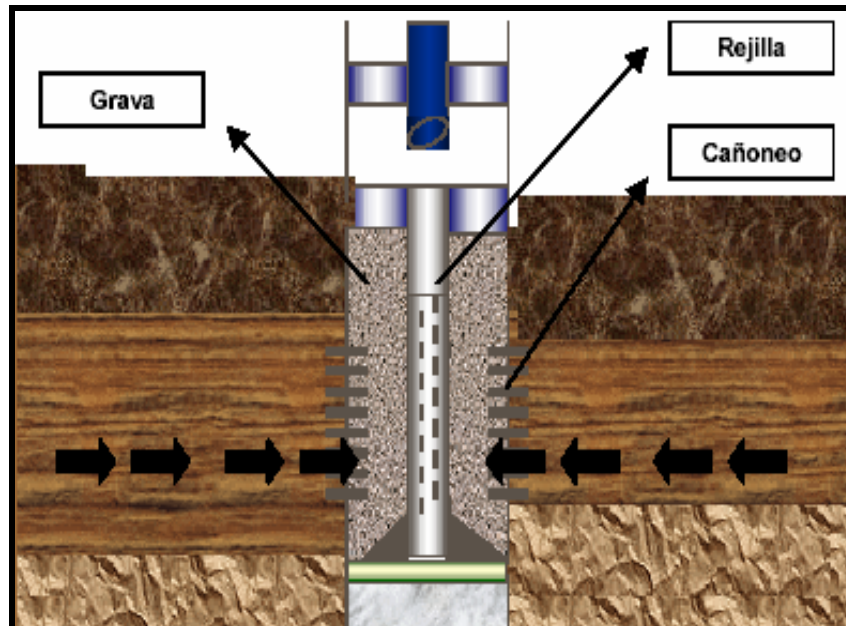


Figura 2.24. Esquema de empaque con grava en hoyo revestido.

2.4. Definición de Términos

Yacimiento de Hidrocarburos: son acumulaciones de gas y petróleo que ocurren en trampas geológicas formadas por características estructurales, estratigráficas o ambas.

Cabillas: elemento de conexión entre la unidad de bombeo, instalada en la superficie y la bomba de subsuelo. Mediante estas se transmite el movimiento recíproco vertical a la bomba para el desplazamiento del fluido.

Nivel de Fluido: es la profundidad donde se encuentra el contacto gas líquido de un pozo, medido desde el cabezal de producción.

Presión de burbujeo: es la presión a la cual comienza a liberarse el gas contenido en el petróleo.

Presión de fondo fluyente: es la presión que se mide en el fondo del pozo mediante toma de nivel de fluido.

Presión de yacimiento: fuerza o energía que posee el yacimiento para inducir o generar la migración del fluido.

Carga: Es la fuerza que soportan las cabillas (además de su peso) cuando transmiten el movimiento recíproco a la bomba, debido al peso del fluido, ya que este ejerce una presión en cualquier punto seleccionado de la columna. Generalmente se la expresa en pies de líquido.

Relación Gas – Petróleo: Es la cantidad de Pies Cúbicos Estándar de gas contenidos en un barril de petróleo producido, se expresa de la siguiente manera:

$$R.G.P = \frac{\text{Volumen de Gas (PCS)}}{\text{Volumen de Petróleo (BN)}} \quad (\text{Ec. 2.1})$$

Costos: son todos aquellos egresos, que debe realizar el o los inversionistas para mantener el producto, estos incluyen los impuestos, el personal, mantenimiento, entre otros. (GONZÁLEZ Z. 2007 P 35)

Inversión: es el recurso financiero necesario para obtener los bienes y equipos que representarán el valor capital del proyecto. Adicionalmente, incluye el capital inicial de trabajo y los montos necesarios para los estudios de ingeniería.

Valor presente neto (VPN): consiste en actualizar a valor presente los flujos de caja futuros que va a generar el proyecto, descontados a un cierto tipo de interés, y compararlos con el importe inicial de la inversión. Como tasa de descuento se utiliza

normalmente el costo de oportunidad del capital de la empresa que hace la inversión.

(GONZÁLEZ Z. 2007 P 36)

CAPÍTULO III.

MARCO METODOLOGICO

3.1. Tipo de Investigación

Esta investigación es de tipo descriptiva y de campo. Descriptiva, porque se estudiara el comportamiento de producción y los diagramas mecánicos de los pozos que producen por bombeo mecánico y bombas por cavidad progresiva de manera independiente para así tener un mejor enfoque de su funcionamiento. “La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno o grupo con el fin de establecer su estructura o comportamiento.” (Arias, 1997, p.48).

De campo, porque la recolección de los datos se harán directamente en el campo sin manipular ninguna variable. Según Sabino: “La investigación de campo, constituye un proceso sistemático, riguroso y racional de recolección, tratamiento, análisis y recolección de datos, basado en una estrategia de recolección directa de la realidad de las informaciones necesarias para la investigación”.

3.2. Diseño de la Investigación

La presente investigación está diseñada en un estudio de campo, esto porque la información se recolectará directamente en los pozos del campo Orocuál.

3.3. Población y Muestra

La población que se evaluará en la presente investigación estará constituida por los pozos activos que producen con BM y con BCP los cuales pertenecen a Orocuál somero y son un total de veinte (22).

De la población a estudiar se seleccionará la muestra de manera no probabilística, esto porque se tendrá en cuenta algunas variables como lo son, la tasa de producción, además de la factibilidad de los pozos al cambio de la unidad de superficie.

3.4. Procedimiento Metodológico

El procedimiento metodológico que se establecerá para lograr los objetivos planteados será nombrado a continuación:

3.4.1. Revisar el comportamiento de producción de los pozos que producen por levantamiento artificial bombeo mecánico (B.M) y Bombeo por Cavidades Progresivas (B.C.P).

Los datos serán recopilados de la base de la empresa, en donde resaltan: CENTINELA, OFM, las carpetas de historiales de los pozos, además de observar las variables operacionales de cada pozo, y si son candidatos del proyecto PIAVOS ya que conociendo esta información se contará con lo necesario para cumplir con el primer objetivo de la investigación que es observar el funcionamiento de dichos pozos.

3.4.2. Chequear los diagramas existentes y el propuesto luego de cambio de completación.

En este objetivo se procederá a chequear los diagramas actuales de los pozos y los propuestos luego de la inyección de vapor si estos están contemplados en el proyecto piavos verificando así si están en óptimas condiciones para contar con ellos en caso de reutilizarlos con la completación en la bomba metal-metal

3.4.3. Simular el comportamiento de los pozos con la completación actual y la propuesta técnica con las bombas Metal-Metal.

Luego de haber revisado las condiciones operacionales y pronosticar los posibles escenarios de producción y su funcionamiento con la implementación de las bombas metal-metal a los pozos donde se pueda implementar y saber cuáles son los beneficios en el campo mediante tablas comparativas y verificar la operatividad de estos pozos con estas unidades

3.4.4. Evaluar económicamente la implementación de las bombas metal-metal en pozos existentes del Campo Orocual.

Posteriormente a la evaluación técnica y conociendo los pronósticos de producción se procederá a la evaluación económica del proyecto en los pozos seleccionados esto mediante:

1. Comparación de costos entre las aplicaciones evaluadas, en función de las distintas cotizaciones económicas de estos equipos y al mantenimiento
2. Se evaluará los beneficios económicos que se generarían con la puesta en marcha de este proyecto en el cual tomará en consideración los indicadores económicos como: valor presente neto ($VPN > 0$), tasa interna de retorno ($TIR > 15\%$), eficiencia de la inversión ($EF > 1$) y un tiempo de recuperación de la inversión.

3.5. Técnicas e Instrumentos para la Recolección de la Información

3.5.1. Técnicas

En lo que respecta a las características de las bombas metal-metal se consultará con las empresas encargadas su distribución de estas en nuestro país, además de la información suministrada en Internet. Igual se realizará revisión bibliográfica que sirva como base teórica para la investigación. Esta revisión documental se llevará a cabo mediante libros, trabajos de grado y manuales relacionados con el tema en estudio.

La entrevista (no estructurada), a personal de servicio técnico especializado será otra técnica que permitirá lograr los objetivos planteados en la investigación.

3.5.2. Instrumentos

Dentro de los instrumentos se contará con la base de datos computarizada de PDVSA Distrito Furrrial que será utilizada para obtener la información requerida de cada pozo en estudio; entre éstos se tienen los siguientes programas:

Centinela Pozo: el modulo del centinela maneja los datos de los pozos, estado y actividades que se realizan en ellos.

3.6. Recursos

3.6.1. Recursos Humanos

Para el desarrollo de esta investigación se contará con el apoyo del personal especializado del centro Operativo Orocuai (C.O.O) específicamente del área de Producción de PDVSA Distrito Furrial

3.6.2. Recursos Materiales

Para realizar las fases de la investigación será necesario considerar todos los equipos y materiales de oficina utilizados, tales como: impresoras, papel, fotocopadoras; además de equipos de computación con paquetes o programas computarizados.

3.6.3. Recursos Financieros

Los recursos estarán suministrados por la empresa PDVSA Distrito Furrial específicamente por el Departamento de Producción del (C.O.O), aporte que servirá para la realización de la investigación.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Estudio del comportamiento de producción de los pozos que producen por levantamiento artificial Bombeo Mecánico (B.M) y por Cavidades Progresivas (B.C.P).

El campo Orocual cuenta con una población de cincuenta y cuatro pozos productores activos, de los cuales once (11) producen por bombeo mecánico BM, doce (12) producen por bombeo de cavidades progresivas BCP y cuatro (4) por levantamiento artificial por gas (L.A.G), los cuales producen crudos medianos, pesados y extrapesados y drenan desde los límites de la formación las piedras, la distribución de los pozos de Orocual somero se puede ver en la figura 4.1.

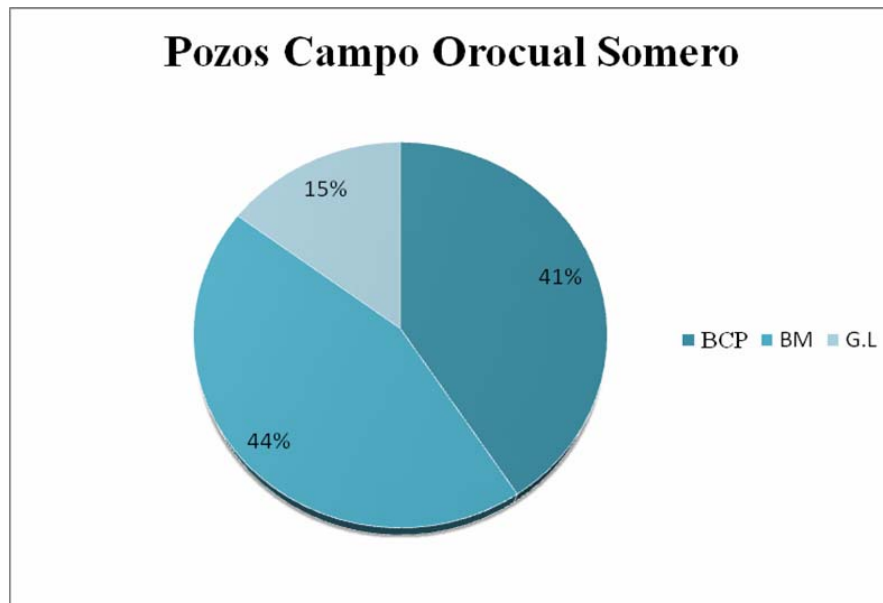


Figura 4.1. Grafico pozos en el campo orocual

Estos pozos comprenden el 50% de la producción del campo Orocuál siendo los más predominantes el método por cavidades progresivas y por bombeo mecánico, la mayoría de estos pozos están contemplados en el proyecto (P.I.A.V.O.S) los cuales algunos ya están en proceso de inyección y otros produciendo en su etapa en frío bajo este método previo a la inyección de vapor frío, por lo tanto requerirán un cambio de completación en el futuro, a diferencia de los pozos que están produciendo por L.A.G los cuales por los momentos no se pretende realizarles un cambio de completación.

