

**ANÁLISIS Y MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE ASIGNACIÓN DE EQUIPOS  
DE WORKOVER PERTENECIENTES AL GASTO EN POZOS PRODUCTORES  
CON FALLAS EN EL CAMPO CASABE ALIANZA ECOPETROL -  
SCHLUMBERGER**

**NATHALIA LORENA OROZCO PÉREZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
BUCARAMANGA – SANTANDER**

**2013**

**ANÁLISIS Y MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE ASIGNACIÓN DE EQUIPOS  
DE WORKOVER PERTENECIENTES AL GASTO EN POZOS PRODUCTORES  
CON FALLAS EN EL CAMPO CASABE ALIANZA ECOPETROL -  
SCHLUMBERGER**

**NATHALIA LORENA OROZCO PÉREZ**

Trabajo de grado para optar el título de  
**INGENIERA INDUSTRIAL**

Directora  
**M.sc Piedad Arenas Díaz**

Tutor  
**Ing. Harold Cristian Ferrero**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
BUCARAMANGA – SANTANDER**

**2013**

## DEDICATORIA

*A Dios, por bendecirme día a día.*

*A mis papitos Julio y Yolima, a quienes les debo todo lo que fui, soy y seré, son mi ejemplo.*

*A mis hermanos José Marco y Aylin, quienes siempre cada palabra dicha, me hacen sentir que el amor de hermano es infinito.*

*A Juan Andrés, por llegar a nuestras vidas y llenarlas de alegría y ganas de luchar.*

*A Francisco por compartir conmigo alegrías y tristezas; por ser siempre mi apoyo incondicional.*

*A mis amigos, en especial Karina e Ivonne, porque con ellos aprendí que todo esfuerzo tiene una recompensa y que cada momento difícil viene acompañado de muchas sonrisas que lo hacen más llevadero.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Alianza Casabe, por permitirme realizar la práctica en un proyecto de tanta envergadura, por brindarme siempre las herramientas que necesité para cumplir con los objetivos pactados.

A mi tutor Harold Cristian, por su apoyo, guía y consejos.

A Pilar Rosas, Líder de Finanzas y Control por su comprensión y ayuda incondicional.

A Ricardo Artola, Gerente Alianza Casabe por su apoyo en la ejecución de este proyecto.

A Carlos Reyes, Ingeniero de equipo de Excelencia Operacional, por sus sugerencias y recomendaciones.

A los líderes de las áreas por su valiosa colaboración.

A la profesora Piedad Arenas, por su orientación y apoyo en la realización del proyecto.

A María Cuesta, Cesar Barbosa, Johan Triana, Catherine Rubio, Camilo Tellez y a mis amigos de la Alianza, por su apoyo y consejos, por estar siempre ahí, porque sin ustedes todo este proceso hubiese sido más difícil.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	15
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	18
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	18
1.2 VISIÓN ALIANZA	20
1.3 MISIÓN ALIANZA	20
1.4 ESTRUCTURA ADMINISTRATIVA CONTRACTUAL DEL PROYECTO	20
1.5 CLIENTES	24
1.6 PRODUCTOS Y/O SERVICIOS	24
1.7 ÁREAS DE LA ALIANZA	25
2. GENERALIDADES DEL PROYECTO	27
2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	27
2.2 ALCANCE	28
2.3 OBJETIVOS	28
2.3.1 Objetivo General	28
2.3.2 Objetivos Específicos	29
3. MARCO DE REFERENCIA	30
3.1 SISTEMAS DE LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL	30
3.1.1 Bombeo Electrosumergible (ESP)	30
3.1.2 Bombeo Mecánico	31
3.1.3 Bombeo por Cavidades Progresivas (PCP)	32
3.2 OPERACIONES DE WORKOVER	33
3.2.1 Falla de Equipo	33
3.2.2 Problemas de pozo	34

3.3 HERRAMIENTAS Y METODOLOGIAS PARA EL MEJORAMIENTO DE PROCESOS	35
3.3.1 Metodología LEAN	35
3.4 TEORÍA DE COLAS	40
3.5 MEDICIÓN DEL RENDIMIENTO DE UN SISTEMA DE COLAS	43
3.6 MODELOS DE FUENTES FINITA: EL MODELO DE REPARACIÓN DE MÁQUINA	44
4. DESARROLLO METODOLÓGICO	46
4.1 FASE DE DIAGNÓSTICO	46
4.2 FASE DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	48
4.3 FASE DE PROPOSICIÓN DE MEJORAS	48
4.4 FASE DE IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS	48
4.5 FASE DE EVALUACIÓN DE RESULTADOS	48
5. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE INGRESO DE POZOS EN DIFERIDA	49
5.1 PROCESO DE REPORTE DE POZO CON FALLA	49
5.2 PROCESO DE DEFINICIÓN DE TIPO DE FALLA	50
5.2.1 Echometer (Nivel de Fluido)	50
5.2.2 Carta Dinamométrica	51
5.2.3 Prueba de Presión	52
5.3 PROCESO DE ENRUTAMIENTO EN PLAN DE TRABAJO DE WORKOVER	53
5.3.1 Esfuerzo de Equipos	53
5.3.2 Workflow Equipos de Workover (Ruta de Workover)	53
5.3.3 Equipos Disponibles	56
5.4 PUESTA EN PRODUCCIÓN DEL POZO	56
5.5 ANÁLISIS DE DATOS	57

5.5.1 Larga duración de pozos de bajo potencial con falla en espera de equipo	57
5.6 METODOLOGÍA EMPLEADA	58
6. PLAN DE MEJORAS	69
6.1 PROPUESTA 1: REALIZAR UNA EVALUACIÓN ECONÓMICA A CADA UNO DE LOS POZOS QUE INGRESAN A LA COLA DE DIFERIDA POR ESPERA DE EQUIPO.	69
6.2 PROPUESTA 2: EVALUAR MÉTODOS ALTERNATIVOS DE PRODUCCIÓN PARA POZOS DE BAJO POTENCIAL	71
6.3 PROPUESTA 3: ASIGNAR 1 EQUIPO DE WORKOVER Y 1 DE VARILLERO EXCLUSIVAMENTE PARA ELIMINAR LA COLA DE LOS POZOS REPORTADA ACTUALMENTE	72
6.4 PROPUESTA 4: DOCUMENTAR LOS SUB-PROCESOS QUE VAN DESDE QUE EL POZO FALLA HASTA QUE ES INTERVENIDO Y ES PUESTO NUEVAMENTE EN OPERACIÓN	73
6.5 PROPUESTA 5: DEFINIR INDICADORES DE GESTIÓN PARA EL PROCESO DE ASIGNACIÓN DE EQUIPOS A POZOS CON FALLAS	73
7. CONCLUSIONES	75
8. RECOMENDACIONES	77
BIBLIOGRAFÍA	79
ANEXOS	81

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Estructura Administrativa Contractual del Proyecto	22
Figura 2. Diagrama de Spaguetti	37
Figura 3. Fases del proyecto	46
Figura 4. Pozos de campo Casabe con producción mediante bombeo mecánico	50
Figura 5. Componentes del analizador de pozos	51
Figura 6. Bomba con varilla partida	52
Figura 7. Esfuerzo de equipos pozos de básica 2012	54
Figura 8. Ruta de equipos de workover	55
Figura 9. Modelo de colas seguido actualmente	58
Figura 10. Diagrama Causa Efecto por Tiempo No Productivo en Taladros	60
Figura 11. Diagrama Pareto Varilleros	61
Figura 12. Diagrama Pareto Equipo de Workover	61
Figura 13. Atención de fallas por Equipo	63
Figura 14. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra de equipo de Workover	65
Figura 15. Prueba Chi-Cuadrado para una muestra de equipo de Workover	65
Figura 16. Modelo de comportamiento de colas	66

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Áreas de la Alianza Casabe	25
Tabla 2. Equipos disponibles para la intervención de pozos del gasto.	56
Tabla 3. Tiempo Total por Equipo	59
Tabla 4. Disponibilidad Real de Equipos de Workover	62
Tabla 5. Datos para hipótesis de aleatoriedad de población por Fallas	64
Tabla 6. Resultados iniciales de desempeño de cola de pozos	66
Tabla 7. Pozos en cola esperando Equipo de Workover	67
Tabla 8. Lista de pozos en cola en espera de intervención	70
Tabla 9. Resultado de Desempeño de Colas después de implementación de Propuesta de mejora 1.	71

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. Pozos con equipos de workover y varilleros	82
Anexo B. Propuestas de Mejora al proceso de asignación de equipos de Workover en pozos productores con fallas	89
Anexo C. Análisis de Viabilidad de Intervención de Pozos con Sistema de Levantamiento Bombeo Mecánico	90
Anexo D. Presentación Recoil	117
Anexo E. Evaluación económica Lift Oil	119
Anexo F. Asignación de un equipo de Workover y uno de Varillero exclusivamente para eliminar la cola de los pozos reportada actualmente	121
Anexo G. Formato de Documentación de Procedimientos para la Alianza Casabe	123
Anexo H. Procesos documentados	125
Anexo I. Fichas de identificación de indicadores	138

## RESUMEN

**TÍTULO:** ANÁLISIS Y MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE ASIGNACIÓN DE EQUIPOS DE WORKOVER PERTENECIENTES AL GASTO EN POZOS PRODUCTORES CON FALLAS EN EL CAMPO CASABE ALIANZA ECOPETROL – SCHLUMBERGER.\*

**AUTOR:** NATHALIA LORENA OROZCO PÉREZ\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Mejoramiento, Fallas, Indicadores, Tiempos, Colas.

### DESCRIPCIÓN

La Alianza Casabe, es un contrato de servicios y colaboración técnica, con el objeto de evaluar, diseñar y ejecutar programas de trabajo que aumenten el valor del Campo Casabe desarrollando actividades que generen producción incremental, permitan un mejor manejo del yacimiento y reduzca los costos de operación. Para ello, cuenta con las áreas de Ingeniería, Control de Producción y Workover, entre otras; las cuales a través de su operación garantizan analizar, controlar e intervenir los pozos, y, de esta forma, cumplir con la razón de ser del negocio, agregar producción para generar dinero.

Este proyecto está enfocado en mejorar el proceso de asignación de equipos de Workover pertenecientes al gasto en pozos productores con fallas del Campo casabe, por medio de un procedimiento de evaluación técnica – económica de pozos que han dejado de producir crudo, generando alternativas que aumentan el nivel de eficiencia de los recursos utilizados a lo largo del proceso.

El proyecto inició con la documentación de los procesos y la descripción de los recursos utilizados de cada área del proceso, lo que permitió realizar el diagnóstico de la situación actual e identificar aspectos susceptibles de mejora. En segunda instancia, se realizó el análisis de datos cuantitativos y cualitativos que soportan los resultados del diagnóstico inicial. Con dicho análisis, se presentan propuestas de mejora para la problemática encontrada, relacionadas con la actualización de procedimientos, la promoción de una integridad técnica – económica para la selección de los pozos y el seguimiento al proceso con Indicadores de Medición.

Finalmente, se exponen las conclusiones de los aspectos de mayor relevancia durante la elaboración del proyecto y las recomendaciones necesarias para la implementación y el mejoramiento de las condiciones actuales del proceso.

---

\* Proyecto de grado, Modalidad Práctica Empresarial

\*\* Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingeniería Físico-Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales; Programa de Ingeniería Industrial. Director de Proyecto: Piedad Arenas Díaz.

## ABSTRACT

**TITLE:** ANALYSIS AND IMPROVEMENT OF ASSIGNMENT PROCESS OF WORKOVER TEAM BELONGING TO SPENDING IN PRODUCING WELLS WITH FAILURES IN THE CASABE FIELD ECOPETROL – SCHLUMBERGER ALLIANCE\*

**AUTHOR:** NATHALIA LORENA OROZCO PÉREZ\*\*

**KEY WORDS:** Improvement, Failures, Indicators, Times, Queue.

### DESCRIPTION

The Casabe Alliance was conceived as a service contract and technical cooperation, in order to assess, design and execute work programs that increase the value of the Casabe Field by developing activities that generate incremental production, enabling better management fields and reduce operating costs. To achieve these objectives, it has areas of Engineering, Production and Workover Control, among others, which through its operation guarantee analyze, control and intervene wells, to thus comply with the business rationale, add production to generate money.

This project focuses on improving the assignment process of workover teams belonging to spending in producing wells with failures in the Casabe Field, through a process of technical – economic evaluation of wells that have stopped producing oil, generating alternatives that increase level of efficiency of the resources used during the process.

The project development began with the documentation of process and description of the resources used in each area involved in the process, allowing making a diagnosis of the current situation and identifying areas for improvement. Secondly, the analysis was performed with quantitative and qualitative data that support the results of the initial diagnosis. Based on this analysis, improvement proposals are presented to the problems encountered, related to updating procedures, promotion of technical – economic integrity for selecting wells and monitoring process with indicators.

Finally, we present the conclusions of the most important aspects for the development of the project and the necessary recommendations for the implementation and improvement of the current process conditions.

---

\* Thesis Degree Project, Business Practice Modality.

\*\* Universidad Industrial de Santander. Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Industrial and Business Studies; Program of Industrial Engineering. Project Manager: Piedad Arenas Díaz.

## INTRODUCCIÓN

ALIANZA CASABE es un proyecto conformado por Ecopetrol S.A y Schlumberger Surencó desde el año 2004, con el fin de administrar el Campo Casabe, un campo maduro con inicios de producción en 1945. En el año 2011, Casabe, contaba con 272 pozos puestos en producción, de los cuales 140 trabajan con Bombeo Mecánico, 131 utilizan un sistema de bombeo PCP (Sistema de Bombeo de Cavidades Progresivas) y 1 utiliza Bombeo ESP (Electrosumergible)<sup>1</sup>. Los pozos que hacen parte del Campo, constantemente necesitan ser intervenidos, ya que presentan frecuentes problemas de producción pues luego de cierto tiempo de ser perforados, el comportamiento del potencial se asemeja al de una curva de declinación, por lo que se utilizan las operaciones de *Workover* o de reacondicionamiento de pozos para acelerar el proceso de recuperación de crudo y el mantenimiento del potencial de producción de petróleo antes de la ocurrencia de la falla.

Actualmente, los departamentos de Ingeniería y Control de Producción llevan a cabo un procedimiento para la definición de los pozos con fallas que dejaron de funcionar con base en variables estructurales, tales como profundidad del fluido, ciclo de bombeo, presión del pozo y potencial de producción, y el departamento *Workover* de acuerdo a la selección previamente realizada, asigna los pozos a los equipos de *Workover*, *Varilleros* y *Coiled Tubing* por medio de la creación de una ruta de trabajo, en la cual se muestra el orden en que se realizarán las intervenciones solicitadas.

De acuerdo a la cantidad de trabajos de *Workover* realizados, el tiempo medio entre fallas de los pozos y en el impacto económico que estos representan, es pertinente realizar un análisis que permita determinar la cantidad de equipos necesarios para la reducción de la producción diferida, así como la disminución de

---

<sup>1</sup> Tomado del reporte de producción. Superintendencia Operaciones del Río – Ecopetrol 2011.

la cantidad de pozos en cola que esperan para ser intervenidos. Este trabajo de grado se centra principalmente en el análisis y mejoramiento de la asignación de pozos con Sistema de Bombeo Mecánico con modos de fallas tales como: Arenamiento, Tubería Rota, Varilla Partida, entre otras, a los equipos de Workover y Varilleros, de tal forma que permita lograr una disminución en los costos incurridos al realizar las intervenciones necesarias en los pozos con fallas, y de igual forma una reducción en la producción diferida del campo.

En este libro, dividido en 8 capítulos, se muestra el trabajo que se llevó a cabo para lograr un mejoramiento en el proceso. En el primer capítulo, se contextualiza al lector por medio de una descripción detallada de la Alianza Casabe y del área objeto de estudio; en el segundo capítulo, se enuncian las razones por las cuales se lleva a cabo el proyecto y los objetivos que se pretenden alcanzar con la ejecución del mismo; en el tercer capítulo, se presenta una recopilación teórica que fundamenta el estudio realizado. En el capítulo cuatro, se realiza un resumen general de cada fase llevada a cabo para obtener finalmente las conclusiones y recomendaciones del trabajo. En el siguiente capítulo, se realiza el diagnóstico y análisis de cada proceso estudiado para la de selección de pozos con fallas a intervenir. Finalmente, se presentan las propuestas de mejoramiento, conclusiones y recomendaciones obtenidas del desarrollo de este proyecto.

## CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS

<b>OBJETIVOS DEL PROYECTO</b>	
<p><b>Objetivo General:</b> Diseñar e implementar un programa de mejoramiento del proceso de Selección y asignación de pozos candidatos a Workover a equipos pertenecientes al Gasto de ECOPETROL que permita el incremento en la eficiencia de los recursos.</p>	
<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Numerales Referenciados</b>
Realizar un diagnóstico de la situación actual del proceso de asignación de pozos candidatos a Workover a los equipos considerados como gasto.	Capítulo 5: 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7.
Elaborar la caracterización y documentación del proceso, necesarias para llevar a cabo la selección de los pozos con necesidad de intervención.	Capítulo 3: 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6. Capítulo 6: 6.4.
Diseñar propuestas de mejora al proceso de Selección de Pozos basados en análisis estadísticos e investigación de las operaciones.	Capítulo 6: 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5.
Implementar las propuestas de mejoramiento planteadas al proceso de selección y asignación de pozos con fallas a los Equipos de Workover pertenecientes al Gasto.	Capítulo 6: 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5.
Plantear un sistema de indicadores que permita medir el desempeño de las mejoras propuestas.	Capítulo 6: 6.5.

## 1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

### 1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

La Alianza Casabe<sup>2</sup> es un proyecto que nació a partir del Contrato de servicios y Colaboración Técnica firmado entre Ecopetrol S.A y Schlumberger Surencó el 26 de abril del año 2004, con el objeto de evaluar, diseñar y ejecutar programas de trabajo que permitan aumentar el valor en el Área de Interés mediante el desarrollo de las siguientes actividades:

- Desarrollo de producción incremental.
- Aplicación de tecnologías nuevas.
- Aplicación de técnicas para el manejo del yacimiento.
- Reducción de los costos de operación.

La duración del contrato establecida en primera instancia fue de 10 años (Abril de 2014). A partir de Enero de 2010, se aplicó la ampliación de la vigencia del mismo hasta abril de 2020, con la firma del Otrosí # 2 (mayo de 2010).

#### **Acerca de Ecopetrol:**

Ecopetrol S.A. es una Sociedad de Economía Mixta, de carácter comercial, organizada bajo la forma de sociedad anónima, del orden nacional, vinculada al Ministerio de Minas y Energía. Pertenece al grupo de las 39 petroleras más grandes del mundo, es una de las cinco principales de Latinoamérica, y es, la más grande y principal compañía petrolera de Colombia.

---

<sup>2</sup> Tomado del Plan de Ejecución del Proyecto Alianza Casabe, Versión 0.

Tiene la participación mayoritaria de la infraestructura de transporte y refinación del país, cuenta con campos de extracción de hidrocarburos en el centro, el sur, el oriente y el norte de Colombia, dos refinerías, puertos para exportación e importación de combustibles y crudos en ambas costas y una red de transporte de 8.500 kilómetros de oleoductos y poliductos a lo largo de toda la geografía nacional, que intercomunican los sistemas de producción con los grandes centros de consumo y los terminales marítimos<sup>3</sup>. A diciembre de 2011, cuenta con activos por valor de \$ 85.251.174 (COP) y con una utilidad neta de \$15.448.333 (COP)<sup>4</sup>.

**Acerca de Schlumberger:** Schlumberger Surencó S.A. es la compañía prestadora de servicios petroleros líder del mercado mundial. Ofrece a sus clientes Tecnología, Información y Gestión Integrada de Proyectos garantizando la optimización en el rendimiento de las reservas de petróleo<sup>5</sup>.

Schlumberger, está compuesta por dos segmentos de negocio: Uno de ellos es *Schlumberger Oilfield Service*, el cual provee una amplia gama de productos y servicios que van desde la evaluación de las formaciones, pasando por la perforación direccional, cementación y estimulación, completamiento de pozos y producción de los mismos, hasta consultorías, software, administración de información y servicios de infraestructura IT que dan soporte a los procesos operacionales conocidos como la razón del negocio para la compañía. *WesternGeco*, es el segundo segmento, y es conocida como la empresa más grande en Sísmica a nivel mundial, la cual ofrece la adquisición y servicios avanzados en el procesamiento de datos. En 2011, Schlumberger facturó ingresos

---

<sup>3</sup> Acerca de Ecopetrol. En: Quiénes Somos. [En línea]. [Consultado 4 jun 2012]. En <<http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=30&conID=37994>>

<sup>4</sup> Ecopetrol. En: Balances Generales no consolidados al 31 de diciembre de 2011. [En línea]. [Consultado 4 jun 2012]. En <[http://www.ecopetrol.com.co/documentos/60400\\_BALANCE\\_GENERAL-DIC11-DIC10.pdf](http://www.ecopetrol.com.co/documentos/60400_BALANCE_GENERAL-DIC11-DIC10.pdf)>

<sup>5</sup> Acerca de Schlumberger. En Corporate Profile. [En línea]. [Consultado 4 jun 2012]. En <<http://www.slb.com/about/who/backgrounder.aspx>>

por \$ 39.54 billones de dólares, y reportó una nómina de más de 113.000 empleados alrededor del mundo.