Tabla 4.1. Pozos que representan la población de Orocuál somero

Pozos	Método de levantamiento artificial	Configuración mecánica	Profundidad (pie)	Profundidad de asentamiento de la bomba (pie)
ORC-7	BM	Vertical	3000	2583
ORC-19	BM	Vertical	3507	2808
ORS-23	BM	Vertical	4875	3147
ORC-28	BCP	Horizontal	4993	2749
ORS-30	BM	Vertical	3461	2757
ORS-38	BCP	Horizontal	3907	2273
ORC-39	BCP	Horizontal	4742	2562
ORS-40	BCP	Vertical	3670	3153
ORS-41	BM	Horizontal	5663	4439
ORS-45	BCP	Horizontal	4663	2760
ORS-47	BCP	Horizontal	4500	2333
ORS-78	BM	Horizontal	4954	2431
ORS-82	BM	Horizontal	4904	2423
ORS-85	BM	Horizontal	4954	2500
ORS-89	BM	Horizontal	4461	2800
ORS-91	BCP	Horizontal	5238	2500

ORS-93	BM	Horizontal	5295	2492
ORS-94	BCP	Horizontal	5087	2500
ORS-96	BCP	Horizontal	4767	2573
ORS-99	BCP	Horizontal	5099	2521
ORS-100	BM	Horizontal	4611	2452
ORS-104	BM	Horizontal	4343	2612
ORS-108	BCP	Horizontal	5047	2127

La tabla anterior revela que la población en estudio está conformada por 23 pozos, siendo estos en su mayoría desviados, además el ORS-41 es el de mayor longitud con 5993 pie y el ORC-7 el más somero con una longitud de 3000 pie. Las bombas están asentadas entre los 2127 pies en el pozo ORS-108, y los 4439 pies en el pozo ORS-41.

Tabla 4.2. Tasa de producción de los pozos con BM del campo Orocuál someros

POZOS	BTPD	BNPD	RGP	% A Y S	° API
ORC-7	43	42	1714	2.0	11.8
ORC-19	358	296	405	16.0	12.4
ORS-23	37	37	8892	0.1	16.9
ORS-41	123	117	855	4.0	11.9
ORS-30	81	77	1649	4.0	12.0
ORS-78	108	97	1361	9.2	11.2
ORS-82	374	303	181	5.4	11.1
ORS-85	284	197	344	30	12.7
ORS-89	200	16	13125	92	10.0
ORS-93	151	120	1083	20	9.3
ORS-100	777	506	692	34	10.2
ORS-104	237	155	2000	34	11.7

La tabla 4.2 muestra los resultados de la última prueba de producción de los pozos con BM para el momento del estudio, adicionalmente se observa que los pozos ORS-23 y ORS-89 tienen altos valores de RGP, 8892 PCN/BN y 13125 PCN/BN respectivamente, para ser pozos que producen crudos pesados, así mismo se observó que el pozo ORS-89 arrojó una tasa de crudo de 16 BNPD y una alta producción de agua de 92% de la tasa bruta, estos después del proceso de inyección alterna de vapor a la que fue sometido donde se le inyectó 6000 toneladas.

En total la producción de crudo asociada a estos pozos es de 1983 BNPD, para el momento del estudio, siendo estos pozos productores de crudo pesado, y solo el ORS-93 productor de crudo extrapesado.

Tabla 4.3. Tasa de producción de pozos con BCP del campo Orocuál someros

POZOS	BTPD	BNPD	RGP	% A Y S	° API
ORC-28	192	38	4000	80	11.5
ORC-39	20	19	2632	2.4	11.8
ORS-38	351	346	561	0.5	12.0
ORS-40	30	24	8833	18	11.3
ORS-45	195	192	448	0.7	10.1
ORS-47	180	175	829	2.0	11.4
ORS-91	111	110	955	0.1	11.2
ORS-94	216	211	2265	1.2	13.3
ORS-96	183	182	746	0.2	12.2
ORS-99	136	134	858	0.7	11.1
ORS-108	258	255	1722	0.5	13.7

En la tabla anterior podemos ver a los pozos que producen por bombeo de cavidad progresiva, son fluidos pesados con una producción aceptable para este campo con acepción de los pozos ORC-28, ORS-39 Y ORS-40 que tienen un bajo aporte de producción, un porcentaje alto de agua con respecto al resto siendo el valor más alto 80% que pertenece al ORC -28 como también cuentan con un RGP mayor de 1700PCN/BN el cual se le sumaría a esta categoría el ORS-94 Y ORS-108. Todos estos parámetro se tomaran en cuenta para la selección de los pozos donde se pueda poner en práctica esta nueva tecnología.

Tabla 4.4. Pozos contemplados en el proyecto P.I.A.V.O.S.

POZO	MACOLLA	COORDENADAS DE SUPERFICIE
ORS-76	POZO INDIVIDUAL	N:1087271;E 466582
ORS-77	MACOLLA F	N:1088561; E 466304,4
ORS-78	MACOLLA I	N:1087584,08; E 466208,69
ORS-79	POZO INDIVIDIAL	N:1086681; E 466317
ORS-80	MACOLLA G	N: 1088936,82; E 462798,55
ORS-81	POZO INDIVIDUAL	N: 1087328; E 460857
ORS-82	MACOLLA I	N: 1087588.17; E 466201,81
ORS-83	MACOLLA I	N: 1087592.25; E 466194,94
ORS-84	MACOLLA G	N: 1088968.13; E 462764,89
ORS-85	MACOLLA G	N: 1089301,16; E 462212.52
ORS-86	MACOLLA I	N: 1087596.34; E 46618806
ORS-87	POZO INDIVIDUAL	N: 1086632.22; E 459390.53
ORS-88	MACOLLA F	N: 1088519.75; E 466267.46
ORS-89	MACOLLA F	N: 1088525.75; E 466272.74
ORS-90	POZO INDIVIDUAL	N: 1087586.02; E 459793.46
ORS-91	MACOLLA H	N: 1089823.69; E 461842.24
ORS-92	MACOLLA F	N: 1088531.75; E 466278.02
ORS-93	MACOLLA F	N: 1088537.77; E 466283.3
ORS-94	MACOLLA H	N: 1089833.67; E 461841
ORS-95	MACOLLA F	N: 1088543.18; E 466288.57

ORS-96	MACOLLA H	N: 1089843.69; E 461839.84
ORS-97	MACOLLA F	N: 1088549.79; E 466293.85
ORS-98	POZO INDIVIDUAL	N: 1090507.97; E 469062.67
ORS-99	MACOLLA E	N: 1088836.01; E 461647.37
ORS-100	MACOLLA E	N: 1088840.77; E 461658
ORS-102	MACOLLA E	N: 1088845.88; E 461669.56
ORS-103	POZO INDIVIDUAL	N: 1087965.42; E 462458.69
ORS-104	MACOLLA E	N: 1088863.88; E 461710,7
ORS-105	POZO INDIVIDUAL	N: 1090455.4; E 462993.33
ORS-107	POZO INDIVIDUAL	N: 1086977.88; E 461864.97
ORS-108	POZO INDIVIDUAL	N: 1088968.77; E 468593
ORC-39	POZO INDIVIDUAL	N: 1090870.67; E 463790.32

Como se puede observar en la tabla 4.4 muestra los pozos pertenecientes a P.I.A.V.O.S inicialmente los cuales se encuentran perforados en su totalidad algunos ya con su primer ciclo de inyección y otros en espera de la intervención del taladro para su primer ciclo de inyección de vapor.

4.1.2. Pozos candidatos

Premisas para la selección fueron:

- Mecanismo de levantamiento artificial bombeo mecánico y bombeo por cavidades progresivas.
- Buenos productores.
- ubicación de fácil acceso,
- No haya tenido problemas operacionales en gran escala.
- No hayan tenido un cambio de completación .
- Contemplados en el proyecto P.I.A.V.O.S que estén próximos a la inyección

Luego del análisis de producción hecho anteriormente se seleccionaron los siguientes pozos mostrados en la tabla 4.5 por cumplir con los parámetros requeridos para la implementación de la BCP Metal-Metal luego de la inyección de vapor .

Tabla 4.5. Pozos candidatos

POZOS	BTPD	BNPD	RGP	% A Y S	° API
ORS-91	111	110	955	0.1	11.2
ORS-94	216	211	2265	1.2	13.3
ORS-96	183	182	746	0.2	12.2
ORS-99	136	134	858	0.7	11.1
ORS-108	258	255	1722	0.5	13.7

4.1.2.1. Pozo ORS-91

4.1.2.1.1. Resumen general

4.1.2.1.2. Ubicación

Para la ubicación del pozo ORS-91 se utilizó como referencia las coordenadas del pozo ORC 07, el cual se encuentra cercano a los pozos ORS 67, ORC 28, ORS 68 y ORS 68, y navegó horizontalmente en dirección Noroeste-Sureste hacia el pozo ORC 20 como se ve en la figura 4.2

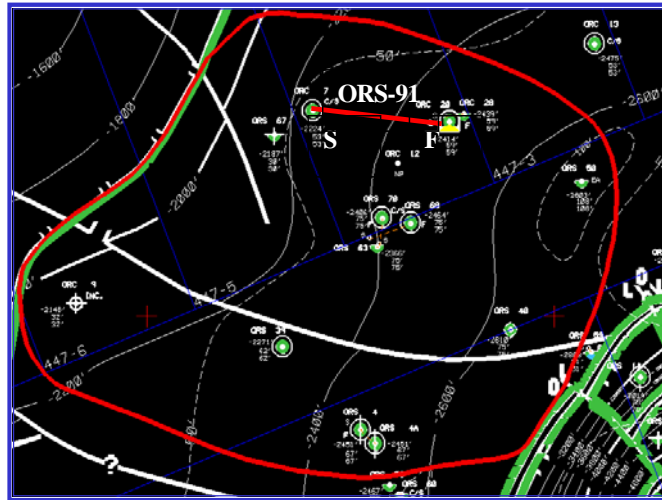


Figura 4.2. Ubicación ORS-91

Los resultados de la prueba de completación oficial se observan en la siguiente tabla

FECHA	HRS	P.C(LPC)	BNPD	MPCND	RGP(PCNBN)	°API	%AYS
26/09/07	24	200	430	124	288	11,4	1,4

4.1.2.1.3. Comportamiento de producción

El pozo ORS-91 quedó completado con tubería punta libre el 19/12/06, debido a que no se contaba con equipo de levantamiento artificial (equipos BCP) y de facilidades de superficie para su puesta a producción.

Posteriormente se propuso un trabajo de RA/RC con el taladro Akere-552 con la finalidad de realizar la completación original del pozo con equipo Bombeo Cavity Progresiva, cuyos trabajos se finalizaron el día 21/07/2007. A continuación se detallan las actividades realizadas durante y después del arranque del pozo:

- 21/07/2007 al 27/08/2007, se esperó por trabajos de tendido de línea de flujo y conexiones eléctricas.
- 27/08/2007, se realizó alineación de poleas e inspección de cabezal de rotación y motor. El personal de Tierra Alta realizó calibración del variador y motor. Probó motor eléctrico en vacío y se realizó nivel de fluido estático encontrándose a 443' con sumergencia de 2546' y activó pozo. En la tabla 4.6 se muestran los parámetros de operación del pozo a distintas velocidades (período de estabilización).

Tabla 4.6. Condiciones de Operación Post Arranque. Pozo ORS-91.

Fecha	Veloc. (rpm)	Tiempo de estab (hrs)	Pcab (lpc)	Intens. (amp)	Cons. (volt)	Torque (lbs/pie)	Nivel de fluido (pies)	Fluido producido
27/08/07	53	0,5	70	35	70	286		-
27/08/07	80	120	120	39	140	375		Salmuera
31/08/07	100	144	120	39,7	140	405	576	Crudo
10/09/07	130	240	120	40	140	420	1016	Crudo
20/09/07	150		100	42,9	207	415	945	Crudo

Como se observa en la tabla anterior, posterior al arranque, el pozo estuvo desplazando fluido de control (salmuera) durante 5 días, el mismo mantuvo estabilidad en sus condiciones de operación (Pcab, Amp, Volt, Torque, etc.) a las distintas velocidades con las cuales se evaluó el pozo. De acuerdo a los valores de los niveles de fluido dinámico y sumergencia registrados en el pozo, se determinó que la velocidad óptima de operación del equipo es 150 RPM.