## **1.2 VISIÓN ALIANZA**

Ser la Alianza líder en el desarrollo sostenible de yacimientos de hidrocarburos, reconocida por su capacidad para adicionar reservas, aumentar producción y mejorar el factor de recobro apalancados en el talento de su gente<sup>6</sup>.

## **1.3 MISIÓN ALIANZA**

Maximizar el valor de los activos del área Casabe mediante la implementación de tecnologías e incorporación de un modelo de gestión innovador que fomente la sinergia entre los socios, asegurando la integridad y el desarrollo de las personas y los procesos en armonía con el medio ambiente y grupos de interés<sup>7</sup>.

## **1.4 ESTRUCTURA ADMINISTRATIVA CONTRACTUAL DEL PROYECTO**

Con el fin de lograr la integración del proyecto, la toma de decisiones sobre los recursos, las directrices y los objetivos está bajo la responsabilidad de la Coordinación Técnica (CT), la Coordinación Financiera (CF) y el Comité Gerencial (CG). Dichas coordinaciones y comité solucionan diferencias y regulan el trabajo para el logro de los objetivos de la Alianza. En la figura 1 se encuentra la estructura administrativa.

**Comité Gerencial (CG):** Es la máxima autoridad del Contrato, conformada por un representante de cada una de las partes y sus correspondientes primer y segundo suplente. Celebra como mínimo 4 reuniones al año, en las cuales tiene plena

---

<sup>6</sup> Tomado del Plan de Ejecución del Proyecto Alianza Casabe. Revisión 0. Oficial 2011.

<sup>7</sup> Ibid.

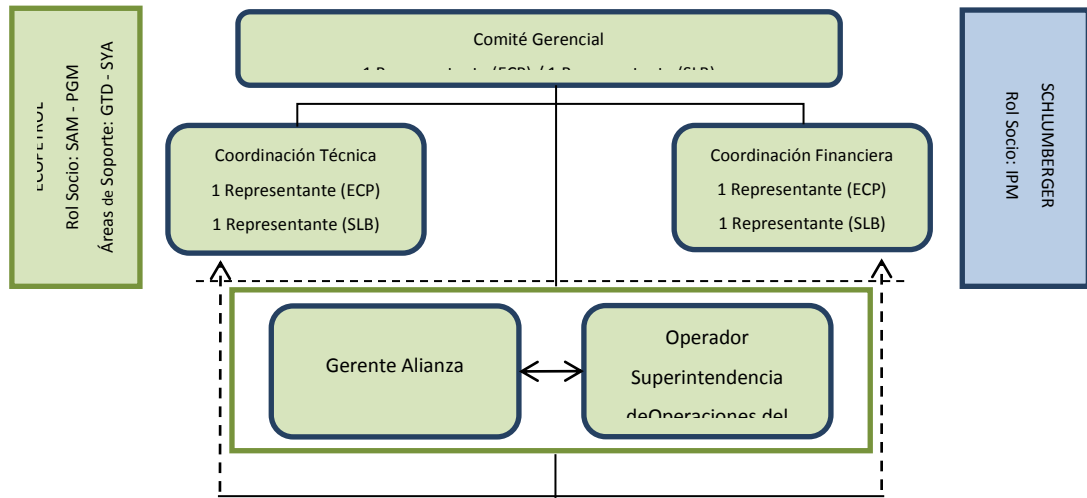
autoridad y responsabilidad para establecer las directrices generales en pro de obtener los mejores resultados en el desarrollo del contrato. Sus funciones son<sup>8</sup>:

- a) Disponer de facultad discrecional de crear la Coordinación Técnica y la Coordinación Financiera y fijar las funciones que estos organismos deban desarrollar.
- b) Aprobar, rechazar o modificar los Programas de Trabajo y los presupuestos correspondientes. Una primera aprobación se debe realizar antes del mes de Julio de cada año y una segunda aprobación (Final) antes del mes de Enero de cada año.
- c) Decidir acerca de aquellos asuntos que la Coordinación Técnica someta a su consideración.
- d) Determinar las normas y políticas de los Programas de Trabajo para la producción incremental.
- e) Establecer las normas y políticas para el buen funcionamiento de este contrato según lo establecido en el mismo.

---

<sup>8</sup> Tomado del Contrato Original Alianza Casabe. Clausula 19. Pág. 38 - 40.

Figura 1. Estructura Administrativa Contractual del Proyecto



Fuente: Plan de Ejecución de Proyecto Alianza Casabe

**Coordinación Técnica (CT):** Constituida por mínimo tres miembros de cada socio (Ecopetrol y Schlumberger), quienes estarán asistidos por expertos de su propia elección, integrando Equipos de Trabajo de las dos partes, cuyo número de participantes se definirá de acuerdo con la magnitud de cada Programa de Trabajo. Sus funciones incluyen, entre otras, las siguientes acciones<sup>9</sup>:

- a) Solicitar la aprobación al Comité Gerencial del Programa de Trabajo con la debida anticipación.
- b) Solicitar la aprobación al Comité Gerencial para ejecutar cualquier actividad o actividades incluidas dentro del Programa de Trabajo cuando su ejecución se desvíe del presupuesto original aprobado, en más del diez por ciento (10%) .
- c) Solicitar al Comité Gerencial la aprobación de cualquier trabajo que se adicione al Programa de Trabajo aprobado o que represente una desviación del mismo.

<sup>9</sup> Tomado del Contrato Original Alianza Casabe. Clausula 20. Pág. 40 - 41.

- d) Conformar los equipos de trabajos que estime necesario (técnicos, ambientales, de salud ocupacional, de contingencias, etc.) que serán conformados por representantes de las dos partes, y fijar los roles y funciones que éstos deban desarrollar bajo su dirección, de acuerdo con la estructura aprobada por el Comité Gerencial.
  
- e) Velar por que las operaciones estén siendo ejecutadas dentro del presupuesto asignado y en caso de ser necesario, solicitar los fondos adicionales y asegurarse que estos fondos estén disponibles antes de iniciar el trabajo correspondiente.
  
- f) Velar por que los trabajos que se ejecuten con el nivel más alto de calidad posible a través de auditorías, inspecciones y dentro de las directrices establecidas por el comité gerencial.
  
- g) Diseñar el plan de transferencia tecnológica para los funcionarios de Ecopetrol y someterlo a su aprobación.
  
- h) Brindar apoyo en el trámite para la obtención de las autorizaciones ambientales que se puedan requerir.
  
- i) Someter a aprobación del Comité Gerencial la contratación de contratistas por cualquiera de las partes, con cargo de inversiones, si el valor del servicio a ser contratado supera los US\$ 500,000.00.

**Coordinación Financiera (CF):** Constituida por un mínimo de un (1) miembro de cada una de las partes. Entre sus funciones, incluye: administración e interventoría

que sean necesarias para asegurar el desarrollo, ejecución y cumplimiento de las responsabilidades, compromisos y obligaciones pactadas bajo el Contrato<sup>10</sup>.

## **1.5 CLIENTES**

Por ser un contrato de colaboración, todas las actividades realizadas tienen como fin el cumplimiento de los requisitos de ambas partes. Sin embargo, se considera a Ecopetrol como el cliente que paga a Schlumberger por la prestación de sus servicios y reconoce las inversiones realizadas por este último de acuerdo al modelo de reconocimiento de inversiones definidos en el contrato prescrito entre las partes.

## **1.6 PRODUCTOS Y/O SERVICIOS**

- Aplicación de nuevos métodos de extracción.
  
- Ampliación y construcción de facilidades, si es necesario, para el manejo de la producción incremental.
  
- Reacondicionamiento y mantenimiento de pozos:
  - Conversión de pozos inyectoros a productores y viceversa.
  - Estimulación, reactivación, registros y cañoneos.
  
- Perforación de pozos nuevos.
  
- Viabilidad de aplicar métodos de recobro secundario y mejorado:

---

<sup>10</sup> Tomado del Contrato Original Alianza Casabe. Clausula 21, Pág. 42.

- Inyección de agua
- Administración de yacimientos:
  - Adquisición de información adicional.
  - Estudios integrados de yacimientos.
  - Simulación y monitoreo.
- Actividades adicionales necesarias para ejecutar el proyecto.

## 1.7 ÁREAS DE LA ALIANZA

La Alianza Casabe se encuentra dividida en siete áreas, mostradas en la Tabla 1, así como las actividades que se realizan en cada una de ellas:

Tabla 1. Áreas de la Alianza Casabe

ÁREA	FUNCIÓN
Yacimientos	Encargado de realizar estudios de los yacimientos existentes en el área, para de esta forma determinar las zonas que deben ser perforadas según las reservas estimadas en la formación
Obras civiles	Responsable del diseño, construcción de locaciones nuevas, ampliación de construcciones ya existentes, limpieza de las mismas y saneamiento de locaciones existentes; a fin de mantener áreas físicas aptas para el adecuado funcionamiento de los equipos de perforación y Workover, sin que generen impactos al medio ambiente.
Perforación	Responsable de la perforación de los pozos nuevos, de acuerdo a profundidades establecidas y los patrones que deben completarse según Yacimientos.

ÁREA	FUNCIÓN
Completamiento y Workover	Se encarga del completamiento, mantenimiento, limpieza de arenas, pruebas a pozos y abandonos de pozos existentes.
Producción e Inyección	Encargado de Apertura de pozos a producción, realización de operaciones de Slickline y de operaciones con Unidad de Flushby
Facilidades	Responsable de la Instalaciones de líneas de producción e inyección, así como de la Instalaciones de líneas eléctricas y de la Limpieza y pinturas de cabezales. De igual forma, de la ejecución de distintos proyectos que favorezcan las actividades de producción de crudo e inyección de agua llevadas a cabo en el campo; tales como Estaciones de Flujo, y Plantas de Inyección.
Planeación, Finanzas y Control	Responsable de las actividades administrativas del proyecto, de la planificación de las actividades (a mediano y largo plazo) a realizar, control de las actividades y de los costos incurridos por su ejecución

Fuente: Autora del proyecto.

## 2. GENERALIDADES DEL PROYECTO

### 2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Alianza Casabe en busca del aumento de la productividad del Campo Casabe, reconoce la necesidad de realizar mejoras en cada una de las áreas tanto de producción como de inyección.

En el área de Producción, específicamente, se han implementado programas de monitoreo, seguimiento y control a lo largo de todo el proceso que debe llevarse a cabo para que un pozo entre en producción. Sin embargo, dichos programas no garantizan que una vez el pozo inicie operaciones no falle, y cuando esto ocurre se hace necesario la realización de algunos estudios del ciclo de vida del pozo, y de todas sus propiedades para dar un diagnóstico del problema y así enviar el reporte a Workover para que inicie el proceso de inclusión de intervención al pozo dentro de la Ruta de intervenciones<sup>11</sup>.

Durante el ingreso de los pozos a la Ruta de Workover se hace una evaluación del potencial del pozo para definir si este debe atenderse inmediatamente o ingresa a la cola de espera por equipo, sin embargo esa cola de espera tiene pozos desde mayo de 2010. Esta situación conlleva al planteamiento de un proyecto que permita disminuir la cantidad de pozos que se encuentran esperando a ser intervenidos, así como aumentar la eficiencia en el uso de los recursos necesarios para tal fin. Para determinar el alcance, se realizó un análisis estadístico, diagramas de operaciones, gráficos de frecuencias y un diagrama Pareto (20/80), en el cual se encontró que para disminuir la cola se debía realizar un plan de mejoramiento en la intervención de pozos con Bombeo Mecánico pues representan el 91% de los pozos que hacen parte de la cola, mientras que los

---

<sup>11</sup> Tomado del Documento generado por el Departamento de Workover en el que se listan los pozos que deben ser intervenidos mes a mes.

pozos con bombeo PCP (Cavidad progresiva) solo representan un 9%, aun cuando su potencial de producción es mayor, estos últimos solo representan un 34% en la suma de la diferida, definiendo diferida como la diferencia entre la producción real de crudo y el potencial de producción del pozo.

## **2.2 ALCANCE**

El presente proyecto comprende la realización de un diagnóstico de la situación actual del proceso de Asignación de equipos de Workover a pozos productores con modos de fallas a partir de la caracterización y documentación de cada fase del proceso, equipos necesarios, tipos de fallas así como la definición de los criterios, variables que permitan realizar un adecuado monitoreo de los trabajos que se realizan.

Como resultados del proyecto, se diseñará una herramienta basada en teorías estadísticas y operacionales, tales como teoría de colas, que permita encontrar la cantidad de equipos necesarios para disminuir la producción diferida y mejorar los tiempos de operación, a su vez de garantizar rentabilidad en el negocio. En este mismo sentido, se llevará a cabo la implementación de dichas mejoras por medio de una prueba piloto, que permitirá evaluar la efectividad de las mejoras planteadas.

## **2.3 OBJETIVOS**

### **2.3.1 Objetivo General**

Diseñar e implementar un programa de mejoramiento del proceso de Selección y asignación de pozos candidatos a Workover a equipos pertenecientes al Gasto de ECOPETROL que permita el incremento en la eficiencia de los recursos.

### **2.3.2 Objetivos Específicos**

- Realizar un diagnóstico de la situación actual del proceso de asignación de pozos candidatos a Workover a los equipos considerados como gasto.
- Elaborar la caracterización y documentación del proceso, necesarias para llevar a cabo la selección de los pozos con necesidad de intervención.
- Diseñar propuestas de mejora al proceso de Selección de Pozos basados en análisis estadísticos e investigación de las operaciones.
- Implementar las propuestas de mejoramiento planteadas al proceso de selección y asignación de pozos con fallas a los Equipos de Workover pertenecientes al Gasto.
- Plantear un sistema de indicadores que permita medir el desempeño de las mejoras propuestas.

### 3. MARCO DE REFERENCIA

#### 3.1 SISTEMAS DE LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL

En un campo petrolífero la producción de petróleo se realiza mediante la perforación de pozos. Los fluidos son transportados mediante tubería desde el fondo hasta su almacenamiento por medio de presión, que en ocasiones solo basta con la presión natural del yacimiento y en otros casos requiere de sistemas de levantamiento artificial que se encargan de alivianar o incrementar esas presiones. Los sistemas de levantamiento artificial comúnmente utilizados son:

##### 3.1.1 Bombeo Electrosumergible (ESP)

Este sistema utiliza una bomba centrífuga el cual consume energía eléctrica que es enviada desde la superficie mediante un cable de cobre. Para brindar protecciones y controlar la potencia se requiere de variaciones de frecuencia y transformadores instalados en la superficie del pozo. Entre las ventajas de utilizar este sistema están<sup>12</sup>:

- Puede levantar altos volúmenes de fluidos.
- Maneja altos cortes de agua.
- Puede operar a velocidades de bombeo variable.
- El equipo de superficie requiere poco espacio.

---

<sup>12</sup> La Comunidad Petrolera. Métodos de Levantamiento Artificial. [En línea]. [Consultado 2 feb 2013]. Disponible en <[http://industria-petrolera.lacomunidadpetrolera.com/2008/01/mtodos-de-levantamiento-artificial\\_12.html](http://industria-petrolera.lacomunidadpetrolera.com/2008/01/mtodos-de-levantamiento-artificial_12.html)>

- Aplicable costa afuera.
- La inversión es baja en pozos poco profundos y con altas tasas de producción.
- Puede utilizarse para inyectar fluidos a la formación.

### **3.1.2 Bombeo Mecánico**

La función de la unidad de bombeo es convertir el movimiento rotatorio del motor principal en movimiento ascendente y descendente de la sarta de varillas. Este movimiento es denominado recorrido. Sus ventajas<sup>13</sup>:

- Fácil operación y servicio.
- Bajos costos operativos: Consumo de potencia de moderado a bajos, bomba económica y se puede reutilizar el conjunto de varillas dependiendo de los ciclos.
- Factible variar la rata de producción cambiando la velocidad de bombeo o la longitud del servicio.
- Se puede bombear lentamente el pozo con una presión de entrada a la bomba muy baja, a fin de obtener una presión máxima.

---

<sup>13</sup> CHARRY, Carolina del pilar; REINA, John F. Nuevas Prácticas para la Implementación de Sistemas de Levantamiento Artificial Mediante Aplicación de Árboles de Decisión. Bucaramanga, 2012. 54 h. Trabajo de Grado. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería de Petróleos. Disponible en el catálogo en línea de la biblioteca de la Universidad Industrial de Santander. < <http://tangara.uis.edu.co/>>.

### 3.1.3 Bombeo por Cavidades Progresivas (PCP)

Es una bomba de desplazamiento positivo cuya geometría permite la formación de dos o más cavidades separadas, lenticulares y en forma de espiral. La capacidad de levantamiento neto de las PCP es función directa del número de cavidades o líneas de sello; a mayor número de etapas, mayor capacidad de levantamiento. Consiste de dos componentes básicos:

- Estator: Es de material elastomérico torneado internamente como una hélice de “n+1” lóbulos.
- Rotor (única parte móvil): Es una pieza de acero de alta resistencia torneada externamente como una hélice de “n” lóbulos.

Entre las ventajas de este sistema se encuentran:

- Bajos costos operativos, sistema de levantamiento artificial de mayor eficiencia y menores costos de equipos.
- Excelente para producción de crudos altamente viscosos.
- Capacidad para manejar altos contenidos de sólidos y moderado contenido de gas libre.
- Fácil de instalar y operar.
- Bajo mantenimiento de operación. Se requiere mantenimiento rutinario del equipo de superficie.
- Bajo nivel de ruido.

## 3.2 OPERACIONES DE WORKOVER

Un pozo es un dispositivo mecánico y como cualquier otro dispositivo mecánico está sujeto a los problemas y fracasos que requieren reparaciones, las cuales pueden definirse como: *“Todas aquellas intervenciones realizadas en los pozos para mantener la producción, mejorar la recuperación de hidrocarburos o cambiar los horizontes de producción aprovechando al máximo la energía propia del yacimiento”*<sup>14</sup>.

De todos los problemas que pueden ocurrir durante la producción, existen dos tipos que pueden ser categorizados como los principales: falla de equipo y problemas del pozo. Estos problemas pueden remediarse con las operaciones de Workover o de acondicionamiento y mantenimiento de pozos.

### 3.2.1 Falla de Equipo

Las fallas en el equipo probablemente son el tipo más común de problema de la producción. Por ejemplo, una varilla puede romperse durante el bombeo del pozo, requiriendo un equipo especial llamado Taladro de Servicio el cual debe ser movido al pozo, recuperar la varilla de y poner de nuevo el pozo en producción.

Otro problema de producción común es la falla en la bomba, debido en la mayoría de los casos a la manipulación física o desgaste de estas o de una de sus partes. Cuando esto ocurre, un equipo de servicio puede quitar la bomba y hace las reparaciones necesarias rápidamente.

---

<sup>14</sup> Oil Production. Terminación de Mantenimiento y Pozos. [En línea]. [Consultado 24 Ago 2012] En <[http://www.oilproduction.net/cms/files/libro\\_terminacion.pdf](http://www.oilproduction.net/cms/files/libro_terminacion.pdf)>

Si la tubería se rompe o desgasta debido a la corrosión, o las tensiones mecánicas, el equipo de servicio extrae la tubería del hoyo, se reemplaza la parte dañada, y la tubería vuelve a ubicarse dentro del pozo.

### **3.2.2 Problemas de pozo**

Los problemas más comunes en los pozos son los siguientes:

**Arenamiento:** En los pozos que producen a partir de formaciones de arenisca débilmente consolidada, una cierta cantidad de arena se produce generalmente con aceite. Aunque parte de esta arena se produce en la superficie, la mayor parte se acumulan en el fondo del hoyo. La continua acumulación de la arena en el pozo eventualmente reduce la tasa de producción de petróleo y puede incluso detener la producción en conjunto.

Si un pozo continúa presentando problemas de arenamiento, se hace necesario el uso de acciones preventivas. Varios tipos de plásticos se pueden utilizar para consolidar o compactar la arena. El principal problema aquí es la obtención de un plástico que permita consolidar la arena aun así permita el flujo del petróleo a través de él<sup>15</sup>.

**Daño de la formación:** Este problema común ocurre cuando algo pasa a la formación cercana al yacimiento, retardando la producción de crudo. Por ejemplo, el aumento excesivo de saturación de agua en la vecindad del pozo impide el flujo de petróleo, de igual forma ocurre con un bloque de lodo, una acumulación de lodos de perforación alrededor de la zona de producción del pozo.

---

<sup>15</sup> CIED, PETRÓLEOS DE VENEZUELA S.A. Rehabilitación De Pozos. Venezuela: 1999. Tema1.

Los pozos con estos problemas de formación pueden tratarse con ácidos, agentes de limpieza de lodos, y otros químicos con ese propósito especial. Estos materiales se bombean dentro de la formación y se llevan a la superficie.

**Las Emulsiones de aceite-agua:** Las emulsiones de aceite y agua son un cuarto problema de la producción común. Bajo ciertas condiciones, el aceite y agua pueden formar una emulsión que no puede ser separada en superficie sin el tratamiento especial. Éste es un problema porque el proceso de separación de la emulsión es muy costoso, pues incluyen tratamientos térmicos y tratamientos químicos.

**Corrosión:** La corrosión de equipo es uno de los problemas más costosos que abunda en la industria del petróleo. El Agua salada producida con petróleo es muy corrosiva, y la mayoría del crudos contiene cantidades variantes de sulfito de hidrógeno que también es bastante corrosivo. Las medidas anticorrosivas incluyen la inyección de un inhibidor de corrosión químico abajo por el anular del casing/tubing.

### **3.3 HERRAMIENTAS Y METODOLOGIAS PARA EL MEJORAMIENTO DE PROCESOS**

#### **3.3.1 Metodología LEAN**

Lean se define como el uso de técnicas y herramientas que permiten eliminar desperdicio en un proceso, incrementar eficiencia, y obtener resultados confiables.

La metodología LEAN se basa en el concepto DMAIC, siglas en ingles de (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar)<sup>16</sup>.

---

<sup>16</sup> Lean Training: Initiation and Presentation. [Base de datos en línea]. [Consultado 24 ago 2012]. Autor: Schlumberger. Disponible en <[www.hub.slb.com](http://www.hub.slb.com)>.

**Definir:** se establece el problema, se definen las oportunidades de mejora y la meta del proyecto, y el camino a seguir para el logro de resultados sostenibles.

Para lograr una adecuada definición del problema se debe:

- Definir las oportunidades con los clientes del proceso (tanto internos como externos).
- Definir del plan del proyecto: metas y requisitos, se hace uso de SIPOC, el cual permite tener una visión global del proceso y sus barreras.
- Determinar los objetivos, los cuales deben ser ajustados al modelo SMART (Específicos, medibles, alcanzables, apropiados y con un tiempo determinado)
- Escoger proyectos de bajo costo y alto impacto.

**Medir:** Es importante definir el estado actual y al que se quiere llegar, tomando como base datos y estadísticas, de esta forma se evitará caer en percepciones.

Para la medición se necesita recolectar información, la cual puede hacerse por medio de formatos ordenados. Otra de las herramientas utilizadas en esta fase es el Diagrama de Spaghetti o de flechas (Ver figura 2), una gráfica que permite visualizar el flujo físico del trabajo o material dentro de un proceso.

También se utiliza la matriz RACI, un método sistemático utilizado para la clarificación de roles y responsabilidades de las actividades dentro de un proceso. En esta matriz existen 4 personajes:

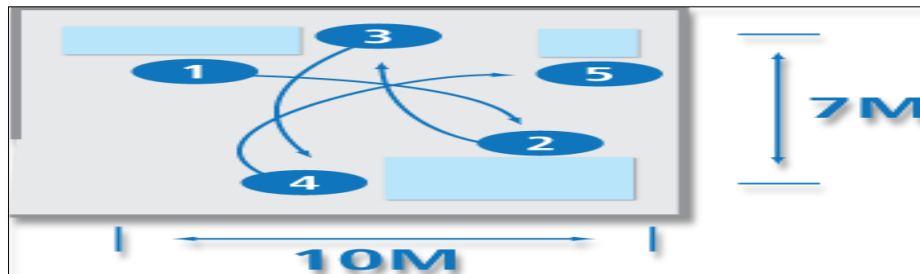
*Responsible:* Responsable directo de ejecutar el trabajo.

*Accountable:* Toma la decisión sobre el trabajo a realizar.

*Consult:* Debe ser informado acerca de decisiones/acciones prioritarias a realizar.

*Inform:* Debe ser informado, pero que no tiene impacto alguno en la decisión a tomar.

Figura 2. Diagrama de Spaguetti



Fuente: Diagrama de Spaguetti. Curso 1 Lean. SLB Hub. Módulo 7. Pag. 8

**Analizar:** Una vez se cuenta con la información, se hace necesario su análisis, utilizando aquellas herramientas que ayudan a identificar, la causa raíz de estos, y dan algunas ideas de cómo deben ser atacados.

A continuación se presentan las herramientas de calidad más usadas para el análisis de procesos:

**Herramientas de la calidad:** Existen siete herramientas básicas que han sido ampliamente adoptadas en las actividades de mejora de la calidad y utilizadas como soporte para el análisis y solución de problemas operativos en las diversas áreas de la organización. Tanto en la industria como en los servicios existen controles o registros que promueven el aseguramiento de la calidad de la empresa, estos son<sup>17</sup>:

<sup>17</sup> TQM INTERNATIONAL LTD. Problem Solving – Tools and Techniques. TQM International Ltd. ISBN 1 89956624 4. 2001

- **Hoja de Control:** Son una forma organizada de recolectar datos por medio de una hoja de registro o matriz. Con esta técnica, se listan los ítems que deben ser monitoreados. Se usan también para recolectar datos que facilitan la identificación de las tendencias antes y después de resolver un problema.
- **Histograma:** Es un gráfico estadístico que muestra la distribución de frecuencia con que se repite un cierto dato en un rango de valores. Su principal uso es para evaluar la variación en un proceso o en una población.
- **Diagrama de Pareto:** Llamado así en honor a Vilfredo Pareto, un economista italiano del siglo XIX. El principio de Pareto, el cual sustenta el análisis de que un número pequeño de causas de un problema (pocos vitales) tienen un gran efecto en el comportamiento, mientras que un gran número de causas (muchos triviales) tiene un efecto muy pequeño. Es conocido también como la regla 80/20, en la cual el 80% de los problemas son ocasionados por el 20% de las causas. El propósito principal del análisis de Pareto es permitir la identificación y separación de las cuestiones más importantes de otras más insignificantes. De esta manera, la atención puede enfocarse en encontrar las causas de los problemas más importantes. Puede usarse además para realizar comparaciones, por ejemplo, entre dos procesos, o el antes y después de una mejora.
- **Diagrama Causa Efecto:** es una posible forma de identificar las posibles causas de un problema. Este diagrama, también conocido como diagramas de Ishikawa o Espina de Pescado muestra la relación entre el problema (efecto) y las causas potenciales que lo producen (causas). Estos permiten la búsqueda de la causa raíz de un problema por medio de la organización, de forma sistemática, de los conocimientos que se tengan de los factores que pueden contribuir al problema.

- **Estratificación:** Es un proceso estructurado en el que se ubican las opciones según orden de preferencia (característica de calidad), dándole una ponderación a cada opción. Esto se usa como apoyo a la hora de escoger la mejor opción, evitando en lo posible la subjetividad y hasta para maximizar el uso efectivo de los recursos disponibles.
- **Diagrama de Dispersión:** También conocido como Gráficos Scatter, es un método gráfico que permite determinar la relación entre dos o más variables, por ejemplo verificar que hay alguna relación de tipo causa – efecto. Se dibuja la causa o variable independiente en el eje horizontal y el efecto o variable dependiente en el eje vertical. Este tipo de diagramas utiliza el término correlación, un valor numérico que mide la relación entre dos variables.
- **Gráficos de Control:** Se utilizan para estudiar la variación de un proceso y determinar a qué se debe dicha variación. Un gráfico de control es una gráfica lineal en la que se han determinado estadísticamente un límite superior (límite de control superior) y un límite inferior (límite inferior de control) a ambos lados de la media o línea central.

La línea central refleja el producto del proceso. Los límites de control proveen señales estadísticas para que la administración actúe, indicando la separación entre la variación común y la variación especial. Estos gráficos son muy útiles para estudiar las propiedades de los productos, los factores variables del proceso, los costos, los errores y otros datos administrativos.

**Mejorar:** En esta fase se hace uso de ciertas herramientas que permiten el desarrollo de las áreas analizadas en la fase anterior.

### 3.4 TEORÍA DE COLAS

Según GARCIA<sup>18</sup>, Un sistema de colas se puede describir como: “clientes” que llegan buscando un servicio, esperan si este no es inmediato, y abandonan el sistema una vez han sido atendidos. En algunos casos se puede admitir que los clientes abandonan el sistema si se cansan de esperar.

El término “cliente” se usa con un sentido general y no implica que sea un ser humano, puede significar piezas esperando su turno para ser procesadas o una lista de trabajo esperando para imprimir en una impresora en red.

Aunque cualquier sistema se puede representar como un Sistema de Cola Típico, debe quedar claro que una representación detallada exige definir un número elevado de parámetros y funciones.

La teoría de colas fue originalmente un trabajo práctico. La primera aplicación de la que se tiene noticia es del matemático danés Erlang sobre conversaciones telefónicas en 1909, para el cálculo de tamaño de centralitas. Después se convirtió en un concepto teórico que consiguió un gran desarrollo, y desde hace unos años se vuelve a hablar de un concepto aplicado aunque exige un importante trabajo de análisis para convertir las fórmulas en realidades, o viceversa.

#### **Características de los Sistemas de Colas**

Son seis las características básicas que se deben utilizar para describir adecuadamente un sistema de colas:

- Patrón de llegada de los clientes

---

<sup>18</sup> GARCIA Sabater, Jose P. Metodos Cuantitativos de Organización Industrial. Resumen traducido de parte del libro “*Fundamentals of Queueing Theory*”.

- Patrón de servicio de los servidores
- Disciplina de cola
- Capacidad del sistema
- Número de canales de servicio
- Número de etapas de servicio
- Población de posibles clientes

**Patrón de llegada de los clientes:** En situaciones de cola habituales, la llegada es estocástica, es decir la llegada depende de una cierta variable aleatoria, en este caso es necesario conocer la distribución probabilística entre dos llegadas de cliente sucesivas. Además habría que tener en cuenta si los clientes llegan independientes o simultáneamente. En este segundo caso (es decir, si llegan lotes) habría que definir la distribución probabilística de éstos.

También es posible que los clientes sean “impacientes”. Es decir, que lleguen a la cola y si es demasiado larga se vayan, o que tras esperar mucho rato en la cola decidan abandonar. Por último es posible que el patrón de llegada varíe con el tiempo. Si se mantiene constante se le llama estacionario, si por ejemplo, varía con las horas del día es no-estacionario.

**Patrones de servicio de los servidores:** Los servidores pueden tener un tiempo de servicio variable, en cuyo caso hay que asociarle, para definirlo, una función de probabilidad. También pueden atender en lotes o de modo individual.

El tiempo de servicio también puede variar con el número de clientes en la cola, trabajando más rápido o más lento, y en este caso se llama patrones de servicio dependientes. Al igual que el patrón de llegadas, el patrón de servicio puede ser no-estacionario, variando con el tiempo transcurrido.

**Disciplina de cola:** La disciplina de cola es la manera en que los clientes se ordenan en el momento de ser servidos. Cuando se piensa en colas se admite que la disciplina de cola normal es FIFO (atender primero a quien llegó primero) Sin embargo en muchas colas es habitual el uso de la disciplina LIFO (atender primero al último). También es posible encontrar reglas de secuencia con prioridades, como por ejemplo secuenciar primero las tareas con menor duración o según tipos de clientes.

En cualquier caso, dos son las situaciones generales en las que trabajar. En la primera, llamada en inglés “preemptive”, cuando un cliente llega a la cola con una orden de prioridad superior al cliente que está siendo atendido, éste se retira dando paso al más importante. Dos nuevos sub-casos aparecen: el cliente retirado ha de volver a empezar, o el cliente retorna donde se había quedado. La segunda situación es la denominada “no-pre-emptive” donde el cliente con mayor prioridad espera a que acabe el que está siendo atendido.

**Capacidad del sistema:** En algunos sistemas existe una limitación respecto al número de clientes que pueden esperar en la cola. A estos casos se les denomina situaciones de cola finitas. Esta limitación puede ser considerada como una simplificación en la modelización de la impaciencia de los clientes.

**Número de canales del servicio:** Es evidente que es preferible utilizar sistemas multiservicios con una única línea de espera para todos que con una cola por servidor. Por tanto, cuando se habla de canales de servicio paralelos, se habla generalmente de una cola que alimenta a varios servidores mientras que el caso

de colas independientes se asemeja a múltiples sistemas con sólo un servidor. Se asume que en cualquiera de los dos casos, los mecanismos de servicio operan de manera independiente.

**Etapas de servicio:** Un sistema de colas puede ser unietapa o multietapa. En los sistemas multietapa el cliente puede pasar por un número de etapas mayor que uno. En algunos sistemas multietapa se puede admitir la vuelta atrás o “reciclado”, esto es habitual en sistemas productivos como controles de calidad y reprocesos.

### **3.5 MEDICIÓN DEL RENDIMIENTO DE UN SISTEMA DE COLAS**

La tarea de un analista de colas puede ser de dos tipos: a) establecer mecanismos para medir la efectividad del sistema o b) diseñar un sistema “óptimo” (de acuerdo a algún criterio).

Diseñar eficientemente consiste, en definir un sistema cuyo costo (diseño y operación) se justifique por el servicio que da. Dicho servicio se puede evaluar mediante el costo de oportunidad. De este modo al diseñar se pretende minimizar unos supuestos costos totales.

En cualquier caso, para poder tomar decisiones hacen falta datos que la teoría de colas puede dar en alguno de los siguientes tres aspectos:

1. Tiempo de espera (en el total del sistema o en la cola).
2. Cantidad de clientes esperando (en el sistema o en las colas).
3. Tiempo ocioso de los servidores (total o particular de cada servicio)

### 3.6 MODELOS DE FUENTES FINITA: EL MODELO DE REPARACIÓN DE MÁQUINA

Existen ciertos modelos de colas en los que la población estudio proviene de una población pequeña. Un modelo común que cumple con este tipo de condiciones es conocido como el “*Modelo de reparación de máquinas*” o “*Interferencia de máquinas*”. Este problema, consta de  $K$  máquinas que pueden descomponerse en cualquier momento; y  $R$  técnicos, quienes atienden a las máquinas descompuestas como si llegaran conforme a un sistema  $M/M/R/DG/\infty/\infty$ . Así, si hay  $j \leq R$  máquinas en mal estado, entonces las máquinas serán enviadas inmediatamente a ser reparadas; si  $j \geq R$  máquinas descompuestas,  $j - R$  máquinas estarán esperando en cola a que un técnico esté desocupado.

El modelo es semejante al de nacimiento (máquina se descompone) y muerte (máquina es reparada), por lo tanto tiene una frecuencia de descomposición ( $\lambda$ ) y una rapidez de de reparación ( $\mu$ ).

La distribución de probabilidades de estado estable, es la que se muestra a continuación:

$$\pi_j = \frac{\prod_{j=0}^{K-1} \rho^j \pi_0}{R! R^{j-R}} \quad (j = 0, 1, \dots, R)$$

Para calcular los indicadores de eficiencia de la cola se tiene que:

- $L_s$ : Número esperado de máquinas descompuestas

$$L_s = \sum_{j=1}^K j \pi_j$$

- $L_q$ : Número esperado de máquinas en espera del servicio

$$L_q = \sum_{j=R}^K (j - R) \pi_j$$

- $W_s$ : Tiempo promedio que una máquina está descompuesta

$$W_s = \frac{L_s}{\lambda}$$

- $W_q$ : Tiempo promedio que una máquina espera servicio

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda}$$

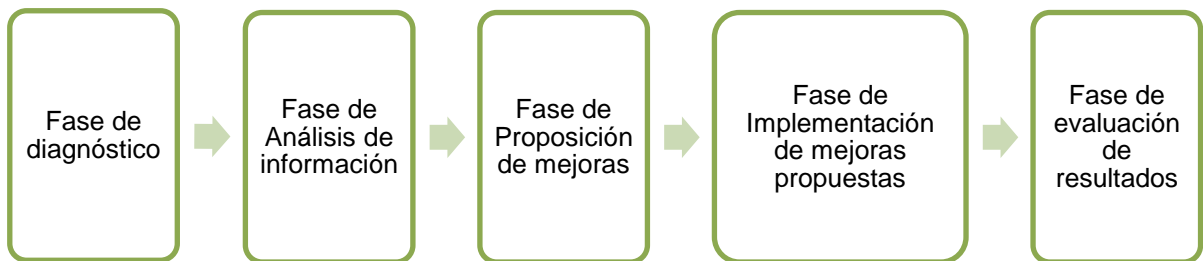
Donde,  $\lambda$  es el número promedio de llegadas por unidad de tiempo, teniendo en cuenta que la frecuencia de llegada depende del estado.

$$\lambda = \sum_{j=0}^K \lambda_j \pi_j = \sum_{j=0}^K \lambda(K - j) \pi_j$$

## 4. DESARROLLO METODOLÓGICO

Para llevar a cabo los objetivos planteados se llevaron a cabo 5 fases, descritas en este capítulo:

Figura 3. Fases del proyecto



Fuente: Autora del proyecto.

### 4.1 FASE DE DIAGNÓSTICO

El desarrollo de esta fase inicia con la familiarización con los conceptos fundamentales para entender cada uno de los procesos que se ejecutan, esto, con los encargados de cada una de las áreas: Ingeniería, Producción, *Workover* y OPEX (*Operational Excellence*), quienes son los directamente responsables de la administración de los pozos incluidos en la diferida de producción del campo. Para comprender el funcionamiento se utilizaron las siguientes técnicas:

- **Entrevista:** Se realizan entrevistas con los responsables de cada uno de los procesos que intervienen en el macro-proceso, esto es, con el líder de producción, ingenieros de Opex, coordinador de ruta y líder de ingeniería; con esto se obtiene información que permite definir el objetivo, los insumos necesarios para su funcionamiento, el detalle de las actividades que se llevan a

cabo, los responsables, los entregables y el cliente de cada uno de los procesos evaluados.

- **Participación en las reuniones realizadas:** Se asiste a las reuniones de cada área de trabajo, en cada una de las cuales se definen en primer lugar, los pozos que se encuentran parados por producción, tanto los que ingresan al reporte de producción diferida diaria, la cual hace referencia a aquellos pozos que pararon su producción por menos de 24 horas, así como también, los que hacen parte del reporte de producción diferida de control, en el cual se incluyen aquellos pozos que llevan más de 24 horas sin entrar en producción. En segundo lugar, se asiste a la reunión de ruta de Workover, en la cual se toma el nombre de los pozos que requieren ser intervenidos, y estos se incluyen en la ruta de intervenciones de acuerdo a la prioridad exigida y a los trabajos previamente planeados.
- **Recolección de información estadística y técnica:** Para obtener los datos, el equipo OPEX, encargado de realizar proyectos de optimización, suministra datos históricos de los taladros de Workover utilizados. De igual forma, se obtiene información de los sistemas WESEMS y OPENWELLS los cuales contienen la información detallada de lo que ocurre en cada pozo del campo casabe.

Una vez, entendida cada una de las actividades, y roles de cada área, se procede a la caracterización del proceso de forma general, y detallada. De esta manera, se lleva a cabo el diagnóstico presentado en el capítulo 5, en el cual se profundiza la situación de cada proceso necesario para cumplir con el proceso general de selección y asignación de pozos con fallas.

## **4.2 FASE DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN**

En esta etapa se utilizan diversas técnicas de análisis de procesos, tanto cualitativos (Diagrama de Ishikawa), como cuantitativos (Análisis de capacidad, diagramas de frecuencias, Diagrama de Pareto, entre otros), visibles en el capítulo 5, ya que soportan el diagnóstico de la situación actual presentado.

## **4.3 FASE DE PROPOSICIÓN DE MEJORAS**

Esta fase es el resultado de las etapas previamente mencionadas, donde con base en el análisis de la situación actual, se presentan ciertas propuestas que son sometidas a la evaluación de los expertos, a fin de definir su factibilidad no sólo económica sino también técnica. Esta fase es visible en el capítulo 6.

Para definir cuáles eran las posibles propuestas, se hizo una lluvia de ideas en consenso con cada líder de área, las cuales se aceptaron o eliminaron con base en los pros y contras de las mismas.

## **4.4 FASE DE IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS**

En esta etapa, se desarrollan e implementan las mejoras seleccionadas. Esto es, se definen las variables de selección y evaluación de pozos, así como la disponibilidad de equipos, con lo cual se plantea un modelo de evaluación y selección de pozos.

## **4.5 FASE DE EVALUACIÓN DE RESULTADOS**

Para medir la efectividad de las mejoras se implementó un sistema de indicadores, que permitiera revisar el porcentaje de disminución de recursos y pozos en cola en espera de ser intervenidos.

## **5. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE INGRESO DE POZOS EN DIFERIDA**

En el presente capítulo se documentan los procesos que intervienen cuando el pozo falla y requiere mantenimiento; esto con el fin de comprender el estado actual de los mismos, sus relaciones de dependencia y visualizar más fácilmente los puntos susceptibles de mejora. Como base para la realización del diagnóstico se utilizan herramientas cualitativas y cuantitativas de análisis de procesos que aseguran objetividad en el desarrollo del mismo.