Tabla 4.7. Comportamiento de Producción. Pozo ORS-91.

FECHA	BBPD	BNPD	%AyS	RGP	MPC	°API
19/01/2009	141	139	0,2	741	103	10,6
06/02/2009	201	198	0,2	505	100	10,6
27/03/2009	99	98	0,2	1173	115	10,6
16/04/2009	165	163	0,2	859	140	10,6
12/06/2009	132	131	0,1	878	115	11,2
13/07/2009	123	122	0,1	1049	128	11,2
14/11/2009	111	110	0,1	955	105	11,2
07/09/2010	123	122	0,3	697	85	12,4
18/11/2010	99	98	0,3	1041	102	12,4
30/11/2010	102	101	0,3	891	90	10,6
05/12/2010	135	133	0,3	880	117	10,6

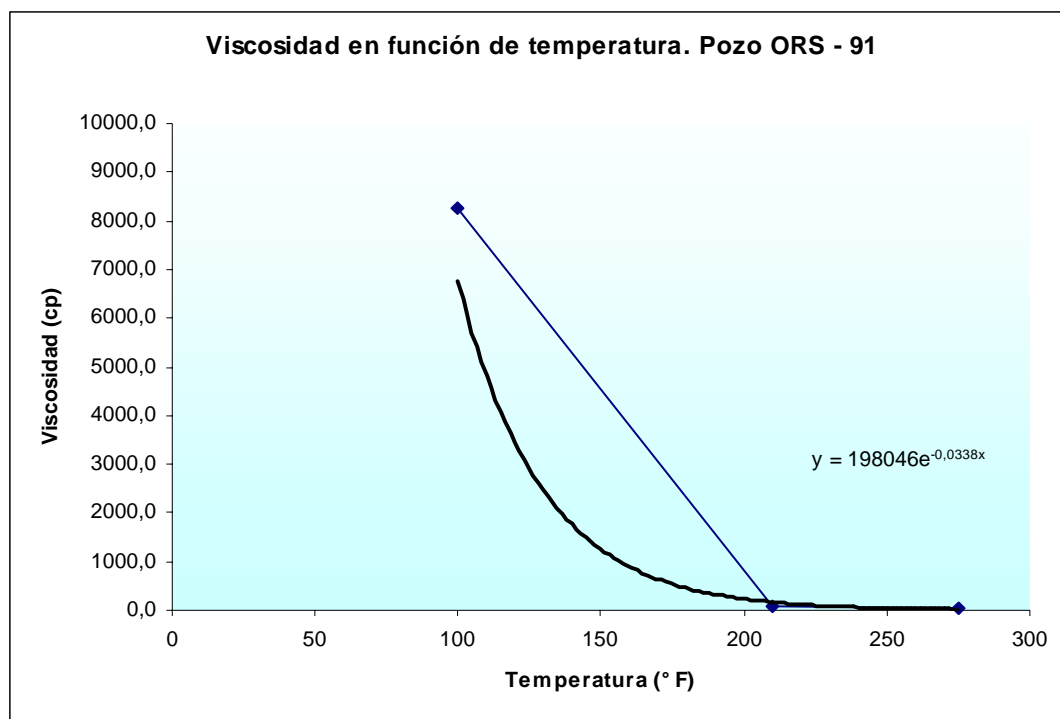
Como se visualiza en la tabla 4.7 este pozo se encuentra entre 98 y 198 BNPD lo cual representa una buena producción ya que se está hablando de un pozo somero que aporta un crudo de 10.6 a 12.4° API.

4.1.2.1.4. Análisis de viscosidad pozo ors-91.

En el pozo ORS-91 se tomó muestra de fluido en superficie, al cual se le realizaron análisis de laboratorio de Variación de viscosidad con Temperatura, y de esta forma observar la variación de este parámetro al ser sometido a cambios de temperatura. A continuación en la tabla 4.8 se presentan los resultados de los análisis realizados, demostrándose que la viscosidad del crudo disminuye exponencialmente al ser sometido a incrementos de temperatura como se observa en la figura 4.3 .

Tabla 4.8. Variación de Viscosidad con Temperatura Pozo ORS-91.

Temp.(°F)	Viscosidad(cp)
100	8246,2
210	95,5
275	25,6

**Figura 4.3.** Grafico Variación de Viscosidad con Temperatura Pozo ORS-91.

4.1.2.1.5. Estrategia Planteada.

Dada a la condición de alta viscosidad y poca movilidad que presenta el crudo producido por el pozo ORS-91, se propone el primer ciclo de inyección de vapor, con la finalidad de estimular el yacimiento y así aumentar el flujo de crudo de este hacia el pozo, por consiguiente se garantiza un mejor escenario para drenar las reservas asociadas al mismo.

Considerando que la energía del yacimiento no es suficiente para transportar los fluidos provenientes desde el fondo del pozo hasta la superficie, se seleccionó como método de levantamiento artificial Bombeo Mecánico (BM), basados en los antecedentes en el campo Orocuai y campos vecinos en el oriente del país, para el manejo de crudos pesados y extrapesados. Este método de levantamiento cumple con todas las especificaciones técnicas requeridas por el proyecto luego de la inyección de vapor. Los análisis correspondientes para la ejecución de la estrategia planteada se muestran a continuación

4.1.2.2. ORS-94.

4.1.2.2.1. Resumen general

Para la ubicación del pozo ORS-94 se utilizó como referencia las coordenadas del pozo ORC 07, el cual se encuentra cercano a los pozos ORS 91 y navegó horizontalmente en dirección Noroeste- Sureste hacia el pozo ORS 63. mostrandose en la figura 4.4 y los resultados de su completacion in inicial se observa en la tabla 4.9 .

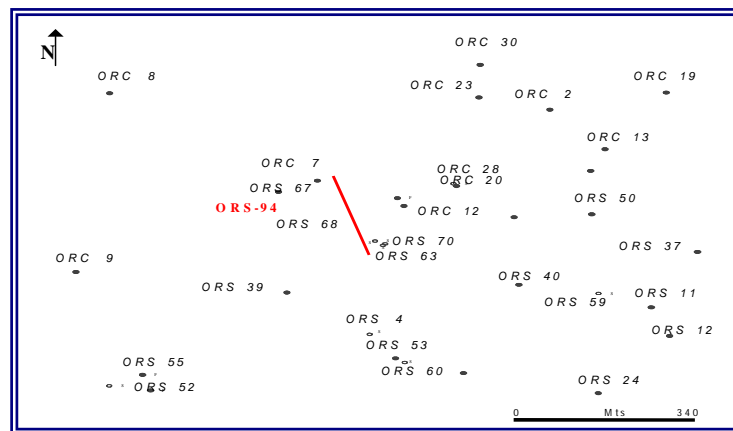


Figura 4.4. Ubicación ORS-94

Tabla 4.9. Completacion oficial

FECHA	HRS	P.C. (LPC)	BNPD	MPCND	RGP (PCN/BN)	°API	%AYS
22/10/07	24	12.100	486	450	926	13,6	0,4

4.1.2.2.2. Comportamiento de producción.

El pozo ORS-94 quedó completado con tubería punta libre el 19/01/2007, debido a que no se contaba con equipo de levantamiento artificial (equipos BCP). Posteriormente se realizó la completación original del pozo con equipo de Bombeo Cavidad Progresiva el 27/07/2007.

Fué activado el día 27/08/07 a las 10:50 a.m. con una rampa de aceleración de 50 a 80 rpm, torque 124 libra-pie, P.Cab: 60 lpc, T= 100 °f, corriente: 29 amp, nivel de fluido 290', sumergencia: 2086'.

En la historia de producción del pozo se observa un potencial promedio de 300 BNPD de petróleo posterior al cambio de método de Cavidad Progresiva (BCP) por Flujo Natural en Septiembre del mismo año de su activación (10/09/2007). Debido a, que para la fecha se paró el pozo a las 3:00 p.m. por observarse bajo torque (60 lbs/pie), no se pudo medir nivel de fluido, ya que se encontraba desplazando crudo por el casing y produciendo gas por el tubing. El día 10/09/2007 Se paró el pozo a las 3:00 pm por observarse bajo torque (60 lbs/pie), no se pudo medir nivel de fluido, ya que se encontraba desplazando crudo por el casing y produciendo gas por el tubing. En la **tabla 4.10** se observa el comportamiento de producción del pozo ORS-94

Tabla 4.10. Comportamiento de producción ORS-94

FECHA	Qt (BBPD)	Qo (BNPD)	%AyS	RGP	Qg (MPCGD)	°API	Pca (lpc)	Plin (lpc)	Tcab (°F)
16/01/2009	294,0	289,0	0,6	1706	493	12,9	135	135	80
25/02/2009	244,0	239,0	0,6	1724	412	12,9	110	110	80
03/04/2009	264,0	259,0	0,6	1710	443	12,9	120	120	92
20/06/2009	230,0	226,0	1,0	2093	473	11,9	120	120	86
18/11/2009	216,0	211,0	1,2	2265	478	13,3	115	115	80
16/09/2010	84,0	81,0	2,0	802	65	13,2	110	110	95

4.1.2.2.3. Análisis de viscosidad, pozo ORS-94.

En el pozo ORS-94 se tomó muestra de fluido en superficie (20/12/2007), al cual se le realizaron análisis de laboratorio de Variación de Viscosidad con Temperatura. A continuación se presentan en la tabla 4.11 los resultados de los análisis realizados, demostrándose que la viscosidad del crudo decrece exponencialmente al ser sometido a incrementos de temperatura.

Tabla 4.11. Viscosidades a distintas temperaturas ORS-94

Temperatura (°F)	Viscosidad (cstk)	Viscosidad (cp)
100	1009,0	988,8
210	35,49	34,8
275	12,8	12,6

4.1.2.2.4. Estrategia Planteada.

Debido a la condición de alta viscosidad y poca movilidad que presenta el crudo producido por el pozo ORS-94R, se propone el primer ciclo de inyección de vapor, con la finalidad de estimular el yacimiento y así aumentar el flujo de crudo

4.1.2.3.2. Comportamiento de Producción

El pozo ORS-96 quedó completado con tubería punta libre el 16/02/2007, debido a que no se contaba con equipo de levantamiento artificial (equipos BCP) y de facilidades de superficie para su puesta a producción.

Posteriormente se propuso un trabajo de RA/RC con el taladro Akere-552 con la finalidad de realizar la completación original del pozo con equipo Bombeo Cavity Progresiva, cuyos trabajos se finalizaron el día 28/07/2007. A continuación se detallan las actividades realizadas durante y después del arranque del pozo:

- ✓ 28/07/2007 al 27/08/2007, se esperó por trabajos de tendido de línea de flujo y conexiones eléctricas.
- ✓ 27/08/2007, se realizó alineación de poleas e inspección de cabezal de rotación y motor. El personal de Tierra Alta realizó calibración del variador y motor. Probó motor eléctrico en vacío y se realizó nivel de fluido estático encontrándose a 191' con sumergencia de 2355' y activó pozo. En la tabla 4.12 se muestran los parámetros de operación del pozo a distintas velocidades durante el período de estabilización.

Tabla 4.12. Condiciones de Operación Post Arranque. Pozo ORS-96.

Fecha	Veloc. (RPM)	Tiempo de estabiliz. (Horas)	Pcab (Lpc)	Intens (Amp)	Consumo (Volts)	Torque (Lbs/pie)	Nivel de Fluido (pies)	Fluido producido
27/08/07	53	1/2	60	37	70	280	-	-
27/08/07	80	120	110	38	112	180	-	Salmuera
31/08/07	100	240	120	34	140	203	467	Crudo
10/09/07	130	240	120	34	180	238	606	Crudo
20/09/07	150	-	120	34	210	246	701	Crudo

Como se observa en la tabla 4.12, posterior al arranque el pozo estuvo desplazando fluido de control (salmuera) durante 5 días, el mismo mantuvo estabilidad en sus condiciones de operación (Pcab, Amp, Volt, Torque, etc.) a las distintas velocidades con las cuales se evaluó el pozo. De acuerdo a los valores de los niveles de fluido dinámico y sumergencias registrados en el pozo, se determinó que la velocidad óptima de operación del equipo es 150 RPM.

El día 07/09/2007, realizó primera prueba de producción y analizó muestra de fluido, resultando: 120 BBPD, 117 BNPD, 248 MPCGD, 2120 PCN/BN, 1 %AyS y 11.5 °API. Los días posteriores se continuó el monitoreo del pozo (seguimiento mediante pruebas de producción mostradas en la tabla 4.13, análisis de muestras, toma de niveles de fluido).

El día 03/10/2007, a las 10:30 a.m. finalizó prueba de completación oficial ante en MENPET, bajo las siguientes condiciones y resultados:

Tabla 4.13. Comportamiento de Producción. Pozo ORS-96.

FECHA	BBPD	BNPD	%AyS	RGP	MPC	°API	Pcab	Plin	°F Cabezal
18/03/2008	276,0	272,0	0,2	875	238	11,6	100	100	90
10/05/2008	280,0	277,0	0,0	765	212	11,7	90	90	85
28/07/2008	230,0	227,0	0,0	463	105	11,7	90	90	85
27/08/2008	136,0	134,0	0,0	843	113	11,7	95	95	85
25/09/2008	182,0	179,0	0,1	615	110	12,1	90	90	90
14/10/2008	202,0	200,0	0,0	990	198	12,3	100	100	110
19/11/2008	122,0	120,0	0,0	892	107	12,3	110	110	110
21/01/2009	114,0	112,0	0,1	1125	126	12,5	105	150	100
05/02/2009	144,0	142,0	0,1	746	106	12,5	90	90	100

4.1.2.3.3. Análisis de viscosidad pozo ORS-96.

En el pozo ORS-96 se tomó muestra de fluido en superficie, al cual se le realizaron análisis de laboratorio de Variación de viscosidad con Temperatura, y de esta forma observar la variación de este parámetro al ser sometido a cambios de temperatura. A continuación se presentan los resultados de los análisis realizados tabla 4.14 y , demostrándose en la **figura 4.6** que la viscosidad del crudo disminuye exponencialmente al ser sometido a incrementos de temperatura

Tabla 4.14. Variación de Viscosidad con Temperatura Pozo ORS-96.

Temperatura (°F)	Viscosidad (cstk)	Viscosidad (cp)
100	2756.0	2731.2
210	63.4	62.8
275	18.9	18.7

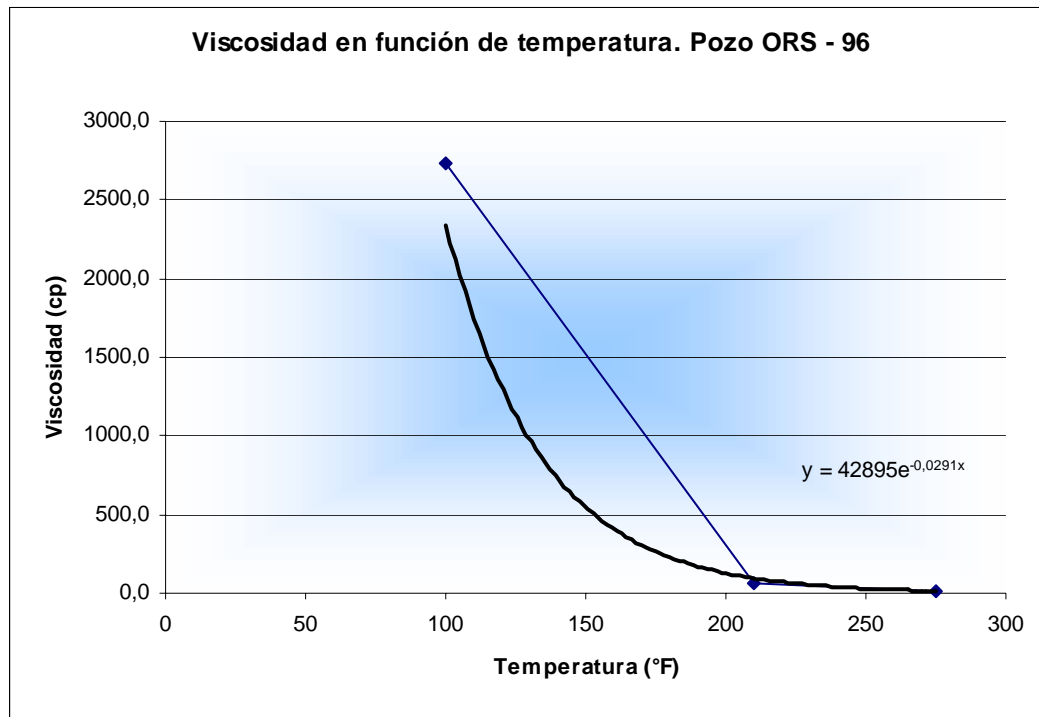


Figura 4.6. Variación de Viscosidad con Temperatura Pozo ORS-96.

4.1.2.3.4. Estrategia Planteada.

Dada a la condición de alta viscosidad que presenta el crudo producido por el pozo ORS-96, se propone el primer ciclo de inyección de vapor, con la finalidad de estimular el yacimiento y así aumentar el flujo de crudo de este hacia el pozo, por consiguiente se garantiza un mejor escenario para drenar las reservas asociadas al mismo.

Considerando que la energía del yacimiento no es suficiente para transportar los fluidos provenientes desde el fondo del pozo hasta la superficie, se seleccionó como método de levantamiento artificial Bombeo Mecánico (BM), basados en los antecedentes en el campo Orocuai y campos vecinos en el oriente del país, para el manejo de crudos pesados y extrapesados. Este método de levantamiento cumple con

todas las especificaciones técnicas requeridas por el proyecto luego de la inyección de vapor.

4.1.2.4. Pozo ORS-108

4.1.2.4.1. Ubicación geográfica pozo ORS-108

Como se muestra en la figura 4.7 las coordenadas UTM son las siguientes:

SUPERFICIE: N: 1.090.225,64 / E: 462.117,81

FONDO: N: 1.089.415,34 / E: 461.804,56

Dejando como resultado de la prueba oficial se reflejan en la tabla 4.15

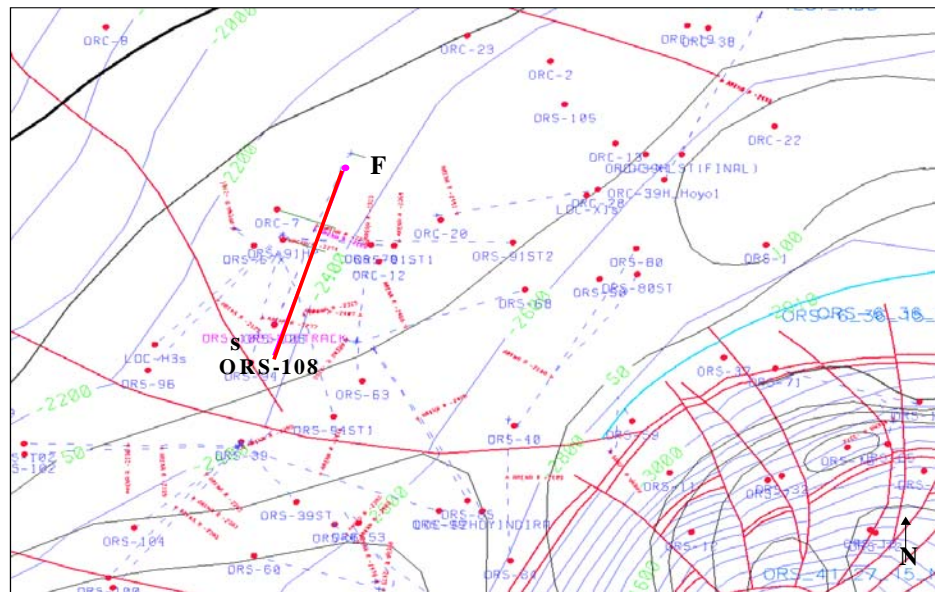


Figura 4.7. Ubicación geográfica pozo ORS-108

Tabla 4.15. Prueba de Completación Oficial del Pozo ORS-108

FECHA	HRS	P.C. (LPC)	BNPD	MPCND	RGP (PC/VBN)	°API	%AYS
16/09/08	24	90	334	388	1162	12.9	0.4

4.1.2.4.2. Comportamiento de Producción.

El pozo ORS-108 fue activado a producción el 08/06/08, y fue completado oficialmente el día 16/09/2008. Los resultados se muestran en la Tabla 4.16, destacando que el pozo cumplió con la volumetría comprometida aportando 334 BNPD.

Tabla 4.16. Comportamiento de producción ORS-108

FECHA	BBPD	BNPD	%AyS	RGP	MPC	°API	Pcab	Plin	°F Cabezal
14/02/2009	225,0	222,0	0,1	1405	312	13.0	98	98	95
13/05/2009	246,0	243,0	0,1	1827	444	13.0	92	92	86
18/06/2009	264,0	261,0	0,1	1333	348	13.0	92	92	80
07/07/2009	294,0	291,0	0,1	1440	419	12.8	90	90	75
19/09/2009	258,0	255,0	0,1	1722	439	12.8	90	90	80
11/03/2010	246,0	243,0	0,1	1815	441	12,8	90	90	85

El pozo desde su puesta a producción ha mostrado un comportamiento de producción estable

4.1.2.4.3. ANÁLISIS GEOQUÍMICO.

Con el propósito de determinar el tipo de fluido presente en la arena productora del yacimiento R ORS 04, específicamente en el pozo ORS-108, perteneciente a la formación Las Piedras, así como los posibles contactos entre fluidos en el pozo, se presentan los resultados de la cromatografía de gases. El tipo de fluido característico de este cuerpo de arena es del tipo crudo pesado con gravedades entre 8 – 12 °API. En la figura 4. 8 se reporta la abundancia de las especies metano C1; etano C2 y propano C3 en toda la sección perforada reportando el tope de la arena R a la profundidad de 3998’.

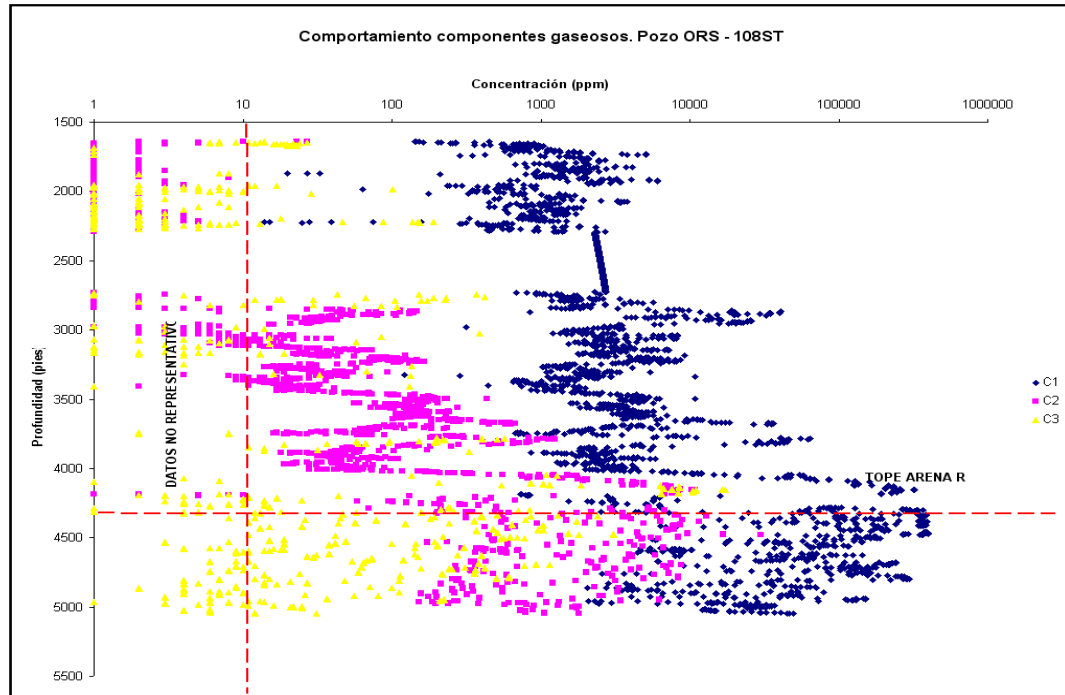


Figura 4.8. Comportamiento C1, C2 y C3 en función de la profundidad. Pozo ORS-108.