Para lo descrito anteriormente, se inicia con la etapa número uno del mejoramiento, conocida como etapa de conocimiento:

### **5.1 PROCESO DE REPORTE DE POZO CON FALLA**

Es el proceso en el cual se llevan a cabo todas las actividades necesarias para la detección de falla de cualquier pozo productor, sin importar el tipo de bombeo utilizado, bien sea Mecánico (Ver figura 4), PCP, o ESP. Las actividades comprendidas inician cuando el recorridor realiza una inspección visual “in situ” de los pozos puestos en producción, una vez detecta que el pozo ha dejado de funcionar, realiza las maniobras básicas de arranque del pozo, si el pozo funciona correctamente se continua con la revisión de los siguientes pozos en lista, de lo contrario se registra la hora en que se detectó la falla del pozo, se proponen posibles causas y se reporta a Control de producción.

Figura 4. Pozos de campo Casabe con producción mediante bombeo mecánico



Fuente: Universidad Industrial de Santander. "Manual de operaciones y mantenimiento del analizador de pozos". Autores: Iván Lopesierra, Julián Silvestre Álvarez

## **5.2 PROCESO DE DEFINICIÓN DE TIPO DE FALLA**

Este proceso inicia con el reporte de los pozos que fallaron, a partir del cual comienza la recopilación de la información que permite definir el comportamiento del pozo desde el punto de vista técnico; esto es, los resultados del Echometer (indican profundidad del fluido), Carta dinamométrica (Grafica el ciclo de bombeo del pozo), Prueba de presión (Evalúa la hermeticidad de la tubería).

A continuación se describen de forma detallada cada uno de los datos anteriormente mencionados:

### **5.2.1 Echometer (Nivel de Fluido)**

Tomando los resultados del Analizador de Pozos, un instrumento computarizado de la compañía Echometer, se determina información que permite estimar los parámetros físicos del pozo y del yacimiento, tomando como base el nivel de fluido, transientes de Presión, medidas dinamométricas, presión de fondo de

pozos productores. En la figura 5 se observan todas las partes de la herramienta en mención:

Figura 5. Componentes del analizador de pozos



Fuente: Echometer Company.

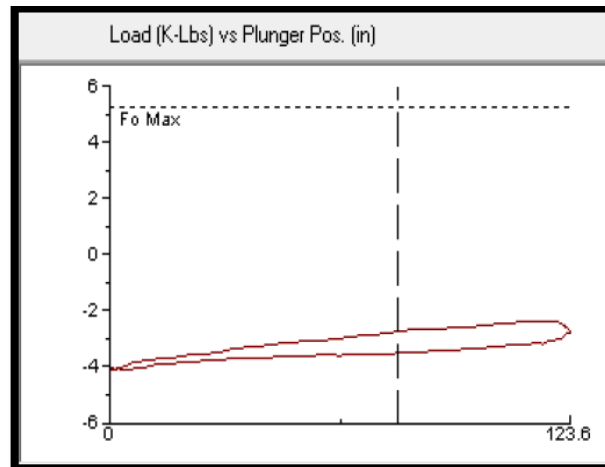
### 5.2.2 Carta Dinamométrica

Los métodos para analizar el desempeño del sistema de levantamiento artificial por medio de bombeo mecánico se basan en el desarrollo del dinamómetro en donde la carga en la varilla lisa se registra gráficamente en función de su posición para generar una gráfica que puede representar el trabajo hecho en superficie por la unidad de bombeo mecánico para cada carrera de la bomba.

La carta dinamométrica es un gráfico de las tensiones que soporta el vástago pulido a través de su carrera y las cuales son causadas por la variación de cargas de la bomba durante el ciclo de bombeo, a las cuales se les suman las cargas producidas por el peso del fluido, fricción, aceleración, etc. Con el análisis de la carta dinamométrica, se puede determinar el estado del pozo al momento de la prueba, los principales casos son: Bomba con buen llenado, fricción por arenamiento, golpe de fluido, interferencia por gas en la bomba, bomba con

válvulas bloqueadas por gas, Varilla partida. En la figura 6 se muestra la carta dinamométrica para una bomba con varilla partida.

Figura 6. Bomba con varilla partida



Fuente: Software TWM

### 5.2.3 Prueba de Presión

Cuando un pozo deja de poner fluido en superficie se debe proceder a descartar que la pérdida de fluido no se encuentre localizada a lo largo de la tubería de producción. Con el asentamiento de una herramienta de fondo se procede a incrementar presión en el tubing durante intervalos de tiempo, si la presión es mantenida a lo largo de los intervalos de tiempo se descarta una falla en la integridad de la tubería y lo más probable es que la pérdida de producción se deba a un problema con la bomba de fondo.

Una vez se evalúan los datos se define el tipo de falla que para el campo se clasifican en 4 tipos distintos:

- Arenamiento

- Tubería rota o desconectada
- Daño en bomba
- Varilla partida o desconectada

### **5.3 PROCESO DE ENRUTAMIENTO EN PLAN DE TRABAJO DE WORKOVER**

En este proceso, una vez el área de Ingeniería define los pozos que fallaron, el tipo de falla y el potencial, Workover enruta dichos pozos en el documento conocido como “Ruta de Workover”, el cual incluye todos los trabajos a realizar mes a mes durante el año con los equipos disponibles (CAPEX y OPEX) en el campo.

Para incluir junto con los representantes de los equipos: Ingeniería, Producción, Obras Civiles, Gestión Social, Slickline, Workover, el coordinador de ruta toma como base 2 fuentes: La disponibilidad de equipos, y la Ruta actual, definidos a continuación:

#### **5.3.1 Esfuerzo de Equipos**

Documento que contiene la cantidad de trabajos a realizar según el Plan de Trabajo, así como la cantidad de días promedio por tipo de trabajo. En él, con cálculos básicos se muestra la cantidad promedio de equipos disponibles y necesarios para cumplir con la ejecución de actividad planeada según PDT.

#### **5.3.2 Workflow Equipos de Workover (Ruta de Workover)**

En este documento se plasma un esquema del orden de ejecución de los trabajos que se deben realizar mes a mes por taladro. En él cada uno de los pozos

incluidos tienen una disciplina de colas de prioridades, esto es, en estado normal mantiene una disciplina LIFO (primeros en fallar, primeros en ser intervenidos), sin embargo, cuando falla un pozo de alto potencial (mayor a 70 barriles) este es incluido como primero en ser intervenido.

A continuación, en las figuras 7 y 8, respectivamente, se observan los documentos del Esfuerzo de Equipos para los pozos pertenecientes de Mantenimiento, así como la ruta que siguen los equipos según los pozos a intervenir.

Figura 7. Esfuerzo de equipos pozos de básica 2012

	ACTIVIDADES	Actividades 2012	EQUIPO							TOTALES			
			WO Basica	mov	DIAS			P5	P50	P95	P5	P50	P95
					P5	P50	P95						
BASICA	Pesca sarta selectivas	9	9	0.5	6	15	29	54		134.8581	261		
	Conversiones de BM a PCP	5	5	0.5	1	3	6	5		12.6948	30		
	Conversiones de PCP a PCP	15	15	0.5	1	4	11	15		59.2195	165		
	Conversiones de PCP a BM	5	5	0.5	2	4	11	10		19.73983	55		
	Limpiezas de Arena PCP	174	52	0.5	3	7	13	131.3385		352.6918	679.98673		
	Limpiezas de Arena BM TH	18	5	0.5	2	6	12	13.284		30.29585	65.61		
	Limpiezas de Arena BM RH	58	17	0.5	2	6	12	42.804		97.61997	211.41		
	Limpiezas de Arena Inyectores	20											
	Trabajo inyectores de la basica	15	15	0.5	3	6	9	45		85.63896	135		
	Re abandonos	25	25	0.5	4	12	27	100		298.059	675		
	Profundidad de VF	5											
	Cambio de barra lisa	12											
	Tuberia desconectada	12	12	0.5	3	6	18	36		71.95151	215.4		
	Tuberia rota PCP	92	64	0.5	2	6	18	128.8		386.1398	1155.98		
	Tuberia rota BM	30											
	Varilla desconectada o partida	20											
	Instalar APA	30											
	Acondicionar para Gyro	47											
	Pescas de valvulas reguladoras	28											
	Bomba o Piston pegado que no se limpia	25											
	Cambio de Bomba PCP	6											
	Cambio de Bomba de Varilla / Piston	54											
	Cambio de Bomba de Tuberia	12											
	Cambio de sarta de Varilla	2											
	Cambio de tuberia nueva	2											
	Lavar valvula fija	18											
	Medicion de fondo	15											
	Flushing correctivo	109											
	Flushing preventivo	59											
	Pbas tub, cambio motor, respaciamientos	42											
DIFERIDA	Esperando Varillero												
	Cambio de bomba ( Pegada )	16											
	Posible Arenado	4	4	0.5	1.4	7	16.0	5.845944		29.10347	69.15535		
	Tuberia Rota	14											
	Flushing por bomba	2											
	Esperando workover												
	Limpieza de arena	4	4	0.5	2.5	6	12.2	9.735454		22.20294	48.083643		
	Posible limpieza de arena	9	9	0.5	2	7	16	18.71869		62.90273	149.46877		
	Limpieza de arena CT	2											
	Bomba / tuberia Pegada	1	1	0.5	1	2	6	1		2.155979	6		
TOTALES	1254	265											
ESFUERZO EQUIPOS ----->													
									Optimista	Med	Pesimista		
									3.3	5	6.9		
Dias del año		365											

Fuente: Documentos Equipo OPEX Alianza Casabe.

Figura 8. Ruta de equipos de workover

WORK FLOW EQUIPOS DE WORKOVER																																
RIG	Marzo de 2012																															
	Jueves	Viernes	Sabado	Domingo	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado	Domingo	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado	Domingo	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado	Domingo	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
B	CBE-987 Cam	CBE-415 Cambio de Bomb	CBE-28 Cambio de Bomba						CBE-629 Cambio de Bomba					CBE-750 Cambio Tuberia	CBE-704 Pescas			CBE-413 Cambio de Varilla						CBE-1038 Tuberia Rota	CBE-686 Tuberia Rota	CBE-62 Var						
F-200	CBE-596 Pescas	CBE-367 Cambio de Bomba de Tuberia	E-982 Cambio de Bomb	E-178 Cambio de Bomb	E-1216 Pescas Valvula				CBE-1034 Medicion de Fondo	CBE-444	CBE-178 Bo	CBE-1010 Abandono	CBE-900 Otros					CBE-10790 Tuberia Rota	CBE-1203 Pesca	CBE-1289 Pescas												
IDECO H-26		CBE-418 Varilleo T/R							CBE-777 Limpieza de Arenas	CBE-444 Varilleo T/R	CBE-292			CBE-444 Limpieza de Arenas											CBE-750		CBE-178 Varilleo					
FRANK-1		CBE-164R Varilleo T/R												CBE-756 Limpieza de arenas																CBE-1071 V		
FRANK-2		CBE-793 Limpieza de arenas							CBE-686 Limpieza de arenas						PB-7 Varilleo T/R															CBE-418 Pescas		
FRANK-3	CBE-1153D V	CBE-1110D Varilleo T/R						CBE-1096 Varilleo T/R				CBE-718 Varilleo T/R			CBE-1071 Reactivaciones	CBE-80R Limpieza de Arenas			CBE-1169 Limpieza de Arena							CBE-1162 Limpieza de Arenas			CBE-164R L			
FRANK-5	CBE-1215 Lin	CBE-338 Varilleo T/R						CBE-1172D Varilleo T/R	CBE-1065R Varilleo T/R			CBE-1104D Varilleo T/R			CBE-281				CBE-363 Limpieza de Arenas							CBE-1172D Limpieza de Arena			E-718R Limpieza de Are			
TUB FLEX (SLB)	CBE-1010 Ab	CBE-1019 Abandono												E-1071 Limpieza de Aren				E-1034 Limpieza de are	CBE-913 Abandono		CBE-914 Abandono	CBE-915 Ab	CBE-915 Abandono			E-1172D Limpieza de Aren						
RIGLESS		CBE-1198												CBE-516																		
FB-16	CBE-5-17, PB	CBE-1173, CBE-392	CBE-101, CBE	CBE-141, C	CBE-141, CBE-11-242, CBE-11	CBE-223	E-223, CBE-11	CBE-1104D	-1072, CBE	-CBE-1072, CBE-718, CBE-1	CBE-718	PC-11, CBE-1CBE-233, C	CBE-276	CBE-1120D, 1162, CBE-11	CBE-718R, C	CBE-80R, C	CBE-343	CBE-343, C	CBE-164R, C	CBE-1026, C	CBE-282, C	CBE-1407, C	CBE-261, C	CBE-332, CBE-11	CBE-1071	CBE-1066						
COROD-550	CBE-338, CBI	CBE-338	CBE-1172		CBE-338	CBE-338, C	CBE-1065R	CBE-5-1	CBE-5-1	CBE-1071, C	CBE-30R, C	CBE-1065R	CBE-400R	CBE-400R	CBE-1069, C	CBE-1145R	CBE-1145D, CBE-1071, C	CBE-1169, C	CBE-1162, C	CBE-1407, C	CBE-1078, C	CBE-1078D, C	CBE-1103D, CBE-1169	CBE-1172		CBE-1198	CBE-718R, CBE	CBE-718R, C	CBE-1162			
RIG	Febrero de 2012																															
	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado	Domingo	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado	Domingo	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado	Domingo	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado	Domingo	Lunes	Martes	Miercoles			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	F1	21	22	23	24	25	26	27	28	29			
B	CBE-28 Cam	CBE-1057 Ca	CBE-1217 Pesca	Valv Re	CBE-574 Abandono	CBE-686 Ca	CBE-268 Bomba o Piston Peg	CBE-469 Otros	CBE-996 Ca	CBE-1094 Cambio PCP	CBE-28 Cam	CBE-178 Cambio de Bomb			CBE-1038 Tuberia rota			CBE-1010 Acondicionar para Gyro							CBE-987 Cambio de Bomba							
F-200			CBE-1083D Bomba o piston pegado				CBE-504 Abandono				CBE-546 Pescas valv																		CBE-596 Pescas			
IDECO H-26					CBE-1207 Otros						CBE-1142D Varilleo T/R			CBE-66R Varilleo															CBE-418 Varilleo T/R			
FRANK-1		CBE-996 Limpieza de Arena		CBE-1057D Varilleo T/R				CBE-1072 Varilleo T/R					CBE-1171 Varilleo T/R						CBE-724R Limpieza de arena						CBE-1152D Tuberia desc			CBE-164R Varilleo T/R				
FRANK-2	CBE-1057D	CBE-1146D Varilleo						CBE-1061 Limpieza de arenas						CBE-1137D Varilleo T/R					CBE-1040D Varilleo						CBE-268 Limpieza de Arenas			CBE-793 Limpieza de arenas				
FRANK-3		CBE-5-16 CRC Prod												CBE-1139D Limpieza de arenas					CBE-1052D Varilleo T/R						CBE-363 Varilleo			CBE-1070 Limpieza de Arenas	CBE-1153D Varilleo T/R			
FRANK-5		CBE-1116D T/R						CBE-1144D Varilleo T/R					CBE-1158D Limpieza de arenas	CBE-1065R Varilleo T/R	CBE-1067 Varilleo T/R	CBE-1099D Varilleo T/R			CBE-1129D Limpieza de Arenas					CBE-408R Varilleo T/R			CBE-1215 Limpieza de Arenas					
TUB FLEX (SLB)																													E-1152D Limpieza de Ar	CBE-573 Ab	CBE-504 Abandono	CBE-1010 Abandono
RIGLESS								CBE-5-22 sañoneo																								
FB-16	CBE-1144D, E-1171, CBE-1E-1011, CBE	CBE-1061	CBE-1156D	1156D, CBE-1, CBE-1137D	150D, CBE-5, CBE-996, C	CBE-1092D	CBE-1116D	CBE-1066, C	1094, CBE-1116D, CBE-1067, C	CBE-724R	CBE-1139D	CBE-1139D		CBE-1054	CBE-1152	CBE-5-17, C	CBE-1422, C	CBE-1422, C	CBE-1105D, CBE-260, C	CBE-260, C	CBE-1086, C	CBE-1070, C	CBE-1084, CBE-5-17									
COROD-550	CBE-1104D	CBE-5-3	CBE-1116D	CBE-5-16, C	CBE-1116D, 1144D, CBE-1, CBE-1067, 1171, CBE-1	CBE-1065R, CBE-1158D	CBE-1142D, C	CBE-1052D, CBE-1099D, CBE-1067, C	CBE-1094, CBE-1117D	CBE-11052, CBE-1052D, CBE-1049D	CBE-724R, C	CBE-1135, C	CBE-1129D, CBE-1049D, CBE-408R, C	CBE-408R	CBE-1152D, CBE-5-17, C	CBE-1153D, CBE-5-17, CBE-1110D																

Fuente: Archivos Workover Alianza Casabe

### 5.3.3 Equipos Disponibles

Actualmente el Campo Casabe cuenta con tres (3) taladros de Varilleros, cuatro (4) taladros de Workover para la ejecución de las intervenciones planeadas y un (1) equipo de Coiled Tubing para realizar limpieza de arenas, ver Tabla 2.

Tabla 2. Equipos disponibles para la intervención de pozos del gasto.

Tipo de Equipo	Cantidad	Nombre de Equipo
Varilleros	3	Equipo B
		Frank-200
		IDECO H-25
Workover	4	Frank-1
		Frank-2
		Frank-3
		Frank-5
Coiled Tubing	1	Tub Flex

Fuente: Autor del Proyecto

Los equipos Frank 3, Frank 5 y Coiled Tubing no tienen asignación completa a la intervención de pozos con fallas, sino que tienen su tiempo compartido entre pozos del Gasto y los pozos de Inversión (Trabajos de Workover en pozos nuevos).

### 5.4 PUESTA EN PRODUCCIÓN DEL POZO

Una vez el pozo es intervenido, se verifica que el trabajo se haya realizado correctamente por parte del Company Man. Cuando esto ocurre, el Representante de Producción recibe el pozo funcionando. En ese momento se emite el informe de salida del pozo del Reporte de Diferida de Control e ingreso a pozos en funcionamiento.

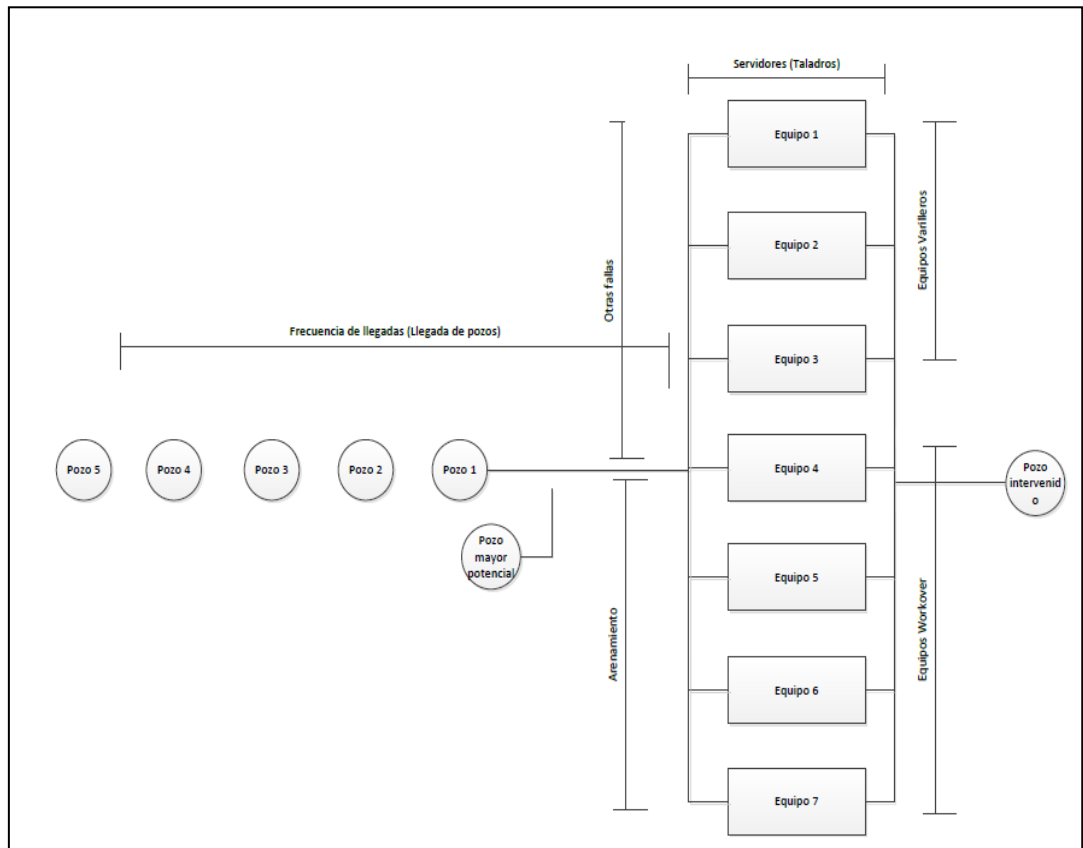
## **5.5 ANÁLISIS DE DATOS**

Tomando como base datos estadísticos, entrevistas y observación de procesos se obtiene:

### **5.5.1 Larga duración de pozos de bajo potencial con falla en espera de equipo**

De acuerdo a la información tomada de las bases de WESEEMS, OPENWELLS y Reporte diario de producción, se encuentran pozos desde el año 2010 parados, en cola, esperando equipo para ser intervenidos. Lo anterior se explica por el hecho de que implícitamente se utiliza una metodología con priorización en el potencial del pozo. Por lo tanto, los pozos que se encuentran en cola tienen una potencial de producción bajo, y estos, son relegados por el ingreso de pozos con mayor potencial con necesidad de ser intervenidos. La figura 9 muestra el esquema general de colas aplicado.

Figura 9. Modelo de colas seguido actualmente



Fuente: Elaboración propia.

## 5.6 METODOLOGÍA EMPLEADA

Para el análisis de tiempo de espera se utilizaron los indicadores de Teoría de Colas aplicados a la depuración de información obtenida:

1. En primer lugar, se calculó el tiempo total disponible de los Taladros de Workover, teniendo en cuenta que por contrato, tanto Varilleros como Equipos de Workover, están disponibles los trescientos sesenta y cinco (365) días del año, los resultados se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Tiempo Total por Equipo

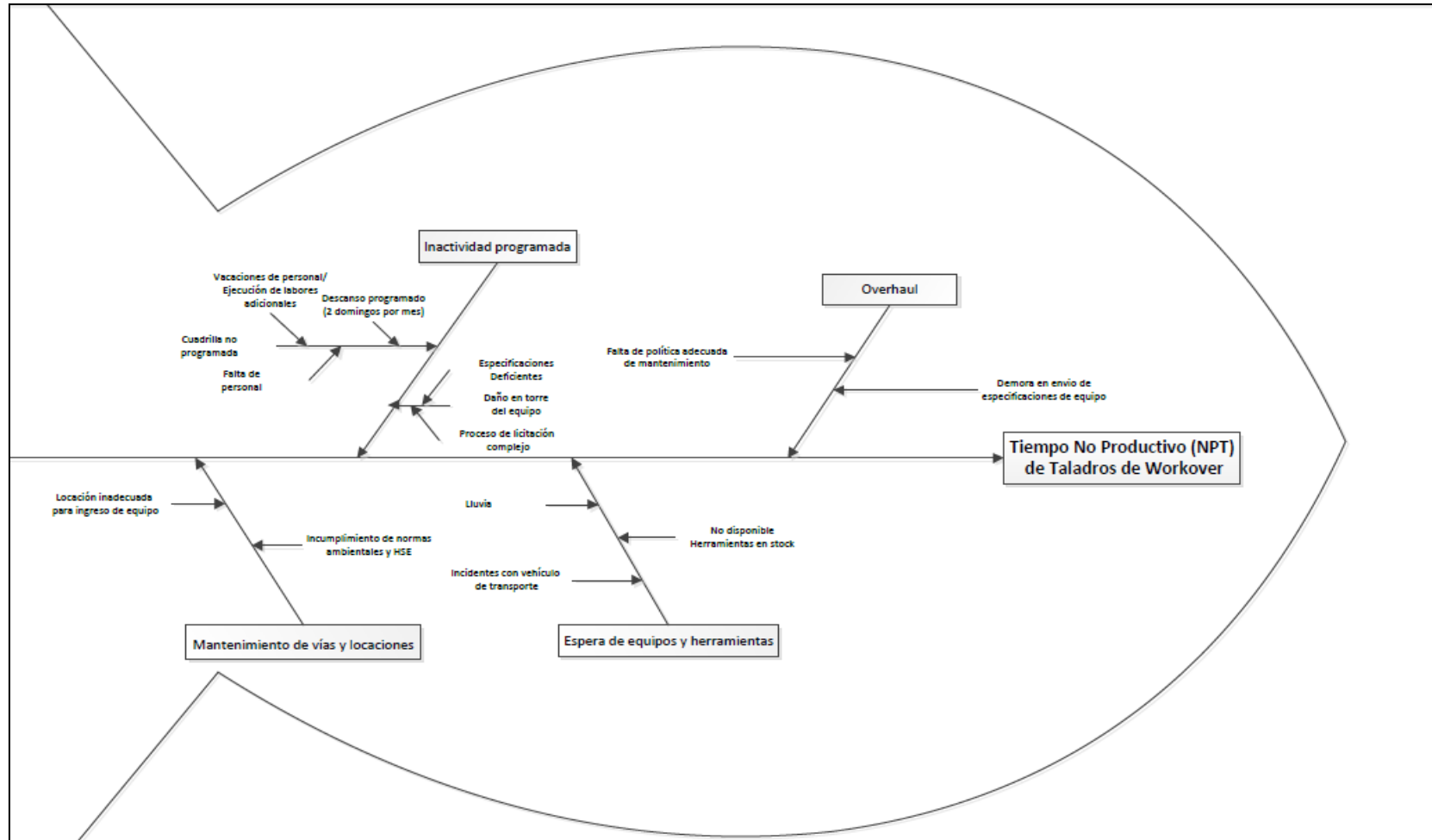
Taladros	Total Tiempo (Días)	Total Tiempo (Hr)	Cantidad equipos	Tiempo Total
Varilleros	365	8,760	3	26,280
Workover	365	8,760	4	35,040

Fuente: Autor del proyecto.

Sin embargo, se hizo un análisis de la disponibilidad real, dado que todo equipo tiene “Tiempos No Productivos”, debido a diferentes causas. En la figura 10, mediante un diagrama de causa – efecto, se muestra un resultado de la evaluación de las posibles causas:

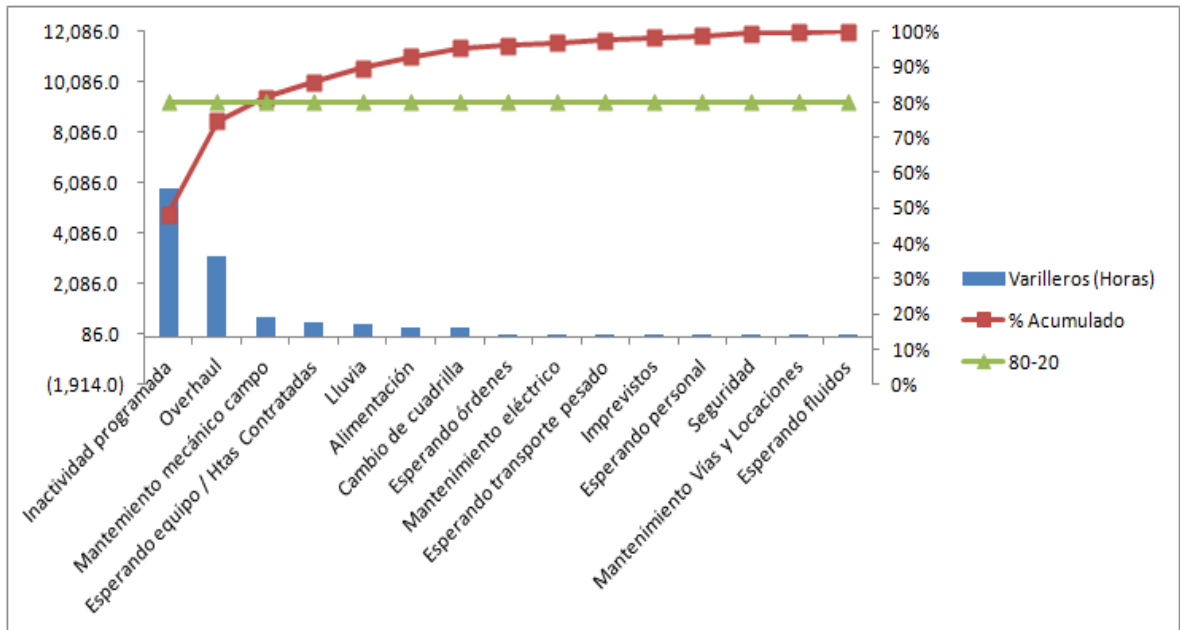
2. Una vez se definieron las principales causas, se procedió a realizar la depuración cuantitativa, utilizada para realizar un Diagrama Pareto, que permitiera visualizar los mínimos vitales que limitan la disponibilidad de los equipos, cuyos resultados pueden observarse en las figuras 11 y 12 respectivamente.

Figura 10. Diagrama Causa Efecto por Tiempo No Productivo en Taladros



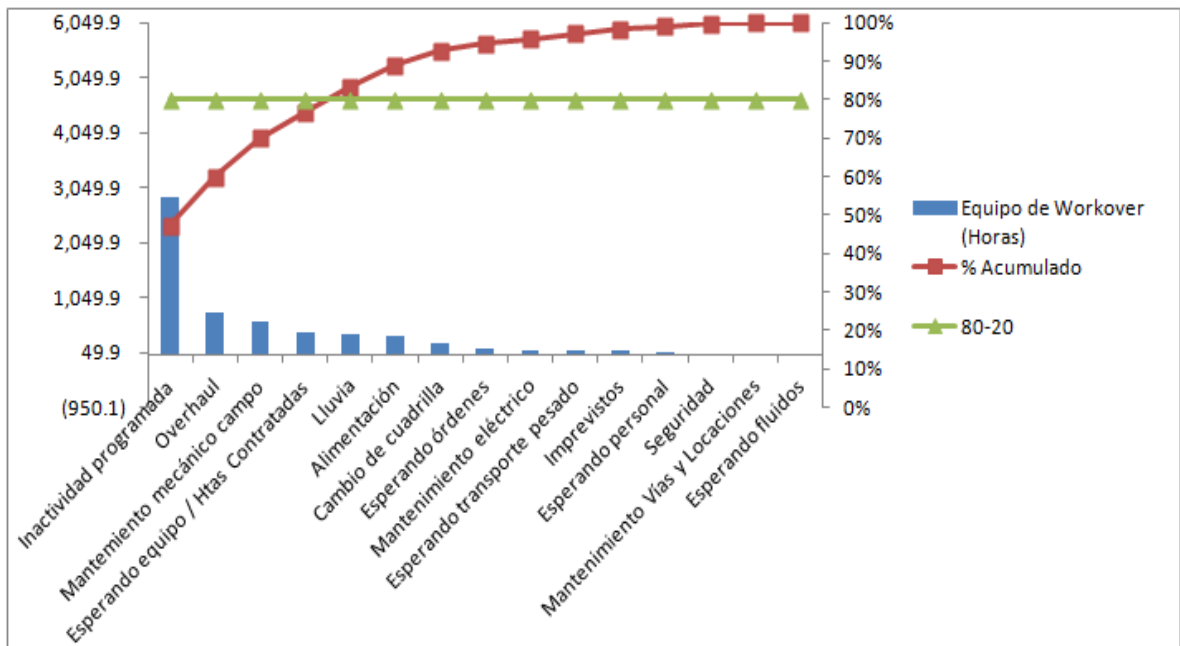
Fuente: Autor de Proyecto

Figura 11. Diagrama Pareto Varilleros



Fuente: Autor de Proyecto

Figura 12. Diagrama Pareto Equipo de Workover



Fuente: Autor de Proyecto

Los resultados obtenidos indican que existe Tiempo no Productivo principalmente por Inactividad programada, la cual hace referencia a paradas de equipo por cuadrillas no programadas.

Con lo anterior, se obtiene en la Tabla 4 que la disponibilidad por equipo es de 197.14 días por Equipo Varilleros, y 301.51 días por Equipo de Workover.

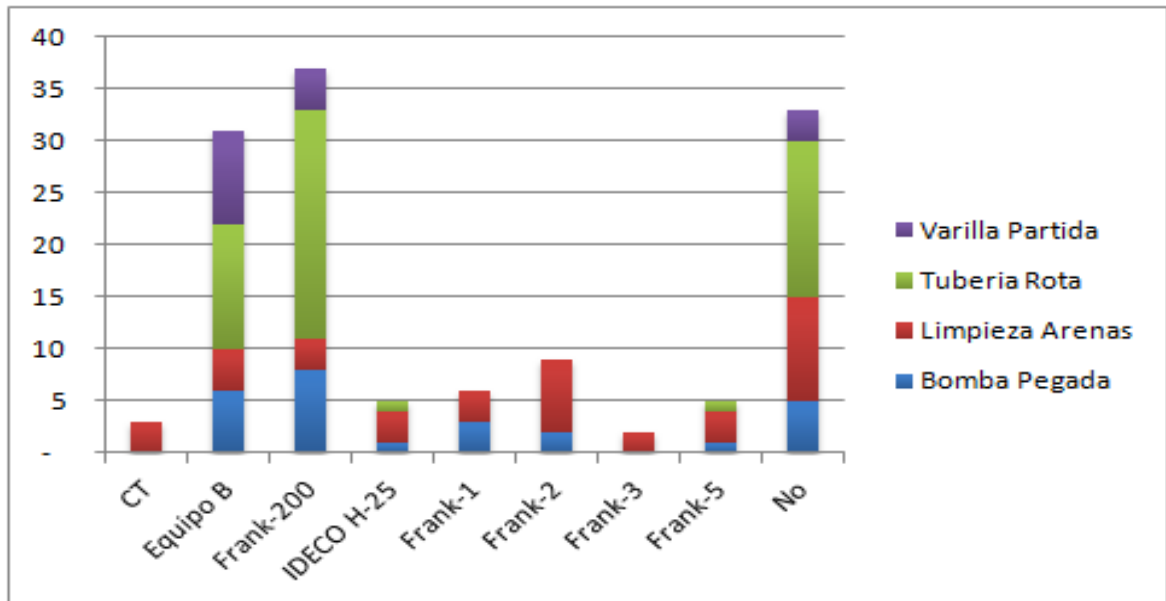
Tabla 4. Disponibilidad Real de Equipos de Workover

Taladros	Total Tiempo (Días)	Total Tiempo (Hr)	Cantidad equipos	Tiempo Total	Total tiempo NPT (Hr)	Total Disponible real	Total Disponible real (Días)	Total Dias por Equipo (Días)
Varilleros	365	8,760	3	26,280	12,086	14,194	591.42	197.14
Workover	365	8,760	4	35,040	6,095	28,945	1,206.05	301.51

Fuente: Autor de Proyecto

- Se tabularon los datos correspondientes a los pozos que fallaron durante el 2011 (Ver Figura 13), obteniendo que las fallas más frecuentes en los pozos son Tubería Rota, con un porcentaje del 39% y Limpieza de Arenas con 29%, y las intervenciones se realizan principalmente con los Equipos Varilleros con un 56% de utilización de los mismos.

Figura 13. Atención de fallas por Equipo



Fuente Autor Proyecto.

- Se realizó un análisis de verificación de aleatoriedad de falla de pozos de acuerdo a cada tipo de falla, por medio del software estadístico SPSS, y tomando como hipótesis el hecho de tener una población finita.

La fórmula utilizada para el cálculo de la muestra es la siguiente:

$$n = \frac{(Z^2 * P * Q * N)}{(N - 1 * E^2 + Z^2 * P * Q)}$$

Dónde:

- $n$ : corresponde a la muestra poblacional.
- $Z$ : es el valor del estadístico de prueba con un alfa del 95%.
- $P$ : indica la probabilidad de ocurrencia del evento.
- $Q$ : indica la probabilidad de No ocurrencia del evento.

- $E$ : hace referencia al error máximo permitido
- $N$ : es el valor de la población estudio.

La Tabla 5, muestra los resultados de la fórmula anteriormente mencionada para cada una de las fallas analizadas, incluyendo la tasa media entre llegadas ( $1/\lambda$ ) y la tasa media entre servicios ( $1/\mu$ ).

Tabla 5. Datos para hipótesis de aleatoriedad de población por Fallas

Tipo de Falla	Cantidad de datos
Cambio de Bomba	20
Limpieza de arena	26
Tubería Rota	33
Varilla Partida	13

Fuente: Autor de Proyecto

Así mismo, se muestran los resultados obtenidos de las pruebas Kolmogorv-Smirnov y Chi Cuadrado de las fallas en las Figuras 14 y 15, respectivamente, que verifican la hipótesis de comportamiento de Tiempo entre llegadas y tiempo entre servicios con distribución exponencial.

Figura 14. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra de equipo de Workover

		Tiempo_Llegadas
N		21
Parámetro exponencial. <sup>a,b</sup>	Media	13,6708
	Absoluta	,124
Diferencias más extremas	Positiva	,124
	Negativa	-,068
Z de Kolmogorov-Smirnov		,554
Sig. asintót. (bilateral)		,919

a. La distribución de contraste es exponencial.

b. Se han calculado a partir de los datos.

Fuente: Elaboración Propia

Figura 15. Prueba Chi-Cuadrado para una muestra de equipo de Workover

**Tiempo\_Servicio para una muestra de Workover**

	N observado	N esperado	Residual
1,00	2	2,1	-,1
2,00	3	2,1	,9
3,00	1	2,1	-1,1
4,00	3	2,1	,9
5,00	5	2,1	2,9
6,00	1	2,1	-1,1
7,00	1	2,1	-1,1
9,00	2	2,1	-,1
10,00	1	2,1	-1,1
13,00	2	2,1	-,1
Total	21		

**Estadísticos de contraste**

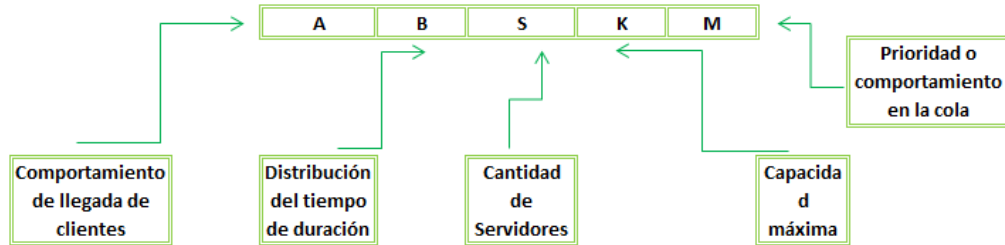
	Tiempo_Servicio
Chi-cuadrado	7,095 <sup>a</sup>
gl	9
Sig. asintót.	,627

a. 10 casillas (100,0%) tienen frecuencias esperadas menores que 5. La frecuencia de casilla esperada mínima es 2,1.

Fuente: Elaboración Propia

Para mostrar los resultados de desempeño, se utilizan los indicadores de desempeño de colas, las cuales a nivel general se representan, como se ve en la figura 16.

Figura 16. Modelo de comportamiento de colas



Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de los indicadores iniciales se observan en la Tabla 6. Se evidencia que un pozo con Bombeo Mecánico que necesita ser intervenido por un equipo de Workover está el 60% del tiempo sin operar en un año, ya que por tener un potencial de producción tan bajo, la fecha de ingreso de equipo varía con base en las necesidades del campo. Mientras que los pozos que deben ser intervenidos con Varilleros tan sólo pasan el 4.7% de su tiempo al año fuera de funcionamiento.

Tabla 6. Resultados iniciales de desempeño de cola de pozos

Indicadores	Equipo	
	Workover	Varillero
Número esperado de pozos con fallas (Ls)	16.00	3.41
Número esperado de pozos esperando servicio (Lq)	15.60	2.84
Tiempo promedio que un pozo esta descompuesto (Ws) - Días	218.80	17.13
Tiempo promedio que un pozo espera servicio (Wq) - Días	213.33	14.25
Promedio tiempo de llegadas	0.07	0.20

Fuente: Elaboración Propia

De igual forma, con la información obtenida en la tabla mostrada previamente, se concluye que el proceso de asignación de equipos a los pozos utilizado actualmente no es el adecuado, teniendo en cuenta los largos tiempos de inoperatividad de los pozos.

Finalmente, en la Tabla 7, se muestra la cola de espera de los pozos que se encuentran actualmente esperando la entrada del equipo, de igual forma se detalla el tipo de falla y el potencial de producción de cada uno de los pozos listados.

Tabla 7. Pozos en cola esperando Equipo de Workover

Pozo	Potencial (Bls)	Tipo de Falla
31	10	Arenamiento
152	19	Arenamiento
304	70	Arenamiento
321	15	Arenamiento
336	16	Arenamiento
392	20	Arenamiento
577	5	Arenamiento
686	42	Arenamiento
987	16	Arenamiento
1037	14	Arenamiento
1046	13	Arenamiento
1096	21	Arenamiento
261	4	Bomba
268	68	Bomba
298	14	Bomba
1079	32	Bomba
1108	33	Bomba
1	3	Tubería Rota
101	16	Tubería Rota
1028	14	Tubería Rota
PB-1R	32	Tubería Rota
PB-7	18	Tubería Rota
510	23	Varilla Partida

Fuente: Elaboración Propia

En total se tienen 518 barriles en diferida correspondientes a pozos con bombeo mecánico, que tomando un WTI de 56.87 USD/BI, con base en los acuerdos de la Alianza Casabe, da como resultado 29.459 USD diarios de dinero contemplado como pérdida.