De manera general se presenta en la sección el metano (C1) en concentraciones promedio que representan el 75 % hasta el 90% de la composición total del gas asociado, adicionalmente se presentan concentraciones en menor proporción de etano (C2) y propano (C3) hasta isobutano (iC4).

4.1.2.4.4. Estrategia Planteada

Dada a la condición de alta viscosidad y poca movilidad que presenta el crudo producido por el pozo ORS-108, además de la necesidad de estimular el yacimiento para acelerar el recobro de las reservas asociadas al área de drenaje de este pozo, se propone realizar el primer ciclo de inyección de vapor. Según análisis térmico se recomienda inyectar 4800 Toneladas por un lapso de 25 días, posteriormente dejar un

tiempo de remojo de 15 días y realizar cambio de completación de IAV a bombeo mecánico.

4.2. Análisis de la configuración mecánica actual y propuesta luego de la inyección de vapor.

4.2.1. Pozo ORS-91

La perforación de este pozo se inició el 12 de Noviembre de 2006 con el Taladro GW-71, hasta la profundidad de 5238' (MD) con una inclinación de 82.01°, en la arena R del yacimiento R ORS 04. Este pozo contempló la perforación de un hoyo piloto vertical de 8-1/2'', en el cual se cortaron 49' de núcleos de los cuales fueron recuperados 35.91'. Adicionalmente, se realizó la corrida de registros especiales y fueron tomados puntos de presión en las Arenas basales de la formación Las Piedras.

Durante la perforación de la fase de 12 1/4'', se encontró el tope de la arena objetivo a 2855' (TVD) Arena R, y se perforó hasta la profundidad de 2953' (TVD) con una inclinación de 78.25°, con lo cual no se alcanzaron los 90° de inclinación requeridos para perforar la sección horizontal del pozo. Debido a lo anteriormente expuesto, se realizó un Side Track, hasta la profundidad de 5238' MD (3039' TVD), horizontal dentro de la Arena R del yacimiento R ORS 04 encontrándose el tope de la misma a 3679' MD (2882' TVD). Se lograron completar a producción en la arena objetivo 880' de los 998' perforados horizontalmente. Finalmente el 19/12/06 se completó pozo con tubería punta libre, puesto que no se disponía de equipo de levantamiento artificial (Bombas BCP)

4.2.1.1. Objetivo del trabajo

Realizar cambio de completación de productor (BCP) a inyector de vapor (1er ciclo) quedando como la muestra la figura 4.9. Iniciar la inyección de 11.07 MMBTU (6000 Toneladas de vapor de agua) a una tasa de 369.12 MMBTU/día (193 Ton/Día), dejar el pozo en remojo por espacio de 10 a 15 días aproximadamente e intervenirlo nuevamente con taladro para realizar cambio de completación de inyector de vapor a productor (BM).

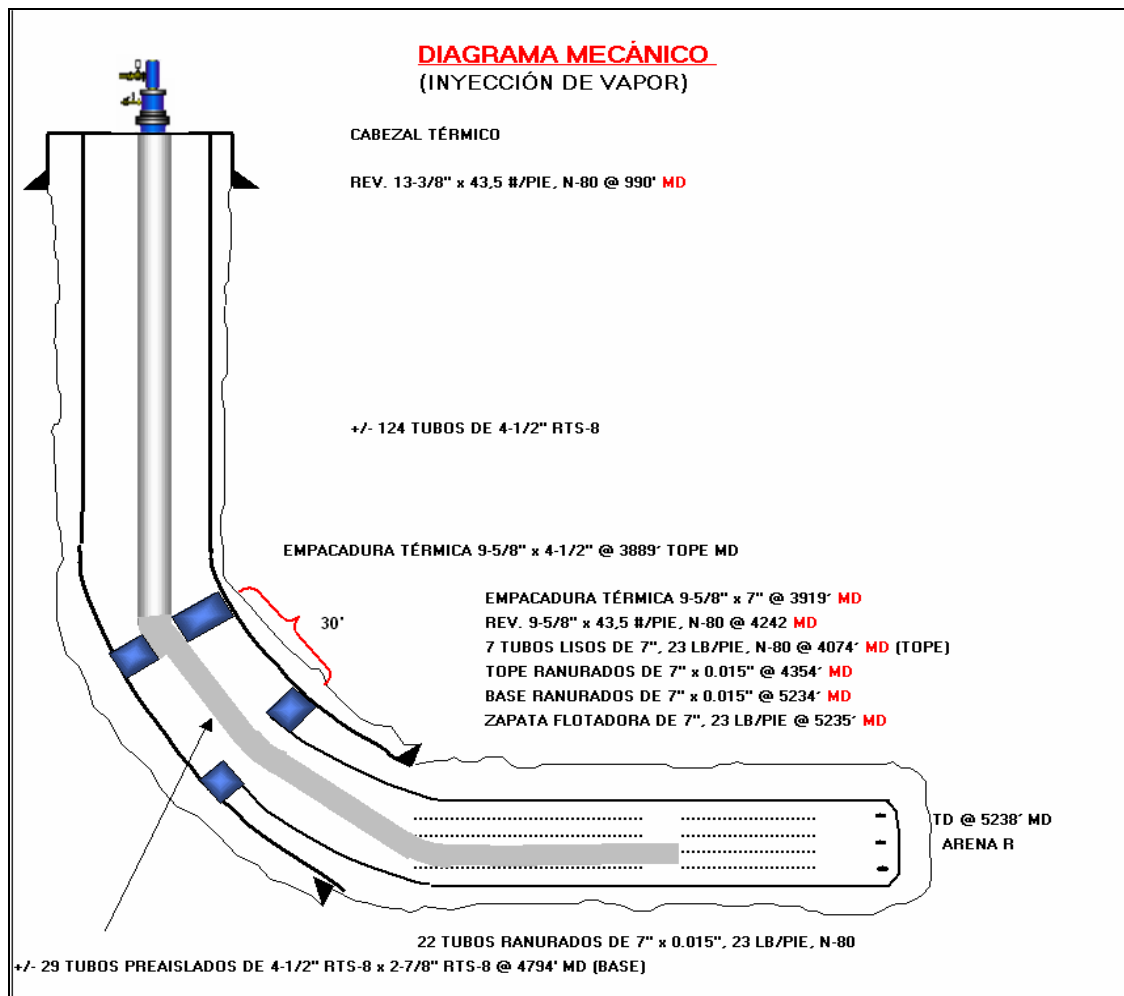


Figura 4.10. Diagrama Propuesto Pozo ORS-91.

Se simuló en RODSTAR bajo el siguiente diseño del sistema de Bombeo Mecánico:

- Profundidad de la Bomba 30-ATH-275-18 @ 2990 pies (de acuerdo a la profundidad de asentamiento propuesto).
- Diámetro del pistón de la bomba: 2-3/4"
- Tubería de Producción 3-1/2" (sin anclaje)
- Diámetro de la Barra Pulida: 1-1/2"
- Diámetro de Cabillas: 1" y 7/8" grado D

Se simuló con unidad Lufkin Mark II de M-912D-365-144 con carrera máxima de 144 pies. Teniendo como final el siguiente diagrama , figura 4.10

Como resultados de la Simulación con RODSTAR, se observa que para una velocidad de operación de 4 a 6 SPM (Strokes Por Minuto) se estima una tasa de producción entre 268 y 586 BPD, para una Pwf entre 505 y 746 lpc respectivamente y considerando el nivel de fluido dinámico bajo condiciones críticas en 2990 pies. Para este caso se estima un 54 % del sistema, con carga máxima en la caja de engranaje de 45%, esfuerzo de sobrecarga en las cabillas de 63, 59 y 42%.

Tabla 4.17. Resultados de RODSTAR Pozo ORS-91

POZO	PISTON	STROKES	BNPD
ORS-91	2,25	4	268
	2,75	4	385
	2,25	5	335
	2,75	5	485
	2,25	6	405
	2,75	6	586

En la **tabla 4.17** se muestra los resultados de la simulación con diferentes pistones y estrotes en el pozo ORS-91

4.2.1.2. Procedimiento recomendado para la ejecución del trabajo:

De acuerdo a lo planteado anteriormente, se recomienda realizar el trabajo por medio de los pasos siguientes:

1. Controlar pozo.

2. Recuperar completación de producción: barra pulida 1-1/2", cabillas 1-1/4", tubería de producción de 4-1/2" y bomba (BCP) (Estator, Niple de paro, Botella, Ancla de torque, Ancla de gas, etc.). (Según diagrama de completación actual).
3. Realizar viaje de limpieza con zapata del liner ranurado (5235' MD)
4. Bajar completación para inyección de vapor según diagrama propuesto **NOTA:** al pozo se le inyectará vapor (6500 Toneladas de vapor de agua) a una tasa de 369.12 MMBTU/día (193 Ton/Día); posterior a la inyección el pozo quedará en remojo por +/- 10 días a 15 días.
5. Una vez finalizado el ciclo de inyección de vapor, proceder a recuperar completación para inyección.
6. Completar pozo como productor con sistema de bombeo mecánico, según diagrama propuesto
7. Realizar las pruebas correspondientes. Entregar el pozo a Operaciones de Producción.

Para realizar este cambio de completación de la actual hasta el propuesto se necesitara 2 entradas de taladro lo cual se tardaría unos 5 a 6 días si se cuenta con todos los materiales en sitio, esto también implica que los materiales utilizados para la completación de BCP convencional quedaría desechos perdiendo la posibilidad de reutilizarlos en otro trabajo.

4.2.2. Pozo ORS-94

El pozo ORS-94 se perforó con el Taladro GW-71, hasta la profundidad de 3737 pies MD (2820 pies TVD) con una inclinación de 87.07°, encontrándose el tope de la arena objetivo a 2425 pies MD (2817 pies TVD) en la arena R del yacimiento R ORS 04. Sin embargo, durante la perforación de la fase de 12-1/4', se penetró una falla normal a 2997 pies TVD que se esperaba encontrar de 300 a 500 pies al Este del punto donde fue atravesada (estimándose encontrar la Arena objetivo a la

profundidad de 2802 pies en el bloque levantado), lo cual ocasionó que el pozo penetrara en el bloque deprimido causando omisión de la Arena Objetivo (Arena R). Debido a lo anteriormente expuesto, se realizó un Side Track, hasta la profundidad de 5086,57 pies MD (2971,63TVD) horizontal dentro de la Arena R del Yacimiento R ORS 04 encontrándose el tope de la misma a 3253 pies MD (2811 pies TVD). Se lograron completar a producción en la arena objetivo 1196 pies de los 1371,7 pies perforados horizontalmente.

En enero 2007 se completó pozo con tubería punta libre, puesto que no se disponía de equipo de levantamiento artificial (Bombas BCP). En Julio del mismo año se realizó la completación con BCP y en Octubre de 2007 quedó completado oficialmente.). **Apéndice Diagrama Mecánico Actual Pozo ORS-94**

4.2.2.1. Objetivo del trabajo

Realizar cambio de completación de productor (BCP) a inyector de vapor (1er ciclo). Iniciar la inyección de 8,70 MMBTU (4200 Toneladas de vapor de agua) a una tasa de 14,49 MMBTU/HR, dejar el pozo en remojo por espacio de 10 a 15 días aproximadamente e intervenirlo nuevamente con taladro para realizar cambio de completación de inyector de vapor a productor (BM). **Apéndice Diagrama propuesto I.A.V Pozo ORS-94**

Como resultados de la Simulación con RODSTAR se determinó que para una velocidad de operación de 4 a 6 SPM (Strokes Por Minuto) se estima una tasa de producción entre 273 y 590 BNPD, considerando el nivel de fluido dinámico bajo condiciones de operación actual del pozo, en este caso a una profundidad promedio de 500 pies. Para este caso se estima entre un 41 y 43 % de eficiencia del sistema (Motor – Bomba), con carga máxima en la caja de engranaje entre 28 y 27 %,

esfuerzo de sobrecarga en las cabillas entre 35 y 39%, respectivamente, bajo el siguiente diseño del sistema de Bombeo Mecánico:

- Profundidad de la Bomba ATH 3-1/2" x 2-1/4" x 18' x 19' x 20' ubicada @ 2492 pies (de acuerdo a la profundidad de asentamiento propuesto).
- Diámetro del pistón de la bomba: 2-1/4".
- Tubería de 4-1/2" (con tubo perforado).
- Diámetro de la Barra Pulida: 1-1/2".
- Diámetro de Cabillas: 1" grado D.

Se simuló con unidad Lufkin Mark II de M-912D-365-144/ M-912D-365-144 con carrera máxima de 144 pies. **Ver apéndice Diagrama propuesto Bombeo Mecánico** y dando como resultados los expuestos en la tabla 4.18

Tabla 4.18. Resultados RODSTAR Pozo ORS-94

POZO	PISTON	STROKES	BNPD
ORS-94	2,25	4	273
	2,75	4	393
	2,25	5	340
	2,75	5	491
	2,25	6	408
	2,75	6	590

4.2.2.2. Procedimiento recomendado para la ejecución del trabajo.

De acuerdo a lo planteado anteriormente, se recomienda realizar el trabajo bajo el siguiente procedimiento:

1. Controlar pozo con agua salada de 8,5 lpg.

2. Recuperar completación de producción: barra pulida 1-1/2", cabillas 1", tubería de producción de 4-1/2" y bomba (BCP) (Estator, Niple de paro, Ancla de torque, etc.). (Según diagrama de completación actual)
3. Realizar viaje de limpieza hasta la zapata del liner ranurado (4909' MD).
4. Bajar completación para inyección de vapor según diagrama propuesto al pozo se le inyectará vapor (4200 Toneladas de vapor de agua) a una tasa de 14,49 MMBTU/HR, posterior a la inyección el pozo quedará en remojo por espacio de 10 a 15 días próximamente.
5. Una vez finalizado el ciclo de inyección de vapor, proceder a recuperar completación para inyección.
6. Completar pozo como productor con sistema de Bombeo Mecánico (BM), según diagrama propuesto.

4.2.3. Pozo ORS-96

La perforación de este pozo se inició el 19 de Enero de 2007 con el Taladro GW-71, hasta la profundidad de 4767 pies MD (2692 pies TVD) con una inclinación de 90,63°, encontrándose el tope de la arena objetivo 2650 pies MD (3328 pies TVD) Arena R Yacimiento R ORS 04. Se lograron completar a producción en la arena objetivo 1125 pies de los 1237 pies perforados horizontalmente. Finalmente el 16/02/2007 se completó pozo con tubería punta libre, puesto que no se disponía de equipo de levantamiento artificial (Bombas BCP).

Completación BCP: El día 28 de Julio del 2007 el pozo quedó completado con método de levantamiento artificial de bombeo por cavidad progresiva. **Apéndice Diagrama Mecánico Actual Pozo ORS-96.**

4.2.3.1. Objetivo del trabajo

Realizar cambio de completación de productor (BCP) a inyector de vapor (1er ciclo). Iniciar la inyección de 11.08 MMMBTU (6000 Toneladas de vapor de agua aproximadamente) a una tasa de 369.33 MMMBTU/día (200 Ton/Día), dejar el pozo en remojo por espacio de 10 a 15 días aproximadamente e intervenirlo nuevamente con taladro para realizar cambio de completación de inyector de vapor a productor (BM). Apéndice Diagrama propuesto I.A.V Pozo ORS-94

Como resultados de la Simulación con RODSTAR , se observa que para una velocidad de operación de 4 a 6.5 SPM (Strokes Por Minuto) se estima una tasa de producción entre 285 y 586 BNPD, como se ven en la tabla 4.17 con un diferencial de presión entre 350 Lpc y 450 Lpc, como se muestra en la tabla 4.17 considerando el nivel de fluido dinámico bajo condiciones críticas en 3050 pies (profundidad de la bomba). Para este caso se estima un 53 % del sistema, con carga máxima en la caja de engranaje de 64%, esfuerzo de sobrecarga en las cabillas de 75 y 74%, bajo el siguiente diseño del sistema de Bombeo Mecánico:

- Profundidad de la Bomba (Insertable para manejar arena y gas: IRHA-FO de 4-1/2'' x 2-3/4'' x 3' x 19'): 3050 pies (de acuerdo a la profundidad de asentamiento propuesto).
- Diámetro del pistón de la bomba: 2-3/4''
- Tubería de 4-1/2'' (sin anclaje).
- Diámetro de la Barra Pulida: 1-1/2''

- Diámetro de Cabillas: 1" y 7/8" grado D

Se simuló con unidad Lufkin Mark II de M-912D-305-144 con carrera máxima de 144 pies. **Ver apéndice Diagrama propuesto Bombeo Mecánico ORS-96**

Tabla N° 4.19. Resultados RODSTAR Pozo ORS-96

POZO	PISTON	STROKES	BNPD
ORS-96	2,25	4	285
	2,75	4	386
	2,25	5	336
	2,75	5	485
	2,25	6	405
	2,75	6	586

4.2.3.2. Procedimiento recomendado para la ejecución del trabajo:

De acuerdo a lo planteado anteriormente, se recomienda realizar el trabajo por medio de los pasos siguientes:

1. Controlar pozo con agua salada de 8.5 lpg.
2. Recuperar completación de producción: barra pulida 1-1/2", cabillas 1-1/4", tubería de producción de 4-1/2" y bomba (BCP) (Estator, Niple de paro, Botella, Ancla de torque, Ancla de gas, etc.). (Según diagrama de completación actual,
3. Realizar viaje de limpieza @ zapata del liner ranurado (4747' MD).
4. Bajar completación para inyección de vapor según diagrama propuesto (Ver Anexo N° 3). NOTA: al pozo se le inyectará vapor 11.08 MMMBTU (6000

Toneladas de vapor de agua aproximadamente) a una tasa de 369.33 MMBTU/día (200 Ton/Día), posterior a la inyección el pozo quedará en remojo por +/- 15 días.

5. Una vez finalizado el ciclo de inyección de vapor, proceder a recuperar completación para inyección,
6. Completar pozo como productor con sistema de bombeo mecánico, según diagrama propuesto,
7. Realizar las pruebas correspondientes. Entregar el pozo a Operaciones de Producción.

4.2.4. Pozo ORS-108

Las operaciones en el pozo se iniciaron el 06/04/2008 con el taladro CPV-04, y la perforación de este pozo se inició el 04 de Mayo de 2008. Durante la perforación de la fase de 12-1/4" el tope de la Arena R fue encontrado @ 3390' MD (2815'TVD), llegando al mismo con una inclinación de 84°, se intentó seguir ganando ángulo dentro de la arena para cumplir con el plan de obtener 90° @ 2835' TVD, ya que se observó que la tendencia de la sarta era disminuir ángulo a pesar de deslizar 190 pies, registrándose 82.58° de inclinación @ 3478' MD y 82.15° @ 3571', por esta razón se decidió bombear tapón de cemento a la profundidad de 1537' y se realizó Sidetrack. La profundidad final del pozo fue 5047 pies MD con 87° de inclinación en la arena R del yacimiento R ORS 04.

Se lograron completar a producción en la arena objetivo 750' de los 865' perforados horizontalmente.

Finalmente, el pozo ORS-108 quedó completado con método de levantamiento artificial de bombeo por cavidad progresiva, , el día 08 de Junio del 2008.

Culminaron las operaciones en el pozo el día 10 de Junio del 2008. **Apéndice Diagrama Mecánico Actual Pozo ORS-108**

4.2.4.1. Objetivo del trabajo

Realizar cambio de completación de productor (BCP) a inyector de vapor (1er ciclo). Iniciar la inyección de 8,7 MMMBTU (4800 Toneladas de vapor de agua) por un tiempo de 25 días, dejar el pozo en remojo por espacio de 15 días aproximadamente e intervenir el pozo nuevamente con taladro para realizar cambio de completación de inyector de vapor a productor (BM).

Como resultados de la Simulación con RODSTAR-V 3.1, se determinó que para una velocidad de operación de 4 a 6 SPM (Strokes Por Minuto) se estima una tasa de producción entre 281 y 615 BNPD, como se observa en la tabla 4.18 considerando el nivel de fluido dinámico bajo condiciones de operación actual del pozo, en este caso a una profundidad de 1000 pies. Para este caso se estima un 56 % de eficiencia del sistema (Motor – Bomba), con carga máxima en la caja de engranaje de 25 %, esfuerzo de sobrecarga en las cabillas de 30 %, bajo el siguiente diseño del sistema de Bombeo Mecánico:

- Profundidad de la Bomba Modelo Bolland: 30-275-ATH-18-2-2 (Fit: -0.010).
- Diámetro de la Bomba: 3-1/2”
- Diámetro del pistón de la bomba: 2-3/4”.
- Tubería de 4-1/2” EUE J-55.
- Diámetro de la Barra Pulida: 1-1/2”.
- Diámetro de Cabillas: 1” grado D.
- Se simuló con unidad Lufkin Mark II de M-912D-365-144 con carrera máxima de 144 pies. VER APENDICE DIAGRAMA

Tabla 4.20. Resultados RODSTAR Pozo ORS-108

POZO	PISTON	STROKES	BNPD
ORS-108	2,25	4	281
	2,75	4	409
	2,25	5	349
	2,75	5	512
	2,25	6	420
	2,75	6	615

En la tabla anterior se muestran los resultados obtenidos por la simulación en RODSTAR.

4.2.4.2. Procedimiento recomendado para la ejecución del trabajo:

De acuerdo a lo planteado anteriormente, se recomienda realizar el trabajo por medio de los pasos siguientes:

1. Controlar pozo con agua salada de 8.5 lpg.
2. Recuperar completación de producción (Según diagrama de completación actual)
3. Realizar viaje de limpieza @ zapata flotadora (4824' MD)
4. Bajar completación para inyección de vapor según diagrama propuesto (Ver Anexo). NOTA: al pozo se le inyectará vapor (4800 Toneladas de vapor de agua); posterior a la inyección el pozo quedará en remojo por 15 días.
5. Una vez finalizado el ciclo de inyección de vapor, proceder a recuperar completación para inyección, según Anexo

6. Completar pozo como productor con sistema de bombeo mecánico, según diagrama propuesto, Anexo
7. Realizar las pruebas correspondientes. Entregar el pozo a Operaciones de Producción

4.3 Simulación del comportamiento de los pozos con la completación actual y la propuesta técnica con las bombas Metal-Metal.