Teniendo en cuenta la información recopilada durante la fase de diagnóstico del proyecto, se muestra a continuación los principales hallazgos del estudio:

- Se evidencia que el proceso de asignación de equipos a pozos no es el adecuado, teniendo en cuenta el alto porcentaje de inactividad de pozos de bajo potencial que cuenta con bombeo mecánico como sistema de levantamiento artificial (68 % de los pozos que se encuentran en la diferida de producción)
- Se hace necesario reevaluar los tiempos de dedicación de los equipos de Workover y varillero con los que actualmente cuenta el campo para atacar la diferida de producción
- Es importante redefinir el listado de pozos que están siendo actualmente contabilizados en la diferida de producción; lo anterior teniendo en cuenta que existen pozos incluidos y a los cuales no se les ha realizado un estudio de viabilidad económica que confirme que sí pueden ser contemplados o no como pérdidas actuales del proyecto
- El personal contratado cuenta con el conocimiento técnico necesario para la realización de las actividades de mantenimiento
- Las responsabilidades se encuentran bien distribuidas, aun cuando no están documentadas.

## 6. PLAN DE MEJORAS

Teniendo en cuenta los hallazgos descritos en el capítulo anterior se propone el contenido del Anexo B, *Propuestas de Mejora al proceso de asignación de equipos de Workover en pozos productores con fallas*. De la ejecución de las propuestas de mejora se obtiene:

### **6.1 PROPUESTA 1: REALIZAR UNA EVALUACIÓN ECONÓMICA A CADA UNO DE LOS POZOS QUE INGRESAN A LA COLA DE DIFERIDA POR ESPERA DE EQUIPO.**

Se definió un formato de evaluación económica, en el cual se incluye la revisión técnica necesaria para la clasificación de los pozos según las fallas, el potencial del pozo a evaluar, la fecha de evaluación, fecha de parada de pozo, días promedio de trabajo según falla, tarifas de equipos, y materiales necesarios. Este formato se muestra en el Anexo C.

Utilizando la información mencionada, por medio de cálculos matemáticos, se calcula el costo por año de las intervenciones a realizar, en un horizonte de 9 años, dado que el contrato de cooperación entre los socios Ecopetrol y Schlumberger será hasta el año 2020. El *Valor Presente Neto* de la suma de los años es comparado con el *Valor Presente Neto* de la Ganancia por pozo cuando este se encuentra en producción. El resultado puede ser un monto positivo, el cual indica que el pozo puede ser intervenido, o negativo, que descarta la intervención del pozo.

Adicionalmente, existen pozos que en principio arrojan un resultado positivo, pero el horizonte de tiempo muestra que los costos se tornan negativos en cierto período. Por tal motivo, se muestra la tabla del año en que esto ocurre y el monto

en dólares. De esta forma, el ingeniero expone los resultados y toma medidas al respecto para las próximas intervenciones.

Después de realizar la evaluación económica a cada uno de los pozos se obtiene, en la Tabla 8, la lista de pozos en espera de intervención con viabilidad económica:

Tabla 8. Lista de pozos en cola en espera de intervención

Pozo	Potencial (Bls)	Tipo de Falla
31	10	Arenamiento
152	19	Arenamiento
304	70	Arenamiento
321	15	Arenamiento
336	16	Arenamiento
392	20	Arenamiento
686	42	Arenamiento
987	16	Arenamiento
1046	13	Arenamiento
1096	21	Arenamiento
261	4	Bomba
268	68	Bomba
298	14	Bomba
1079	32	Bomba
1108	33	Bomba
101	16	Tubería Rota
1028	14	Tubería Rota
510	23	Varilla Partida

Fuente: Elaboración Propia

Los indicadores de medición de cola obtenidos con la exclusión de los pozos que no son económicamente rentables, se muestra a continuación:

Tabla 9. Resultado de Desempeño de Colas después de implementación de Propuesta de mejora 1.

Indicadores	Equipo	
	Workover	Varillero
Número esperado de pozos con fallas (Ls)	13.50	1.63
Número esperado de pozos esperando servicio (Lq)	12.50	0.87
Tiempo promedio que un pozo esta descompuesto (Ws) - Días	0.18	0.26
Tiempo promedio que un pozo espera servicio (Wq) - Días	73.85	6.31
Promedio tiempo de llegadas	68.38	3.35

Fuente: Elaboración Propia

Obteniendo una reducción de 1 pozo (CSBE-0577, con potencial 5 BOPD) para la cola de Equipos de Workover, y 2 pozos (CSBE-0001, con potencial 3 BOPD y CSBE-1037, con potencial 14 BOPD) para la cola de Equipos Varillero. En dinero el ahorro por día es de USD 1,251.14, tomando como base un WTI de USD 56.87.

## 6.2 PROPUESTA 2: EVALUAR MÉTODOS ALTERNATIVOS DE PRODUCCIÓN PARA POZOS DE BAJO POTENCIAL

Los pozos de bajo potencial necesitan métodos de extracción de crudo relativamente económicos entre inversión inicial y costos de mantenimiento. Junto al Bombeo Mecánico, existe un método sencillo llamado *Recoil*, un sistema

extractivo diseñado para pozos productores con caudal tan bajo que cualquier otro sistema resulta antieconómico o ineficiente.

Para implementar esta propuesta se solicitó a la Empresa Lift Oil SA, una presentación de la tecnología ofrecida, la cual puede observarse en el Anexo D. Así mismo, se realizó una evaluación económica que garantizara que la implementación para los pozos de bajo potencial era viable, resultando favorable (Ver resultados en el Anexo E). Finalmente se realizó una evaluación técnica por parte de los expertos, en la que se encontró que por problemas de la formación, los pozos del campo casabe no eran aptos para aplicar el método *Recoil* como sistema de extracción, razón por la cual esta propuesta no pudo ser implementada.

### **6.3 PROPUESTA 3: ASIGNAR 1 EQUIPO DE WORKOVER Y 1 DE VARILLERO EXCLUSIVAMENTE PARA ELIMINAR LA COLA DE LOS POZOS REPORTADA ACTUALMENTE**

Esta propuesta surge como solicitud de la Superintendente de Operaciones del Río (SOR) de eliminar completamente la cola de diferida existente. Para tal fin, se hizo una evaluación económica del total de pozos (incluyendo aquellos pozos con Bomba PCP) que se encontraban en espera de intervención, junto con la producción asociada comparándola con el costo de movilización y operación de 1 equipo de Workover y 1 Equipo de Varillero adicional por el tiempo necesario para intervenir todos los pozos de la cola. Esta propuesta fue implementada quedando a cierre del mes de Septiembre de 2012 una cola de cero pozos, que incrementó nuevamente, una vez los equipos retomaron sus actividades del CAPEX (Capital Expenditure). Los resultados de esta decisión pueden observarse en el Anexo F.

#### **6.4 PROPUESTA 4: DOCUMENTAR LOS SUB-PROCESOS QUE VAN DESDE QUE EL POZO FALLA HASTA QUE ES INTERVENIDO Y ES PUESTO NUEVAMENTE EN OPERACIÓN**

Para la implementación de la propuesta 4, se tomó la información obtenida para realizar el diagnóstico inicial (Entrevistas y Observación Directa) incluyendo la propuesta de mejora 1 de evaluación económica de los pozos en el área de Ingeniería. Con esto como base, se describen cada una de las actividades por área, y se realizan los diagramas de procesos correspondientes a las mismas, cumpliendo con el formato de Procedimientos aprobado por la Alianza Casabe en el Plan de Ejecución del Proyecto Rev. 0. El formato y los procedimientos pueden ser revisados en los Anexos G y H, respectivamente.

#### **6.5 PROPUESTA 5: DEFINIR INDICADORES DE GESTIÓN PARA EL PROCESO DE ASIGNACIÓN DE EQUIPOS A POZOS CON FALLAS**

Con base en los conceptos de teoría de colas, y aplicando el problema especial de “Reparación de Máquinas”, un modelo de fuente finita con K pozos y R Equipo, que asume que cualquier pozo que fue reparado es susceptible de descomponerse nuevamente; se utilizan los conceptos de:

***Lq***: Número esperado de pozos en cola

***Ls***: Número esperado de pozos en el Sistema

***Wq***: Tiempo promedio que pasa un pozo en cola

***Ws***: Tiempo promedio que pasa un pozo en el Sistema

***Ct***: Costo total que deja de percibirse por la no intervención de los pozos en cola por mes.

Estos indicadores fueron presentados, aprobados y socializados en el Tablero de KPI's (Indicadores de Comportamiento) mensual. Para ello, se realizaron las fichas correspondientes a cada indicador (ver ANEXO I).

## 7. CONCLUSIONES

- Mediante la aplicación de estadística descriptiva fue posible encontrar que aun cuando el potencial de los pozos con sistema de extracción PCP aportan un potencial mayor a la producción, no representan el mayor porcentaje de pozos en diferida, siendo Bombeo Mecánico el mayor con un 68% del total de pérdidas de producción contabilizada.
- Incluir un equipo adicional es una solución reactiva, pues no ataca de raíz el problema que genera la cola de pozos esperando a ser intervenidos.
- Es importante que exista una integridad entre los diferentes sistemas de información utilizados en la Alianza Casabe, ya que, de esta forma se puede conocer el historial de los pozos del campo, y facilita los análisis necesarios para tomar decisiones frente a las acciones que se deben realizar en los distintos pozos.
- Toda acción tomada debe incluir una aceptación económica y técnica, pues una sola de ellas no garantiza decisiones acertadas, ya que en la mayoría de los casos, conllevan a sobrecostos operacionales.
- Para ejecutar las propuestas de mejora sugeridas no es necesario invertir recursos, sino que por el contrario pueden ser resueltos con los recursos que se tienen, requiriendo solo esfuerzo, compromiso y trabajo en equipo por parte de cada miembro del personal.
- Se evidenció que es necesario automatizar por medio de Sistemas de Información ciertas operaciones diarias que se realizan de forma manual, como la recolección de información, que permitan al personal gastar menos tiempo en actividades administrativas

- Se documentaron los procedimientos que permiten llevar a cabo cada uno de los procesos necesarios para sacar un pozo de la diferida de producción. Dichos procedimientos permitieron definir claramente las responsabilidades de las áreas involucradas
- Se diseñaron 5 propuestas de mejora con el propósito de reducir el número de pozos en cola, optimizar la asignación de los equipos de trabajo y redefinir los criterios para el cálculo de la diferida de producción
- De acuerdo a la factibilidad de implementar las mejoras en el campo, se llevaron a cabo 3 de las 5 propuestas, pues dos de ellas requerían aprobación gerencial, la cual se espera ser obtenida en el último cuarto del año en vigencia.
- Se elaboró un sistema de indicadores que permitió visualizar la reducción de dos pozos en promedio por mes de la cola de pozos en diferida
- Mantener los procesos controlados mediante indicadores de medición, permite obtener una visión de lo que está funcionando mal, y de esta forma, tomar acciones al respecto, tal como se vio en la ruta de Workover, al observar que no es posible que solo un porcentaje de un equipo es destinado para las intervenciones de los pozos con Bombeo Mecánico, subestimando su aporte a la diferida de producción.

## 8. RECOMENDACIONES

- Se sugiere a las áreas de Ingeniería y control de producción capacitar a sus ingenieros en el uso del Software Peep Merak, ya que gracias al presente proyecto, se encontró que este software fabricado por Schlumberger puede realizar evaluaciones económicas definiendo parámetros de comportamientos de pozos, y hasta el momento estaba siendo sub-utilizado.
- Es indispensable que el planeador de ruta de Workover realice una reestructuración en la misma, asignando los pozos de básica con Bombeo Mecánico, todos a un mismo equipo bien sea de varillero o de Workover, de esta forma se evita caer en el reproceso de planear en repetidas ocasiones una misma intervención a un pozos con falla.
- Se solicita al coordinador de construcción de pozos realizar un taller de integración de equipos, ya que cada área inmersa en el proceso actúa como isla separada y responde por su función, sin preocuparse por los demás eslabones de la cadena del proceso.
- Es importante que el líder de Nuevas Tecnologías junto con el equipo de Excelencia Operacional, teniendo en cuenta las necesidades del campo de incrementar producción, desarrolle y promueva trabajos de investigación y evaluación de nuevas tecnologías que puedan ser implementadas para reducir directamente la causa raíz del problema, ya que mientras no se logre anticipar la falla de pozos, solo se estarían tomando medidas correctivas, y no preventivas.
- Solicitar a Tecnogestión, proveedor del Sistema de Inversiones Alianza, desarrollar el módulo de control de costos OPEX en el mismo, de esta forma, se puede tener al alcance la información correspondiente a montos de trabajos

ejecutados, ya que el área dedicada al control de costos OPEX, tarda entre 8 y 10 días para la entrega de la información.

- El equipo de Control del Proyecto debe velar por mantener la consolidación y socialización de los KPI's aprobados, ya que esto ha permitido en las 2 reuniones realizadas junto con los KPI's existentes de "Participación de OPEX en CAPEX", tomar decisiones frente a como se debe mejorar la producción básica del campo (esta última corresponde a la producción aportada por los pozos viejos en operación).
- El equipo de Planeación como responsables del Plan de Ejecución del Proyecto debe propender por la actualización constante de los procedimientos, garantizando siempre la mejor forma de realizar las actividades, y, de esta manera, aportar mayor confiabilidad y eficiencia al proceso.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acerca de Ecopetrol. En: Quienes Somos. [En línea]. [Consultado 4 jun 2012]. En <http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=30&conID=37994>
- Acerca de Schlumberger. En Corporate Profile. [En línea]. [Consultado 4 jun 2012]. En <http://www.slb.com/about/who/backgrounder.aspx>
- CHARRY, Carolina del pilar; REINA, John F. Nuevas Prácticas para la Implementación de Sistemas de Levantamiento Artificial Mediante Aplicación de Árboles de Decisión. Bucaramanga, 2012. 54 h. Trabajo de Grado. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería de Petróleos. Disponible en el catálogo en línea de la biblioteca de la Universidad Industrial de Santander <<http://tangara.uis.edu.co/>>.
- CIED, PETRÓLEOS DE VENEZUELA S.A. Rehabilitación De Pozos. Venezuela: 1999. Tema1.
- Contrato Original Alianza Casabe. Clausula 19. Pág. 38 - 40.
- Ecopetrol. En: Balances Generales no consolidados al 31 de diciembre de 2011. [En línea]. [Consultado 4 jun 2012]. En <[http://www.ecopetrol.com.co/documentos/60400\\_BALANCE\\_GENERAL-DIC11-DIC10.pdf](http://www.ecopetrol.com.co/documentos/60400_BALANCE_GENERAL-DIC11-DIC10.pdf)>
- GARCIA Sabater, Jose P. Métodos Cuantitativos de Organización Industrial. Resumen traducido de parte del libro “Fundamentals of Queueing Theory”.
- La Comunidad Petrolera. Métodos de Levantamiento Artificial. [En línea]. [Consultado 2 feb 2013]. Disponible en <[http://industria-petrolera.lacomunidadpetrolera.com/2008/01/mtodos-de-levantamiento-artificial\\_12.html](http://industria-petrolera.lacomunidadpetrolera.com/2008/01/mtodos-de-levantamiento-artificial_12.html)>.
- Lean Training: Initiation and Presentation. [Base de datos en línea]. [Consultado 24 ago 2012]. Autor: Schlumberger. Disponible en <[www.hub.slb.com](http://www.hub.slb.com)>.

- LOPEZ Sierra, Iván; SILVESTRE Álvarez, Julián. Universidad Industrial de Santander. “Manual de operaciones y mantenimiento del analizador de pozos”.
- Oil Production. Terminación de Mantenimiento y Pozos. [En línea]. [Consultado 24 Ago 2012] En <[http://www.oilproduction.net/cms/files/libro\\_terminacion.pdf](http://www.oilproduction.net/cms/files/libro_terminacion.pdf)>
- Plan de Ejecución del Proyecto Alianza Casabe. Revisión 0. Oficial 2011.
- TQM INTERNATIONAL LTD. Problem Solving – Tools and Techniques. TQM International Ltd. ISBN 1 89956624 4. 2001

## **ANEXOS**

Anexo A. Pozos con equipos de workover y varilleros

Pozos con equipos de Workover											
Pozo	Potencial	Bombeo	Fecha de paro	Fecha Inicio Equipo	Fecha Fin Equipo	Días en Cola	Días de Servicio	Falla	Equipo	Tiempo entre fallas	Tiempo Servicio
304	60	BM	12/12/2010	16/01/2011	16/01/2011	35,0	1,0	LA	F-1	0,00	1
285	54	BM	20/12/2010	03/01/2011	04/01/2011	14,0	1,0	Bomba	F-1	8,00	1
218	11	BM	24/01/2011	08/07/2011	17/07/2011	165,0	9,0	LA	KE	35,00	9
199	80	BM	25/01/2011	28/01/2011	01/02/2011	3,0	4,0	LA	F-2	1,00	4
415	146	BM	28/01/2011	01/02/2011	06/02/2011	4,0	5,0	LA	F-2	3,06	5
374	39	BM	11/02/2011	15/02/2011	20/02/2011	4,0	5,0	LA	F-2	14,35	5
243	34	BM	19/02/2011	15/03/2011	19/03/2011	23,1	4,0	Bomba	F-1	8,50	4
374	39	BM	21/02/2011	21/02/2011	23/02/2011	1,0	2,0	Bomba	F-2	1,08	2
444	53	BM	02/03/2011	15/03/2011	20/03/2011	13,0	5,0	LA	F-2	9,77	5
444	53	BM	24/03/2011	08/07/2011	21/07/2011	106,0	13,0	LA	F-2	21,23	13
793	42	BM	30/03/2011	23/04/2011	26/04/2011	24,0	3,0	LA	F-3	6,00	3
982	79	BM	12/04/2011	12/04/2011	21/04/2011	1,0	9,0	Bomba	F-2	13,00	9
284	15	BM	13/04/2011	29/07/2011	03/08/2011	107,0	5,0	Bomba	F-5	1,00	5
199	80	BM	17/04/2011	04/06/2011	17/06/2011	48,0	13,0	LA	F-1	4,46	13
243	34	BM	07/05/2011	09/05/2011	19/05/2011	2,0	10,0	LA	F-4	19,96	10
316	35	BM	28/05/2011	31/05/2011	05/06/2011	3,0	5,0	LA	F-2	20,99	5

Pozos con equipos de Workover											
Pozo	Potencial	Bombeo	Fecha de paro	Fecha Inicio Equipo	Fecha Fin Equipo	Días en Cola	Días de Servicio	Falla	Equipo	Tiempo entre fallas	Tiempo Servicio
715	16	BM	01/06/2011	06/07/2011	12/07/2011	35,0	6,0	LA	F-1	3,59	6
469	58	BM	23/06/2011	16/07/2011	23/07/2011	23,0	7,0	LA	F-5	22,44	7
383	59	BM	22/07/2011	15/08/2011	17/08/2011	24,0	2,0	LA	F-2	28,77	2
645	80	BM	28/08/2011	13/09/2011	17/09/2011	15,6	4,0	Bomba	F-1	37,21	4
715	16	BM	11/09/2011	14/10/2011	16/10/2011	33,0	2,0	LA	F-5	14,00	2

Pozos con equipo de varillero											
Pozo	Potencial	Bombeo	Fecha de paro	Fecha Inicio Equipo	Fecha Fin Equipo	Días en Cola	Días de Servicio	Falla	Equipo	Tiempo entre fallas	Tiempo Servicio
1032	56	BM	20/12/2010	03/01/2011	05/01/2011	14,00	2,00	VP	F-200	0,00	2
317	32	BM	05/01/2011	07/01/2011	09/01/2011	1,52	2,00	Bomba	Eq B	16,48	2
577	24	BM	07/01/2011	08/01/2011	10/01/2011	1,00	2,00	TR	FB	1,52	2
750	32	BM	09/01/2011	11/01/2011	13/01/2011	1,77	2,00	TR	F-200	2,23	2
317	32	BM	10/01/2011	08/05/2011	12/05/2011	118,00	4,00	LA	IDECO	0,77	4
444	53	BM	16/01/2011	25/01/2011	28/01/2011	8,63	3,00	Bomba	F-200	6,38	3
199	80	BM	19/01/2011	22/01/2011	25/01/2011	2,04	3,00	Bomba	F-200	3,58	3
838	30	BM	22/01/2011	08/02/2011	10/02/2011	16,78	2,00	TR	F-200	2,26	2
510	46	BM	27/01/2011	04/02/2011	04/02/2011	7,58	1,00	Bomba	Eq B	5,20	1
374	39	BM	30/01/2011	31/01/2011	01/02/2011	0,57	1,00	Bomba	F-200	3,01	1
285	54	BM	01/02/2011	05/02/2011	06/02/2011	4,00	1,00	TR	F-200	1,57	1
617	42	BM	01/02/2011	08/02/2011	10/02/2011	6,44	2,00	Bomba	IDECO	0,56	2
469	58	BM	02/02/2011	06/02/2011	08/02/2011	3,50	2,00	Bomba	F-200	0,94	2
402	30	BM	21/02/2011	03/07/2011	04/07/2011	132,00	1,00	VP	FB	18,50	1
843	36	BM	27/02/2011	02/03/2011	06/03/2011	2,30	4,00	TR	F-200	6,70	4
251	18	BM	28/02/2011	06/03/2011	11/03/2011	5,56	5,00	TR	F-200	0,74	5
255	75	BM	03/03/2011	05/03/2011	06/03/2011	2,00	1,00	LA	Eq B	2,56	1
252	15	BM	04/03/2011	26/09/2011	04/10/2011	205,79	8,00	TR	Eq B	1,21	8