Se realizó la simulación con PCPUM ajustando a condiciones de alta temperaturas y diferentes RPM para lograr sensibilidades mque nos permitieron observar el comportamiento de las BCP Meta-Metal utilizando el modelo de bomba (5.03BPD/RMP-1350 psi) el cual tiene características similares a la bomca de cavidad progresiva en estudio. Los resultados fueron (figura 4.11)

ORS-91 80 RPM

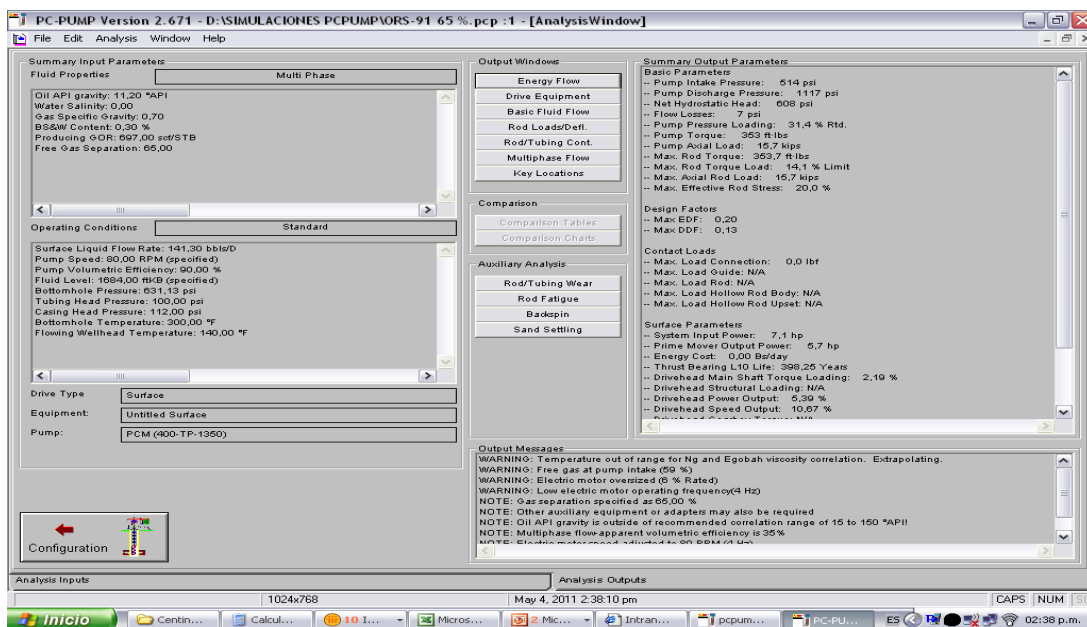


Figura 4.12. Ventana final de los resultados de PCPUM

Tabla 4.21. Sensibilidades realizadas ORS-91

RPM	BLS/D
80	142
100	173
150	248
200	317
250	384
300	447
350	507
500	681

Con la información obtenida de las sensibilidades realizadas en la tabla 4.21 al pozo ORS-91 se puede destacar que la bomba cumpliría con el objetivo de 500 BLS/D ofrecidos P.I.A.V.O.S sin llegar a su máxima capacidad (500 rpm) por lo tanto tener un buen comportamiento a lo largo de la producción de dicho pozo quedando como propuesta el siguiente diagrama mecánico figura 4.12 en caliente luego de la inyección de vapor y luego de esta etapa comportándose como una bomba de cavidad progresiva en frío

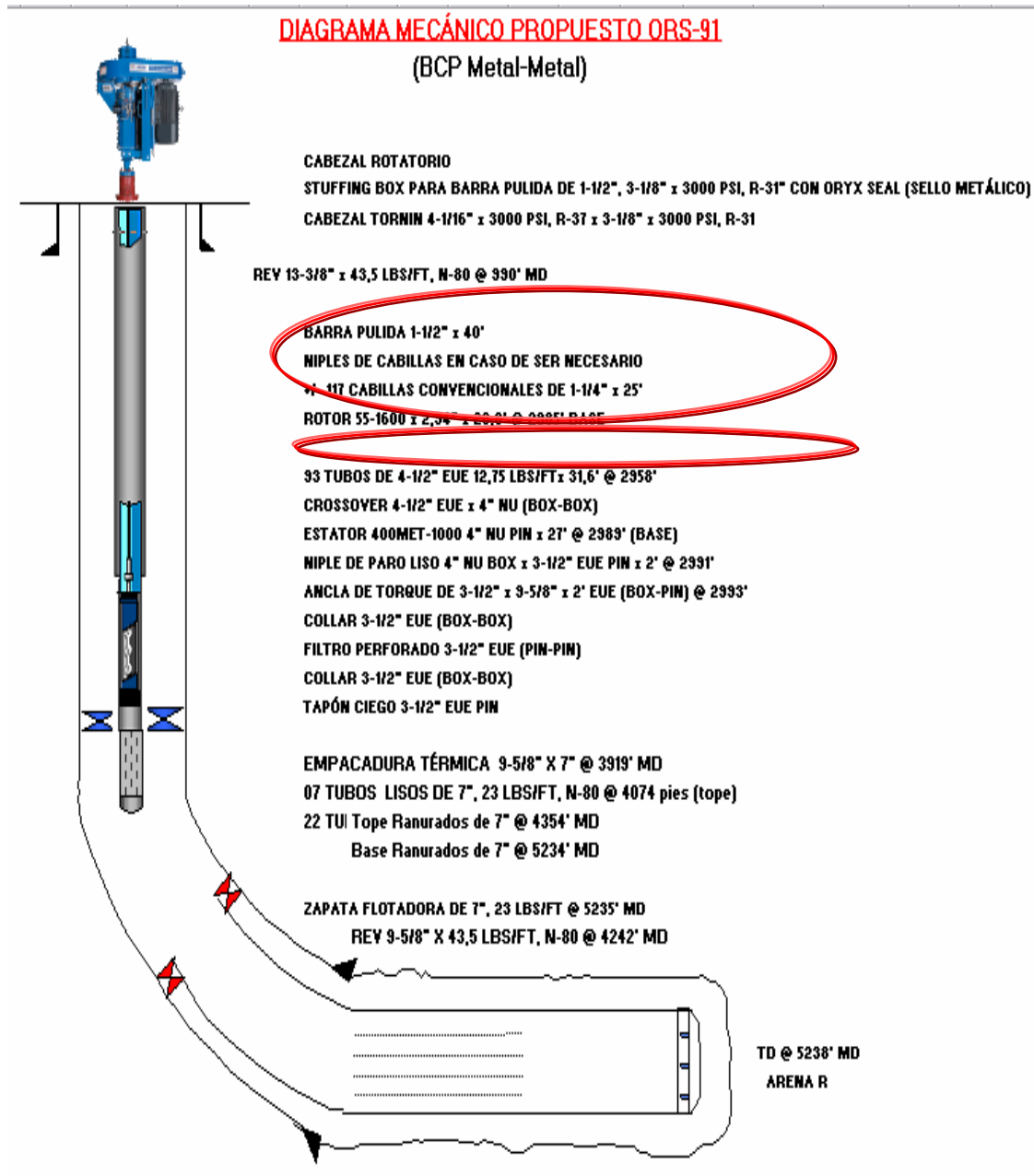


Figura 4.13. Diagrama propuesto BCP Metal-Metal

Se puede resaltar con este diagrama que la mayoría de los materiales utilizados para al completación BCP Metal-Metal son los mismos que se necesitan para una

BCP Convencional por lo tanto se reutilizaria ahorrándose así la necesidad de comprar nuevos equipos.

Los resultados obtenidos de las sensibilidades que se realizaron en el simulador PCPUM por los pozos ORS -94,ORS-96 Y ORS 108 fueron los siguientes:

Tabla 4.22. ORS-94

RPM	BLS/D
80	195
100	226
150	289
200	344
250	393
300	439
350	483
380	507

Tabla 4.23. ORS-96

RPM	BLS/D
80	132
100	165
150	247
200	330
250	412
300	494
310	510
500	822

Tabla 4.24. ORS-108

RPM	BLS/D
80	139
100	170
150	242
200	309
250	370
300	430
350	486
370	508

Como se puede observar en las tablas anteriores donde se muestran los resultados obtenidos por las simulaciones hechas por PCPUM de los pozos ORS-94, ORS-96 Y ORS-108 la BCP Metal-Metal se comportaría de manera óptima ya que en ninguno de los casos sobrepasaría su límite de RPM para obtener el ofrecimiento del proyecto P.I.A.V.O.S. que son 500 bls/d en promedio luego de la inyección de vapor.

Luego de ver el comportamiento de esta nueva tecnología en los diferentes pozos candidatos se procedió de elaborar un plan de trabajo partiendo por las configuración mecánica de cada uno que no son tan diferentes que la mostrada anteriormente del pozo ORS-91, ya que en este caso llevarían los mismos materiales para su completación con excepción del asentamiento de la bomba el cual es a diferentes profundidades ya que esto depende del doglets.

4.4 Evaluación económica de la implementación de las bombas metal-metal en pozos existentes del Campo Orocual

Luego de ver que los resultados de las simulaciones mostradas en el objetivo anterior se determinó que todos los pozos arrojaron resultados positivos por lo tanto se consideraron para la evaluación económica que se hizo a continuación

Tabla 4.25. Pozos candidatos para la evaluación económica

POZO	PROD ACT	PROD ESP	DIAS
ORS-91	133	500	365
ORS-94	296	500	365
ORS-96	183	500	365
ORS-108	258	500	365

La **tabla 4.25** muestra la producción actual de los pozos en estudio y la producción ofrecida por el proyecto de eyección alterna de vapor P.I.A.V.O.S

Tabla 4.26. Ingresos por año durante 6 años

Periodo	Produc	barril(\$)	barril(bsf/d)	Años(bsf)
1	500	90	387	70627500
2	363	103,5	511,8075	67811934,7
3	264	119,025	588,578625	56715436,3
4	192,72	136,87875	676,865419	47612608,8
5	139,722	157,4105625	778,395232	39697012,6
6	101,29845	181,0221469	895,154516	33097384,2

En la **Tabla 4.26** se observa la producción de los pozos seleccionados por un lapso de 6 años, con una declinación anual de 27 % y una tasa de inflación de 15%.

Primer escenario:

- Completación por Bombeo Mecánico.
- 2 entradas de taladro por cada cambio de completación.

- Un ciclo de inyección al año por 3 años.
- Compra del balancín.

Tabla 4.27. Costos por entrada de taladro

TALADRO	COSTO(BSF)
1	1.500,00
2	1725,00
3	1983,75
TOTAL	5.208,75

En la **tabla 4.27** muestra el costo por taladro para un bombeo mecánico que por entrada de taladro tardar de 5 a 6 días en este caso se colocó por 5 días para cada entrada de taladro que por periodo de inyección seria 2 entradas.

Tabla 4.28. Costos por bombeo mecánico

BOMBEO MECANICO	COSTO
BALANCIN	926900
BOMBA MECANICA	15686
TOTAL (BSF)	942586

La tabla 4.28 muestran los costos asociados a la compra de un balancín y la bomba mecánica para llevar a cabo la completación por Bombeo Mecánico

Tabla 4.29. Evaluación económica primer escenario

I	FN	TD	N	TD	VPN(bsf)
947.794,75	5432884,615	12	1	12	4.913.939,69
	401254,0516		2		
	25814,94597		3		
	1667,04978		4		
	106,9155965		5		
	6,85699066		6		

Los resultados obtenidos de la evaluación económica del primer escenario indica un saldo positivo como muestra la tabla 4.29 para la realización de este trabajo en cualquiera de los pozos candidatos.

Segundo escenario

- Completación con BCP Metal -Metal
- Tubería pre-aislada.
- Entrada de taladro.
- Un ciclo de inyección por cada año durante 3 años.
- Cambio de completación por una BCP convencional en el 4to año.

Para este segundo escenario se obtuvo los costos para la entrada de taladro por tres días ya que esto es lo que duraría aproximadamente un cambio de completación de una BCP Convencional a una completación por I.A.V y luego tres días más por un cambio de completación de I.A.V a BCP Metal-Metal. Generando los resultados en la tabla 4.30 luego se pasaría 3 periodos con este mismo proceso hasta que en el periodo cuatro se cambiaría a una completación por BCP convencional donde sus costos se muestran en la tabla 4.31, porque así la BCP Metal-Metal se utilizaría en otro pozo si esta está en buenas condiciones. Recordemos también que se podrían reutilizar los equipos como las cavillas y tuberías. Para esto se tomaron los costos de los

implementos de la BCP Metal-Metal y la tubería pre aislada visualizados en la tabla 4.32

Tabla 4.30. Costos por entrada de taladro

TALADRO	BSF
1	900000
2	1035000
3	1190250
4	1368787,5
TOTAL BSF	4494037,5

Tabla 4.31. Costos por BCP Convencional

BOMBA BCP 4 BLS/RPM	34.615,15
ANCLA DE TORQUE 9 5/8*4 1/2	9.326,60
CABEZAL DE ROTACION	49.257,06
TOTAL BSF	141.743,74

Tabla 4.32. Costos BCP Metal-Metal y tubería pre-aislada.