Pozos con equipo de varillero											
Pozo	Potencial	Bombeo	Fecha de paro	Fecha Inicio Equipo	Fecha Fin Equipo	Días en Cola	Días de Servicio	Falla	Equipo	Tiempo entre fallas	Tiempo Servicio
285	54	BM	08/03/2011	13/03/2011	14/03/2011	4,43	1,00	Bomba	F-200	4,36	1
374	39	BM	19/03/2011	03/04/2011	08/04/2011	15,00	5,00	LA	IDECO	10,43	5
1011	46	BM	19/03/2011	27/03/2011	28/03/2011	7,17	1,00	Bomba	Eq B	0,83	1
62	9	BM	24/03/2011	09/06/2011	09/06/2011	76,44	1,00	VP	FB	4,73	1
243	34	BM	30/03/2011	10/04/2011	11/04/2011	11,00	1,00	LA	F-200	5,90	1
1108D	33	BM	03/04/2011	11/04/2011	13/04/2011	7,46	2,00	Bomba	F-200	4,08	2
190R	47	BM	09/04/2011	11/04/2011	13/04/2011	2,00	2,00	VP	Eq B	5,46	2
1039	35	BM	11/04/2011	14/04/2011	16/04/2011	3,00	2,00	LA	F-200	2,33	2
418	48	BM	15/04/2011	20/04/2011	21/04/2011	4,44	1,00	Bomba	F-200	4,22	1
750	32	BM	21/04/2011	19/05/2011	23/05/2011	27,38	4,00	TR	F-200	6,07	4
478	29	BM	22/04/2011	02/06/2011	06/06/2011	41,00	4,00	LA	F-200	0,89	4
243	34	BM	29/04/2011	04/05/2011	06/05/2011	5,00	2,00	TR	Eq B	6,49	2
276	50	BM	29/04/2011	30/04/2011	02/05/2011	1,00	2,00	VP	F-200	0,00	2
791	124	BM	03/05/2011	04/05/2011	06/05/2011	0,71	2,00	VP	F-200	4,29	2
935	23	BM	04/05/2011	09/05/2011	17/05/2011	4,67	8,00	Bomba	F-200	1,04	8
276	50	BM	07/05/2011	09/05/2011	12/05/2011	2,00	3,00	VP	Eq B	2,67	3
778	23	BM	12/05/2011	19/05/2011	20/05/2011	6,92	1,00	VP	FB	5,08	1
654	26	BM	13/05/2011	18/05/2011	22/05/2011	4,55	4,00	TR	IDECO	1,37	4

Pozos con equipo de varillero											
Pozo	Potencial	Bombeo	Fecha de paro	Fecha Inicio Equipo	Fecha Fin Equipo	Días en Cola	Días de Servicio	Falla	Equipo	Tiempo entre fallas	Tiempo Servicio
27	7	BM	15/05/2011	11/10/2011	16/10/2011	149,00	5,00	TR	Essentia I	1,55	5
1015	23	BM	22/05/2011	10/07/2011	12/07/2011	48,60	2,00	TR	Eq B	7,40	2
292	23	BM	23/05/2011	04/07/2011	06/07/2011	42,00	2,00	LA	Eq B	0,60	2
750	32	BM	24/05/2011	26/05/2011	30/05/2011	2,00	4,00	TR	F-200	1,00	4
843	36	BM	26/05/2011	31/05/2011	09/06/2011	4,61	9,00	TR	Eq B	2,39	9
285	54	BM	28/05/2011	10/06/2011	20/06/2011	12,58	10,00	TR	F-200	2,03	10
838	30	BM	29/05/2011	07/06/2011	08/06/2011	8,44	1,00	TR	F-200	1,14	1
383	59	BM	04/06/2011	14/06/2011	18/06/2011	9,40	4,00	TR	Eq B	6,04	4
1079D	34	BM	11/06/2011	13/06/2011	14/06/2011	1,77	1,00	TR	Eq B	6,64	1
316	35	BM	24/06/2011	05/09/2011	11/09/2011	73,00	6,00	LA	Eq B	13,50	6
223	32	BM	25/06/2011	17/07/2011	18/07/2011	21,63	1,00	TR	FB	0,64	1
793	42	BM	26/06/2011	07/07/2011	09/07/2011	10,54	2,00	TR	Eq B	1,08	2
935	23	BM	30/06/2011	20/08/2011	20/08/2011	50,57	1,00	Bomba	FB	3,97	1
255	75	BM	03/07/2011	20/07/2011	25/07/2011	16,56	5,00	TR	F-200	3,01	5
998	30	BM	11/07/2011	19/08/2011	27/08/2011	38,55	8,00	TR	F-200	8,01	8
1039	35	BM	20/07/2011	03/08/2011	08/08/2011	14,00	5,00	TR	F-200	8,55	5
1079D	34	BM	23/07/2011	27/07/2011	28/07/2011	3,44	1,00	Bomba	FB	3,56	1

Pozos con equipo de varillero											
Pozo	Potencial	Bombeo	Fecha de paro	Fecha Inicio Equipo	Fecha Fin Equipo	Días en Cola	Días de Servicio	Falla	Equipo	Tiempo entre fallas	Tiempo Servicio
838	30	BM	24/07/2011	09/08/2011	15/08/2011	15,36	6,00	TR	F-200	1,08	6
985	71	BM	03/08/2011	17/08/2011	19/08/2011	14,00	2,00	TR	F-200	9,36	2
793	42	BM	03/08/2011	14/08/2011	16/08/2011	10,54	2,00	TR	Eq B	0,46	2
332	34	BM	09/08/2011	27/09/2011	02/10/2011	48,58	5,00	TR	F-200	5,96	5
418	48	BM	10/08/2011	27/09/2011	28/09/2011	48,00	1,00	LA	IDECO	1,16	1
1006	84	BM	11/08/2011	15/08/2011	17/08/2011	3,39	2,00	TR	F-200	1,03	2
1039	35	BM	21/08/2011	22/08/2011	22/08/2011	0,88	1,00	TR	Eq B	9,52	1
28	45	BM	22/08/2011	24/08/2011	24/08/2011	2,00	1,00	VP	Eq B	0,88	1
1011	46	BM	22/08/2011	24/08/2011	26/08/2011	1,63	2,00	VP	Eq B	0,38	2
255	75	BM	24/08/2011	27/08/2011	31/08/2011	2,58	4,00	VP	F-200	2,05	4
996	34	BM	27/08/2011	30/08/2011	30/08/2011	2,62	1,00	Bomba	FB	2,96	1
1111D	42	BM	03/09/2011	05/09/2011	11/09/2011	1,42	6,00	TR	F-200	7,20	6
28	45	BM	07/09/2011	15/10/2011	16/10/2011	37,63	1,00	TR	F-200	3,79	1
276	50	BM	08/09/2011	11/09/2011	13/09/2011	2,67	2,00	TR	F-200	0,96	2
981	39	BM	09/09/2011	16/09/2011	20/09/2011	7,00	4,00	LA	Eq B	1,07	4
268	50	BM	11/09/2011	13/09/2011	23/09/2011	1,36	10,00	TR	F-200	2,23	10
1011	46	BM	12/09/2011	13/09/2011	16/09/2011	0,54	3,00	TR	Eq B	0,82	3
386	22	BM	28/09/2011	14/10/2011	15/10/2011	15,88	1,00	VP	Eq B	15,67	1

Pozos con equipo de varillero											
Pozo	Potencial	Bombeo	Fecha de paro	Fecha Inicio Equipo	Fecha Fin Equipo	Días en Cola	Días de Servicio	Falla	Equipo	Tiempo entre fallas	Tiempo Servicio
405	45	BM	29/09/2011	02/10/2011	03/10/2011	2,71	1,00	TR	F-200	1,17	1
1011	46	BM	03/10/2011	04/10/2011	07/10/2011	0,53	3,00	TR	F-200	4,18	3
433	26	BM	08/10/2011	09/10/2011	11/10/2011	0,58	2,00	VP	Eq B	4,94	2

## Anexo B. Propuestas de Mejora al proceso de asignación de equipos de Workover en pozos productores con fallas

Número Propuesta	Propósito	Recursos Necesarios	Beneficios esperados	Formas de medición	Responsables	% Cumplimiento
1	Realizar una evaluación económica a cada uno de los pozos que ingresan a la cola de diferida por espera de equipo	- Plantilla de Evaluación - Ingeniero 0-5 años de experiencia	Obtener una lista depurada que garantice en primera instancia evitar incurrir en sobrecostos de operación	- Tiempo promedio de pozo en cola - Tiempo promedio de pozo en el sistema - Cantidad de pozos en el sistema - Cantidad de pozos en cola	Líder Ingeniería	- 100 % (Para el estudio realizado) - 30% (Implementación permanente)
2	Evaluar métodos alternativos de producción para pozos de bajo potencial	- Ingeniero de Nuevas Tecnologías - Personal de compras y contratación - Ingeniero del área de "Ingeniería"	Implementar nuevos métodos de recuperación de crudo, distintos al Bombeo Mecánico, que garanticen menores costos de operación	- Producción total pozos bajo potencial	Líder Nuevas Tecnologías	- 100 % (Para el estudio realizado) - 0 % (Implementación permanente)
3	Asignar 1 equipo de Workover y 1 de Varillero exclusivamente para eliminar la cola de los pozos actualmente	- Equipo de Workover - Equipo varillero - 2 Cuadrillas diurnas y 2 nocturnas - 2 Company man - 2 Asistentes de pozo	Eliminar completamente la cola por diferida de producción	- Costo renta de equipos Vs Ganancia obtenida	Líder de Workover Líder de Control de Producción	0 % (En Octubre de 2013 se iniciará la presentación del plan para su ejecución en 2014)
4	Documentar los sub-procesos que van desde que el pozo falla hasta que es intervenido y es puesto nuevamente en operación	- Estudiante en práctica - Viáticos de visitas a campo	Contar con información formal, clara y al alcance del público, que muestre el desarrollo de cada actividad necesaria para poner en producción un pozo parado.	- Realización de actualizaciones continuas al proceso, con su respectivo número de Revisiones	Redactar: Estudiante en Práctica Socializar: Líder del área	100 % (ejecutado, a la espera de inclusión en el Plan de Ejecución del Proyecto Versión 1 oficial )
5	Definir indicadores de gestión para el proceso de asignación de equipos a pozos con fallas	- Estudiante en práctica - Sistema de control	Realizar evaluaciones de los resultados obtenidos al aplicar diferentes estrategias de reducción de tiempos y/o costos en la diferida de producción	- Revisión mensual de información suministrada	- Ingeniero de Control - Ingeniero Planeación	100 % (ejecutado)

Anexo C. Análisis de Viabilidad de Intervención de Pozos con Sistema de Levantamiento Bombeo Mecánico

INFORMACIÓN COMÚN	
TRM	1800
Tasa de descuento	11,10%
Horizonte Económico (Año)	8
Ganancia por Barril (WTI) (USD/BI)	70
WTI con descuentos (Contrato Alianza)	56,87
Factor incremento (Imprevistos)	105,5%

Fuente: Elaboración Propia

**POZO: CSBE-0031**

<b>POZO</b>	CSBE-0031
Producción (Bls)	10,00
<b>FALLA 1</b>	Limpieza de Arenas Circulación
Fecha Inicial Año	01/01/2012
Fecha de Evaluación	13/11/2012
Fecha Parada de Pozo	23/04/2009
MTBF (Días)	165,33
Días operación (Prom)	5,61
Tiempo en Cola (Días)	1.300,00
Tiempo de Estabilización del pozo	5,00
Cantidad a Reemplazar	-
Equipo Utilizado	Equipo Workover

<b>Días Transcurridos a la Fecha</b>	317,00
<b>Días Pozo No bombea</b>	1.300,00
<b>Cantidad de Servicios al año</b>	2,21
<b>Cantidad de intervenciones primer año</b>	1,00

	<b>VPN COSTO INTERVENCION</b>	<b>VPN GANANCIA</b>	<b>PAGA</b>
AÑO 1	57.262	27.297,60	(\$29.963,99)
AÑO 2	\$159.177,57	\$176.687,93	\$17.510,36
AÑO 3	\$261.400,39	\$300.538,23	\$39.137,84
AÑO 4	\$358.481,37	\$401.373,99	\$42.892,62
AÑO 5	\$450.679,16	\$483.471,90	\$32.792,74
AÑO 6	\$538.239,38	\$550.313,93	\$12.074,55
AÑO 7	\$621.395,30	\$604.735,01	(\$16.660,28)
AÑO 8	\$700.368,45	\$649.043,27	(\$51.325,18)
AÑO 9	\$775.369,24	\$685.117,92	(\$90.251,31)

**POZO: CSBE-0152**

<b>POZO</b>	CSBE-0152
Producción (Bls)	19
<b>FALLA 1</b>	Limpieza de Arenas Circulación
Fecha Inicial Año	01/01/2012
Fecha de Evaluación	13/11/2012
Fecha Parada de Pozo	28/10/2010
MTBF (Días)	158,29
Días operación (Prom)	5,61
Tiempo en Cola (Días)	747,00
Tiempo de Estabilización del pozo	2,00
Cantidad a Reemplazar	-
Equipo Utilizado	Equipo Workover

Días Transcurridos a la Fecha	317,00
Días Pozo No bombea	747,00
Cantidad de Servicios al año	2,31
Cantidad de intervenciones primer año	1,00

	<b>VPN COSTO INTERVENCION</b>	<b>VPN GANANCIA</b>	<b>PAGA</b>
AÑO 1	57.262	51.865,44	(\$5.396,15)
AÑO 2	\$163.964,76	\$335.707,06	\$171.742,30
AÑO 3	\$270.733,97	\$571.022,64	\$300.288,67
AÑO 4	\$372.132,67	\$762.610,59	\$390.477,92
AÑO 5	\$468.430,98	\$918.596,62	\$450.165,64
AÑO 6	\$559.885,47	\$1.045.596,47	\$485.711,01
AÑO 7	\$646.739,77	\$1.148.996,52	\$502.256,75
AÑO 8	\$729.225,28	\$1.233.182,21	\$503.956,93
AÑO 9	\$807.561,75	\$1.301.724,06	\$494.162,30

## POZO CSBE-0304

<b>POZO</b>	CSBE-0304
Producción (Bl)	70
<b>FALLA 1</b>	Limpieza de Arenas Circulación
Fecha Inicial Año	01/01/2012
Fecha de Evaluación	13/11/2012
Fecha Parada de Pozo	23/04/2012
MTBF (Días)	226,42
Días operación (Prom)	5,61
Tiempo en Cola (Días)	203,58
Tiempo de Estabilización del pozo	4,00
Cantidad a Reemplazar	-
Equipo Utilizado	Equipo Workover
<b>FALLA 2</b>	Cambio de Bomba
Fecha Inicial Año	01/01/2012
Fecha de evaluación	13/11/2012
Fecha Parada de Pozo	23/04/2012
MTBF (Días)	229,46
Días operación (Prom)	2,16
Tiempo en Cola (Días)	203,58
Tiempo de estabilización del pozo	4,00
Cantidad a Reemplazar	1,00
Equipo Utilizado	Equipo Workover

Días Transcurridos a la Fecha	317,00
Días Pozo No bombea	203,58
Cantidad de Servicios al año	1,61
Cantidad de intervenciones primer año	1,00

	<b>VPN COSTO INTERVENCION</b>	<b>VPN GANANCIA</b>	<b>PAGA</b>
AÑO 1	63.020	191.083,20	\$128.063,24
AÑO 2	\$172.657,19	\$1.236.815,49	\$1.064.158,31
AÑO 3	\$282.974,19	\$2.103.767,61	\$1.820.793,42
AÑO 4	\$387.957,58	\$2.809.617,95	\$2.421.660,37
AÑO 5	\$487.876,11	\$3.384.303,33	\$2.896.427,23
AÑO 6	\$582.984,96	\$3.852.197,54	\$3.269.212,58
AÑO 7	\$673.526,50	\$4.233.145,09	\$3.559.618,59
AÑO 8	\$759.730,93	\$4.543.302,89	\$3.783.571,96
AÑO 9	\$841.816,83	\$4.795.825,47	\$3.954.008,64

## POZO CSBE-0321

<b>POZO</b>	CSBE-0321
Producción (Bls)	15
<b>FALLA 1</b>	Limpieza de Arenas Circulación
Fecha Inicial Año	01/01/2012
Fecha de Evaluación	03/11/2012
Fecha Parada de Pozo	03/08/2012
MTBF (Días)	240,00
Días operación (Prom)	5,61
Tiempo en Cola (Días)	92,00
Tiempo de Estabilización del pozo	4,00
Cantidad a Reemplazar	-
Equipo Utilizado	Equipo Workover

Días Transcurridos a la Fecha	307,42
Días Pozo No bombea	92,00
Cantidad de Servicios al año	1,52
Cantidad de intervenciones primer año	1,00

	VPN COSTO INTERVENCION	VPN GANANCIA	PAGA
AÑO 1	57.262	49.121,46	(\$8.140,13)
AÑO 2	\$125.689,01	\$272.390,18	\$146.701,17
AÑO 3	\$196.107,76	\$458.165,64	\$262.057,88
AÑO 4	\$262.984,42	\$609.419,28	\$346.434,86
AÑO 5	\$326.497,17	\$732.566,15	\$406.068,98
AÑO 6	\$386.815,22	\$832.829,19	\$446.013,98
AÑO 7	\$444.099,25	\$914.460,81	\$470.361,56
AÑO 8	\$498.501,88	\$980.923,20	\$482.421,32
AÑO 9	\$550.168,05	\$1.035.035,18	\$484.867,13

## POZO CSBE-0336

<b>POZO</b>	CSBE-0336
Producción (Bls)	16
<b>FALLA 1</b>	
	Limpieza de Arenas Circulación
Fecha Inicial Año	01/01/2012
Fecha de Evaluación	03/11/2012
Fecha Parada de Pozo	06/12/2010
MTBF (Días)	137,50
Días operación (Prom)	5,61
Tiempo en Cola (Días)	698,42
Tiempo de Estabilización del pozo	4,00
Cantidad a Reemplazar	-
Equipo Utilizado	Equipo Workover

Días Transcurridos a la Fecha	307,42
Días Pozo No bombea	698,42
Cantidad de Servicios al año	2,65
Cantidad de intervenciones primer año	1,00

	VPN COSTO INTERVENCION	VPN GANANCIA	PAGA
AÑO 1	57.262	52.396,23	(\$4.865,36)
AÑO 2	\$180.963,29	\$290.549,53	\$109.586,23
AÑO 3	\$303.876,01	\$488.710,01	\$184.834,00
AÑO 4	\$420.606,19	\$650.047,23	\$229.441,04
AÑO 5	\$531.464,81	\$781.403,89	\$249.939,08
AÑO 6	\$636.747,22	\$888.351,14	\$251.603,92
AÑO 7	\$736.733,89	\$975.424,87	\$238.690,97
AÑO 8	\$831.691,21	\$1.046.318,08	\$214.626,86
AÑO 9	\$921.872,16	\$1.104.037,52	\$182.165,37

## POZO CSBE-0392

<b>POZO</b>	CSBE-0392
Producción (Bls)	20
<b>FALLA 1</b>	
	Limpieza de Arenas Circulación
Fecha Inicial Año	01/01/2012
Fecha de Evaluación	03/11/2012
Fecha Parada de Pozo	23/10/2011
MTBF (Días)	120,00
Días operación (Prom)	5,61
Tiempo en Cola (Días)	377,42
Tiempo de Estabilización del pozo	4,00
Cantidad a Reemplazar	-
Equipo Utilizado	Equipo Workover

Días Transcurridos a la Fecha	307,42
Días Pozo No bombea	377,42
Cantidad de Servicios al año	3,04
Cantidad de intervenciones primer año	1,00

	VPN COSTO INTERVENCION	VPN GANANCIA	PAGA
AÑO 1	57.262	65.495,28	\$8.233,70
AÑO 2	\$199.837,44	\$363.186,91	\$163.349,47
AÑO 3	\$340.674,93	\$610.887,52	\$270.212,59
AÑO 4	\$474.428,26	\$812.559,04	\$338.130,79
AÑO 5	\$601.453,76	\$976.754,87	\$375.301,10
AÑO 6	\$722.089,85	\$1.110.438,92	\$388.349,07
AÑO 7	\$836.657,91	\$1.219.281,08	\$382.623,17
AÑO 8	\$945.463,18	\$1.307.897,59	\$362.434,42
AÑO 9	\$1.048.795,51	\$1.380.046,90	\$331.251,39

## POZO CSBE-0577

<b>POZO</b>	CSBE-0577
Producción (Bl)	5
<b>FALLA 1</b>	
	Limpieza de Arenas Circulación
Fecha Inicial Año	01/01/2012
Fecha de Evaluación	03/11/2012
Fecha Parada de Pozo	14/03/2012
MTBF (Días)	144,29
Días operación (Prom)	5,61
Tiempo en Cola (Días)	234,42
Tiempo de Estabilización del pozo	4,00
Cantidad a Reemplazar	-
Equipo Utilizado	Equipo Workover
<b>FALLA 2</b>	
	Cambio de Bomba
Fecha Inicial Año	01/01/2012
Fecha de evaluación	03/11/2012
Fecha Parada de Pozo	14/03/2012
MTBF (Días)	105,35
Días operación (Prom)	2,16
Tiempo en Cola (Días)	234,42
Tiempo de estabilización del pozo	4,00
Cantidad a Reemplazar	1,00
Equipo Utilizado	Equipo Workover