BCP METAL-METAL	BSF
CABEZAL ROTATORIA	111600
BOMB metal-metal	272800
TOTAL (BLSF)	384400
tub pre-aisladas	279000

Tabla 4.33. Evaluación económica 2do escenario

i	FN	TD	N	TD	VPN(BSF)
5.299.181,24	5432884,62	12	1	12	562.553,19
	401254,052		2		
	25814,946		3		
	1667,04978		4		
	106,915596		5		
	6,85699066		6		

Como lo muestra la tabla 4.33 el valor presente neto para este escenario es de 562.553,19 bsf por lo tanto este modelo también genera un saldo positivo para la industria

Tercer escenario.

- Completación BCP Metal-Metal-
- Sin tubería pre aislada.
- Con 2 entradas de taladro en cada cambio de completación.
- Ciclo de inyección cada año durante los primeros 3 años.
- Cambio de completación BCP convencional al 4to año.

Tabla 4.34. Evaluación económica 3re escenario

i	FN	TD	N	TD	VPN(BSF)
5.020.181,24	5432884,62	12	1	12	841.553,19
	401254,052		2		
	25814,946		3		
	1667,04978		4		
	106,915596		5		
	6,85699066		6		

Para los resultados obtenidos en la tabla 4.34 para el 3re escenario se tomaron los costos que se muestran en las tablas 4.30, 4.31 y 4.32 pero sin el costo de la tubería pre-aislada generando también un saldo positivo el cual dice que el proyecto para este escenario es factible económicamente.

Para demostrar aún más la factibilidad económica de este proyecto se hizo una gráfica en la cual muestra la comparación del tiempo de inactividad del pozo al ser completado por Bombeo Mecánico y también completado por BCP Metal-Metal al pozo ORS-85 el cual es el único pozo que ya a pasado por dos ciclos de inyecciones de vapor vease la figura

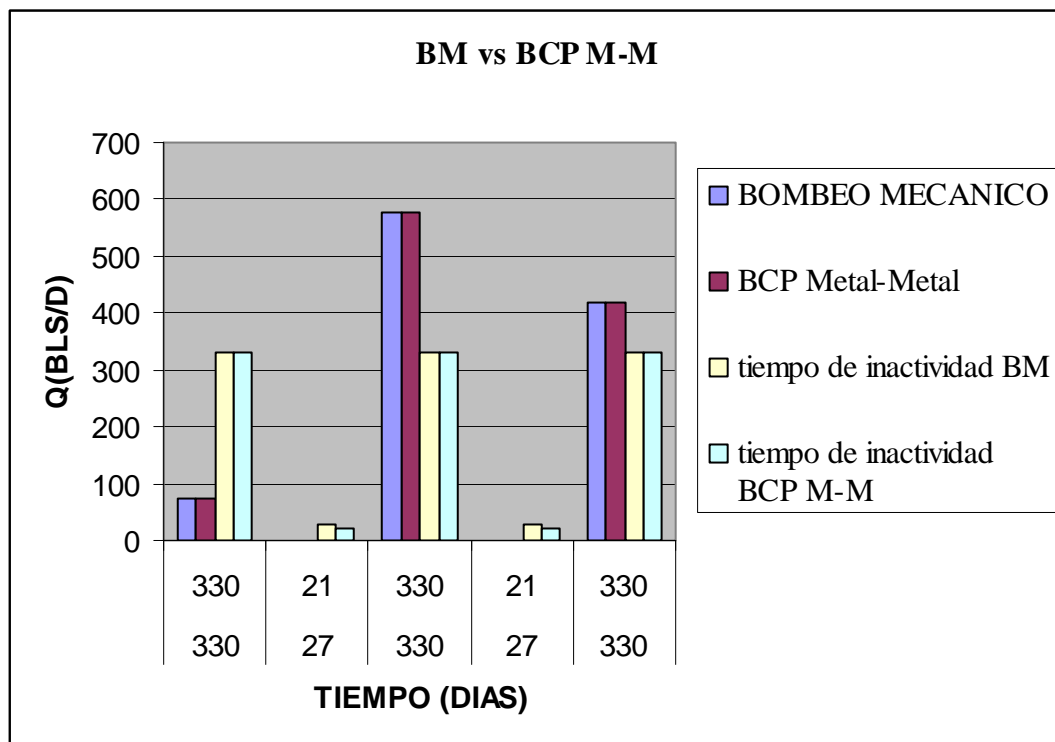


Figura 4.14. Gráfico Bombeo Mecânico vs BCP Metal-Metal

Se puede apreciar en la gráfica anterior que aunque los dos métodos de producción actúan iguales por lo que producen se puede ver que la diferencia radica en el tiempo de inactividad de cada uno de ellos donde la BCP Metal-Metal disminuiría este tiempo en 12 días en comparación a tener un Bombeo Mecánico lo cuales son días de producción de ganancia en estos dos ciclos.

CONCLUSIONES

1. Los pozos completados con Bombeo Mecánico tienen que trabajar con 6 strokes para que puedan producir la cantidad de barriles que se espera luego de la inyección de vapor(500bbls).
2. los pozos completados con Bombeo Mecánico luego de la inyección desechan los materiales de la completación anterior (BCP Convencional) por lo tanto ya no serían reutilizables.
3. Solo los pozos ORS-91, ORS-94,ORS-96 y ORS-108 son candidatos para la implementación de la BCP Metal-Metal ya que pueden cumplir con la producción ofrecida por P.I.A.V.O.S
4. La configuración propuesta BCP Metal-Metal podría reutilizar los materiales de la completación anterior a la inyección a excepción de los accesorios de la BCP Metal-Metal.
5. Los tres escenarios propuesto en la evaluación económica generaron saldos positivos.
6. La Nueva Tecnología de Bombeo de Cavidad Progresiva Metal-Metal es un método alternativo para pozos sometidos a procesos térmicos y representa un ahorro en comparación con la compra de un Balancín debido a la poca disponibilidad de balancines reutilizables en el área.
7. La prueba en el pozo seleccionado permitirá la consolidación de esta tecnología a condiciones reales del Campo Orocual Somero.

8. La completación por BCP Metal –Metal genera menos días de inactividad en comparación con un Bombeo Mecanizado convirtiendo esto en una ganancia significativa por ciclo de inyección.

RECOMENDACIONES

1. Considerar colocar un separador de gas para minimizar su producción del mismo y así la bomba trabajaría con mayor eficiencia.
2. Se recomienda aumentar los rpm a 500 en caliente.
3. Monitorear el pozo regularmente para evitar o controlar cualquier incidente a tiempo
- 4 Probar esta tecnología en un pozo nuevo donde se pueda ver el comportamiento en frío.

BIBLIOGRAFIA

1. González, Z., **“Factibilidad técnico - económica de masificación del sistema de levantamiento artificial con equipos Dynapump en el distrito Barinas.”** Universidad de Oriente, Maturín, Venezuela (2007).
2. Rodríguez, L., **“Optimización de los sistemas de bombeo mecánico mediante el diagnóstico de registros dinagráficos, en el área Jobo-02, asignada a Petroudo, S.A.”** Universidad de Oriente, Maturín, Venezuela (2006).
3. Cegarra, I., **“Estudio de la factibilidad de mejorar la producción de los pozos completados con bombas de cavidad progresiva, en el Campo Jobo Área Jobo-02”**. Universidad de Oriente, Maturín, Venezuela (2004).
4. CIED. (2002). **Diseño de Instalaciones de Levantamiento Artificial por Bombeo Mecánico. [Manual digitalizado]. PDVSA.**
5. PDVSA. 2000. **Memoria Descriptiva Campo Orocual. Prueba piloto de inyección alternada de vapor en la formación Las Piedras (campo Orocual), PDVSA.**
6. PRODUCTOS Y FUNCIONAMIENTO DE EQUIPOS PETROLEROS (2009). [Pagina web en línea]. Disponible en: **www.oilproduction.net**

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

TÍTULO	EVALUACION TÉCNICO-ECONÓMICA DE LA IMPLEMENTACION DE LAS BOMBAS DE CAVIDADES PROGRESIVAS METAL-METAL EN LOS POZOS SOMEROS DEL CAMPO OROCUAL
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
Morao Malavé René Gregorio	CVLAC: V- 17.411.273 E MAIL: renemorao@hotmail.com
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:

PALABRAS O FRASES CLAVES:

BOMBEO CAVIDAD PROGRESIVA

POZOS SOMEROS

YACIMIENTO

PRODUCCIÓN DE HIDROCARBUROS

CAMPO OROCUAL

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

ÁREA	SUBÁREA
INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS	INGENIERÍA DE PETRÓLEO

RESUMEN (ABSTRACT):

En la actualidad en el campo Orocual se está poniendo en práctica la inyección alterna de vapor (P.I.A.V.O.S), con un estimado de tres ciclos de inyección para cada pozo, dándose inicio a la masificación de este proyecto contempla la producción de los pozos en dos fases: La primera en frío y otra en caliente luego de la inyección de vapor, las bombas de cavidades progresivas pueden producir solo en frío por sus limitaciones a altas temperaturas y por ello se debe de reemplazar a una nueva completación por bombeo mecánico luego de la estimulación, generando un aumento de los costos e inactividad de los pozos,, debido a esto se busca alternativas para la producción en caliente del crudo mejorando la producción en este Campo por lo tanto, se propone la evaluación técnico-económica para la implementación de las Bombas de Cavidad Progresiva Metal-Metal, un equipo que puede soportar grandes temperaturas, por lo tanto se escogieron 4 pozos los cuales estaban en este proyecto de I.A.V , buenos productores y de fácil acceso, estos fueron ORS-91,ORS-64,ORS-96 Y ORS-108 , se hizo un análisis d su configuración mecánica para saber su estatus y relazar un plan de trabajo mediante simulaciones en RODSTAR con ayuda del departamento de optimización que permitió saber su producción con un Bombeo Mecánico, también se utilizó el simulador PCPUM que nos permitió obtener los resultados de producción más cercanos a los que fueran por una BCP Metal-Metal, luego de tener el estimado de producción de estos pozos con ambos métodos se realizó una evaluación económica que nos permitió conocer el valor presente neto, de tres escenarios y donde se obtuvo resultados positivos.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

CONTRIBUIDORES

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL			
ULACION, IVÓN	CA	AS	TU X	JU
	CVLAC:	V- 12.337.648		
	E_MAIL			
	E_MAIL			
RODRÍGUEZ, JOSÉ	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:			
	E_MAIL			
	E_MAIL			
GONZÁLEZ, TANIA	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:	V- 13.565.661		
	E_MAIL	taniavicgc@hotmail.com		
	E_MAIL			
VILLAHERMOSA, LUIS	CA	AS X	TU	JU
	CVLAC:			
	E_MAIL			
	E_MAIL			

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2011	06	09
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE: ESPAÑOL

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS. Evaluación Técnico-Económica de la Implementación de las Bombas de Cavidades Progresivas Metal-Metal en el Campo Orocuál.doc	Application/msword

**CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F G H I J K L
M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z. 0 1 2 3 4
5 6 7 8 9.**

ALCANCE

ESPACIAL: _____

TEMPORAL: _____

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Ingeniero de Petróleo

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pregrado

ÁREA DE ESTUDIO:

Departamento de Ingeniería de Petróleo

INSTITUCIÓN:

Universidad de Oriente, Núcleo Anzoátegui

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

DERECHOS

De acuerdo al artículo 41 del Reglamento de Trabajo de Grado:

“Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo participara al Consejo Universitario”

AUTOR

René Gregorio Morao Malavé

TUTOR

Ing. Ivón Ulacion

JURADO

Ing. José Rodríguez

JURADO

Ing. Tania González

POR LA SUBCOMISIÓN DE TESIS

Prof. Rayda Patiño