Días Transcurridos a la Fecha	307,42
Días Pozo No bombea	234,42
Cantidad de Servicios al año	2,53
Cantidad de intervenciones primer año	1,00

	<b>VPN COSTO INTERVENCION</b>	<b>VPN GANANCIA</b>	<b>PAGA</b>
AÑO 1	84.789	16.373,82	(\$68.415,20)
AÑO 2	\$280.974,80	\$90.796,73	(\$190.178,07)
AÑO 3	\$475.805,69	\$152.721,88	(\$323.083,81)
AÑO 4	\$661.305,64	\$203.139,76	(\$458.165,88)
AÑO 5	\$837.944,96	\$244.188,72	(\$593.756,24)
AÑO 6	\$1.006.170,29	\$277.609,73	(\$728.560,56)
AÑO 7	\$1.166.405,83	\$304.820,27	(\$861.585,56)
AÑO 8	\$1.319.054,42	\$326.974,40	(\$992.080,02)
AÑO 9	\$1.464.498,66	\$345.011,73	(\$1.119.486,94)

## POZO CSBE-0686

<b>POZO</b>	CSBE-0686
Producción (Bls)	42
<b>FALLA 1</b>	Limpieza de Arenas Circulación
Fecha Inicial Año	01/01/2012
Fecha de Evaluación	03/11/2012
Fecha Parada de Pozo	09/10/2012
MTBF (Días)	139,90
Días operación (Prom)	5,61
Tiempo en Cola (Días)	25,42
Tiempo de Estabilización del pozo	4,00
Cantidad a Reemplazar	-
Equipo Utilizado	Equipo Workover

Días Transcurridos a la Fecha	307,42
Días Pozo No bombea	25,42
Cantidad de Servicios al año	2,61
Cantidad de intervenciones primer año	1,00

	VPN COSTO INTERVENCION	VPN GANANCIA	PAGA
AÑO 1	57.262	137.540,10	\$80.278,51
AÑO 2	\$178.743,03	\$762.692,51	\$583.949,48
AÑO 3	\$299.547,17	\$1.282.863,78	\$983.316,61
AÑO 4	\$414.274,83	\$1.706.373,99	\$1.292.099,16
AÑO 5	\$523.231,66	\$2.051.185,22	\$1.527.953,56
AÑO 6	\$626.707,93	\$2.331.921,74	\$1.705.213,81
AÑO 7	\$724.979,32	\$2.560.490,27	\$1.835.510,95
AÑO 8	\$818.307,64	\$2.746.584,95	\$1.928.277,31
AÑO 9	\$906.941,52	\$2.898.098,50	\$1.991.156,98

## POZO CSBE-0987

<b>POZO</b>	CSBE-0987
Producción (Bls)	42
<b>FALLA 1</b>	Limpieza de Arenas Circulación
Fecha Inicial Año	01/01/2012
Fecha de Evaluación	03/11/2012
Fecha Parada de Pozo	29/02/2012
MTBF (Días)	175,89
Días operación (Prom)	5,61
Tiempo en Cola (Días)	248,42
Tiempo de Estabilización del pozo	4,00
Cantidad a Reemplazar	-
Equipo Utilizado	Equipo Workover

Días Transcurridos a la Fecha	307,42
Días Pozo No bombea	248,42
Cantidad de Servicios al año	2,08
Cantidad de intervenciones primer año	1,00

	VPN COSTO INTERVENCION	VPN GANANCIA	PAGA
AÑO 1	57.262	137.540,10	\$80.278,51
AÑO 2	\$152.715,31	\$762.692,51	\$609.977,20
AÑO 3	\$248.800,92	\$1.282.863,78	\$1.034.062,86
AÑO 4	\$340.053,41	\$1.706.373,99	\$1.366.320,58
AÑO 5	\$426.715,87	\$2.051.185,22	\$1.624.469,35
AÑO 6	\$509.019,19	\$2.331.921,74	\$1.822.902,55
AÑO 7	\$587.182,63	\$2.560.490,27	\$1.973.307,64
AÑO 8	\$661.414,43	\$2.746.584,95	\$2.085.170,52
AÑO 9	\$731.912,36	\$2.898.098,50	\$2.166.186,14

## POZO CSBE-1037

<b>POZO</b>	CSBE-1037
Producción (Bls)	14
<b>FALLA 1</b>	Limpieza de Arenas Circulación
Fecha Inicial Año	01/01/2012
Fecha de Evaluación	03/11/2012
Fecha Parada de Pozo	18/04/2012
MTBF (Días)	104,00
Días operación (Prom)	5,61
Tiempo en Cola (Días)	199,42
Tiempo de Estabilización del pozo	4,00
Cantidad a Reemplazar	-
Equipo Utilizado	Equipo Workover
<b>FALLA 2</b>	Tubería Rota
Fecha Inicial Año	01/01/2012
Fecha de evaluación	03/11/2012
Fecha Parada de Pozo	18/06/2011
MTBF (Días)	83,79
Días operación (Prom)	3,66
Tiempo en Cola (Días)	504,42
Tiempo de estabilización del pozo	-
Cantidad a Reemplazar	700,00
Equipo Utilizado	

<b>Días Transcurridos a la Fecha</b>	307,42
<b>Días Pozo No bombea</b>	199,42
<b>Cantidad de Servicios al año</b>	3,51
<b>Cantidad de intervenciones primer año</b>	1,00

	<b>VPN COSTO INTERVENCION</b>	<b>VPN GANANCIA</b>	<b>PAGA</b>
AÑO 1	63.968	45.846,70	(\$18.120,89)
AÑO 2	\$253.659,38	\$254.230,84	\$571,46
AÑO 3	\$439.879,15	\$427.621,26	(\$12.257,89)
AÑO 4	\$616.732,03	\$568.791,33	(\$47.940,70)
AÑO 5	\$784.689,17	\$683.728,41	(\$100.960,76)
AÑO 6	\$944.198,01	\$777.307,25	(\$166.890,77)
AÑO 7	\$1.095.683,53	\$853.496,76	(\$242.186,77)
AÑO 8	\$1.239.549,29	\$915.528,32	(\$324.020,97)
AÑO 9	\$1.376.178,56	\$966.032,83	(\$410.145,73)

## POZO CSBE-1046

<b>POZO</b>	CSBE-1046
Producción (BlS)	13
<b>FALLA 1</b>	Limpieza de Arenas Circulación
Fecha Inicial Año	01/01/2012
Fecha de Evaluación	03/11/2012
Fecha Parada de Pozo	13/04/2011
MTBF (Días)	275,18
Dias operación (Prom)	5,61
Tiempo en Cola (Días)	570,42
Tiempo de Estabilización del pozo	4,00
Cantidad a Reemplazar	-
Equipo Utilizado	Equipo Workover

Días Transcurridos a la Fecha	307,42
Días Pozo No bombea	570,42
Cantidad de Servicios al año	1,33
Cantidad de intervenciones primer año	1,00

	VPN COSTO INTERVENCION	VPN GANANCIA	PAGA
AÑO 1	57.262	42.571,93	(\$14.689,65)
AÑO 2	\$116.209,61	\$236.071,49	\$119.861,88
AÑO 3	\$177.625,77	\$397.076,89	\$219.451,12
AÑO 4	\$235.952,68	\$528.163,38	\$292.210,70
AÑO 5	\$291.345,73	\$634.890,66	\$343.544,93
AÑO 6	\$343.952,50	\$721.785,30	\$377.832,80
AÑO 7	\$393.913,14	\$792.532,70	\$398.619,56
AÑO 8	\$441.360,74	\$850.133,44	\$408.772,69
AÑO 9	\$486.421,72	\$897.030,49	\$410.608,77

## POZO CSBE-1096

<b>POZO</b>	CSBE-1096
Producción (Bls)	21
<b>FALLA 1</b>	Limpieza de Arenas Circulación
Fecha Inicial Año	01/01/2012
Fecha de Evaluación	03/11/2012
Fecha Parada de Pozo	21/06/2012
MTBF (Días)	135,15
Dias operación (Prom)	5,61
Tiempo en Cola (Días)	135,42
Tiempo de Estabilización del pozo	4,00
Cantidad a Reemplazar	-
Equipo Utilizado	Equipo Workover

Días Transcurridos a la Fecha	307,42
Días Pozo No bombea	135,42
Cantidad de Servicios al año	2,70
Cantidad de intervenciones primer año	1,00

	VPN COSTO INTERVENCION	VPN GANANCIA	PAGA
AÑO 1	57.262	68.770,05	\$11.508,46
AÑO 2	\$183.213,71	\$381.346,26	\$198.132,55
AÑO 3	\$308.263,64	\$641.431,89	\$333.168,25
AÑO 4	\$427.023,53	\$853.186,99	\$426.163,46
AÑO 5	\$539.809,78	\$1.025.592,61	\$485.782,83
AÑO 6	\$646.922,84	\$1.165.960,87	\$519.038,03
AÑO 7	\$748.648,09	\$1.280.245,14	\$531.597,04
AÑO 8	\$845.256,54	\$1.373.292,47	\$528.035,94
AÑO 9	\$937.005,56	\$1.449.049,25	\$512.043,69

## POZO CSBE-0261

<b>POZO</b>	CSBE-0261
Producción (Bls)	4
<b>FALLA 1</b>	Cambio de Bomba
Fecha Inicial Año	01/01/2012
Fecha de Evaluación	03/11/2012
Fecha Parada de Pozo	18/05/2012
MTBF (Días)	112,55
Días operación (Prom)	2,16
Tiempo en Cola (Días)	169,42
Tiempo de Estabilización del pozo	4,00
Cantidad a Reemplazar	1,00
Equipo Utilizado	Equipo Varillero

Días Transcurridos a la Fecha	307,42
Días Pozo No bombea	169,42
Cantidad de Servicios al año	3,24
Cantidad de intervenciones primer año	1,00

	VPN COSTO INTERVENCION	VPN GANANCIA	PAGA
AÑO 1	17.222	13.099,06	(\$4.122,48)
AÑO 2	\$63.497,99	\$72.637,38	\$9.139,39
AÑO 3	\$109.518,99	\$122.177,50	\$12.658,52
AÑO 4	\$153.664,20	\$162.511,81	\$8.847,61
AÑO 5	\$196.028,88	\$195.350,97	(\$677,91)
AÑO 6	\$236.703,50	\$222.087,78	(\$14.615,72)
AÑO 7	\$275.773,96	\$243.856,22	(\$31.917,75)
AÑO 8	\$313.321,86	\$261.579,52	(\$51.742,34)
AÑO 9	\$349.424,68	\$276.009,38	(\$73.415,30)

## POZO CSBE-0268

<b>POZO</b>	CSBE-0268
Producción (Bl)	68
<b>FALLA 1</b>	
	Cambio de Bomba
Fecha Inicial Año	01/01/2012
Fecha de Evaluación	03/11/2012
Fecha Parada de Pozo	22/10/2012
MTBF (Días)	68,37
Días operación (Prom)	2,16
Tiempo en Cola (Días)	12,42
Tiempo de Estabilización del pozo	4,00
Cantidad a Reemplazar	1,00
Equipo Utilizado	Equipo Varillero
<b>FALLA 2</b>	
	Limpieza de Arenas CT
Fecha Inicial Año	01/01/2012
Fecha de evaluación	03/11/2012
Fecha Parada de Pozo	22/10/2012
MTBF (Días)	65,71
Días operación (Prom)	6,72
Tiempo en Cola (Días)	12,42
Tiempo de estabilización del pozo	-
Cantidad a Reemplazar	
Equipo Utilizado	Equipo Workover

Días Transcurridos a la Fecha	307,42
Días Pozo No bombea	12,42
Cantidad de Servicios al año	5,34
Cantidad de intervenciones primer año	1,00

	<b>VPN COSTO INTERVENCION</b>	<b>VPN GANANCIA</b>	<b>PAGA</b>
AÑO 1	84.962	222.683,96	\$137.721,87
AÑO 2	\$476.063,22	\$1.234.835,50	\$758.772,27
AÑO 3	\$856.274,80	\$2.077.017,55	\$1.220.742,75
AÑO 4	\$1.218.084,47	\$2.762.700,74	\$1.544.616,27
AÑO 5	\$1.562.419,33	\$3.320.966,54	\$1.758.547,21
AÑO 6	\$1.890.159,84	\$3.775.492,34	\$1.885.332,51
AÑO 7	\$2.202.142,18	\$4.145.555,68	\$1.943.413,49
AÑO 8	\$2.499.160,49	\$4.446.851,82	\$1.947.691,33
AÑO 9	\$2.781.968,95	\$4.692.159,47	\$1.910.190,52

## POZO CSBE-0298

<b>POZO</b>	CSBE-0298
Producción (Bls)	14
<b>FALLA 1</b>	Cambio de Bomba
Fecha Inicial Año	01/01/2012
Fecha de Evaluación	03/11/2012
Fecha Parada de Pozo	04/10/2012
MTBF (Días)	227,32
Días operación (Prom)	2,16
Tiempo en Cola (Días)	30,42
Tiempo de Estabilización del pozo	4,00
Cantidad a Reemplazar	1,00
Equipo Utilizado	Equipo Varillero

Días Transcurridos a la Fecha	307,42
Días Pozo No bombea	30,42
Cantidad de Servicios al año	1,61
Cantidad de intervenciones primer año	1,00

	VPN COSTO INTERVENCION	VPN GANANCIA	PAGA
AÑO 1	17.222	45.846,70	\$28.625,16
AÑO 2	\$39.265,10	\$254.230,84	\$214.965,74
AÑO 3	\$62.050,87	\$427.621,26	\$365.570,39
AÑO 4	\$83.907,92	\$568.791,33	\$484.883,41
AÑO 5	\$104.883,39	\$683.728,41	\$578.845,01
AÑO 6	\$125.022,09	\$777.307,25	\$652.285,16
AÑO 7	\$144.366,54	\$853.496,76	\$709.130,22
AÑO 8	\$162.957,14	\$915.528,32	\$752.571,18
AÑO 9	\$180.832,26	\$966.032,83	\$785.200,57

## POZO CSBE-1079

<b>POZO</b>	CSBE-1079
Producción (Bls)	32
<b>FALLA 1</b>	
	Cambio de Bomba
Fecha Inicial Año	01/01/2012
Fecha de Evaluación	03/11/2012
Fecha Parada de Pozo	22/10/2012
MTBF (Días)	121,31
Días operación (Prom)	2,16
Tiempo en Cola (Días)	12,42
Tiempo de Estabilización del pozo	4,00
Cantidad a Reemplazar	1,00
Equipo Utilizado	Equipo Varillero

Días Transcurridos a la Fecha	307,42
Días Pozo No bombea	12,42
Cantidad de Servicios al año	3,01
Cantidad de intervenciones primer año	1,00

	VPN COSTO INTERVENCION	VPN GANANCIA	PAGA
AÑO 1	17.222	104.792,45	\$87.570,92
AÑO 2	\$60.032,05	\$581.099,06	\$521.067,01
AÑO 3	\$102.729,78	\$977.420,03	\$874.690,24
AÑO 4	\$143.687,20	\$1.300.094,47	\$1.156.407,27
AÑO 5	\$182.992,66	\$1.562.807,78	\$1.379.815,13
AÑO 6	\$220.730,09	\$1.776.702,28	\$1.555.972,19
AÑO 7	\$256.979,21	\$1.950.849,73	\$1.693.870,52
AÑO 8	\$291.815,71	\$2.092.636,15	\$1.800.820,44
AÑO 9	\$325.311,48	\$2.208.075,05	\$1.882.763,56

## POZO CSBE-1108

<b>POZO</b>	CSBE-1108
Producción (Bls)	33
<b>FALLA 1</b>	
	Cambio de Bomba
Fecha Inicial Año	01/01/2012
Fecha de Evaluación	03/11/2012
Fecha Parada de Pozo	11/07/2011
MTBF (Días)	130,58
Días operación (Prom)	2,16
Tiempo en Cola (Días)	481,42
Tiempo de Estabilización del pozo	4,00
Cantidad a Reemplazar	1,00
Equipo Utilizado	Equipo Varillero

Días Transcurridos a la Fecha	307,42
Días Pozo No bombea	481,42
Cantidad de Servicios al año	2,80
Cantidad de intervenciones primer año	1,00

	VPN COSTO INTERVENCION	VPN GANANCIA	PAGA
AÑO 1	17.222	108.067,22	\$90.845,68
AÑO 2	\$56.870,74	\$599.258,40	\$542.387,66
AÑO 3	\$96.537,32	\$1.007.964,40	\$911.427,08
AÑO 4	\$134.587,13	\$1.340.722,42	\$1.206.135,29
AÑO 5	\$171.102,26	\$1.611.645,53	\$1.440.543,27
AÑO 6	\$206.160,67	\$1.832.224,22	\$1.626.063,55
AÑO 7	\$239.836,43	\$2.011.813,78	\$1.771.977,35
AÑO 8	\$272.199,86	\$2.158.031,03	\$1.885.831,18
AÑO 9	\$303.317,74	\$2.277.077,39	\$1.973.759,66

## POZO CSBE-0001

<b>POZO</b>	CSBE-0001
Producción (Bls)	3
<b>FALLA 1</b>	Tubería Rota
Fecha Inicial Año	01/01/2012
Fecha de Evaluación	03/11/2012
Fecha Parada de Pozo	11/09/2012
MTBF (Días)	165,33
Días operación (Prom)	3,66
Tiempo en Cola (Días)	53,42
Tiempo de Estabilización del pozo	4,00
Cantidad a Reemplazar	900,00
Equipo Utilizado	Equipo Varillero

Días Transcurridos a la Fecha	307,42
Días Pozo No bombea	53,42
Cantidad de Servicios al año	2,21
Cantidad de intervenciones primer año	1,00

	VPN COSTO INTERVENCION	VPN GANANCIA	PAGA
AÑO 1	32.110	9.824,29	(\$22.285,64)
AÑO 2	\$89.375,70	\$54.478,04	(\$34.897,66)
AÑO 3	\$146.807,71	\$91.633,13	(\$55.174,58)
AÑO 4	\$201.350,88	\$121.883,86	(\$79.467,02)
AÑO 5	\$253.150,51	\$146.513,23	(\$106.637,28)
AÑO 6	\$302.344,61	\$166.565,84	(\$135.778,77)
AÑO 7	\$349.064,24	\$182.892,16	(\$166.172,08)
AÑO 8	\$393.433,85	\$196.184,64	(\$197.249,21)
AÑO 9	\$435.571,67	\$207.007,04	(\$228.564,63)

## POZO CSBE-0101

<b>POZO</b>	CSBE-0101
Producción (Bls)	16
<b>FALLA 1</b>	Tubería Rota
Fecha Inicial Año	01/01/2012
Fecha de Evaluación	03/11/2012
Fecha Parada de Pozo	15/10/2012
MTBF (Días)	165,33
Días operación (Prom)	3,66
Tiempo en Cola (Días)	19,42
Tiempo de Estabilización del pozo	4,00
Cantidad a Reemplazar	780,00
Equipo Utilizado	Equipo Varillero

Días Transcurridos a la Fecha	307,42
Días Pozo No bombea	19,42
Cantidad de Servicios al año	2,21
Cantidad de intervenciones primer año	1,00

	VPN COSTO INTERVENCION	VPN GANANCIA	PAGA
AÑO 1	30.960	52.396,23	\$21.435,89
AÑO 2	\$86.171,45	\$290.549,53	\$204.378,08
AÑO 3	\$141.543,09	\$488.710,01	\$347.166,93
AÑO 4	\$194.129,52	\$650.047,23	\$455.917,72
AÑO 5	\$244.070,84	\$781.403,89	\$537.333,06
AÑO 6	\$291.500,10	\$888.351,14	\$596.851,04
AÑO 7	\$336.543,65	\$975.424,87	\$638.881,21
AÑO 8	\$379.321,51	\$1.046.318,08	\$666.996,57
AÑO 9	\$419.947,62	\$1.104.037,52	\$684.089,90

## POZO CSBE-1028

<b>POZO</b>	CSBE-1028
Producción (Bls)	14
<b>FALLA 1</b>	Tubería Rota
Fecha Inicial Año	01/01/2012
Fecha de Evaluación	03/11/2012
Fecha Parada de Pozo	03/07/2012
MTBF (Días)	244,00
Días operación (Prom)	3,66
Tiempo en Cola (Días)	123,42
Tiempo de Estabilización del pozo	4,00
Cantidad a Reemplazar	780,00
Equipo Utilizado	Equipo Varillero

Días Transcurridos a la Fecha	307,42
Días Pozo No bombea	123,42
Cantidad de Servicios al año	1,50
Cantidad de intervenciones primer año	1,00

	VPN COSTO INTERVENCION	VPN GANANCIA	PAGA
AÑO 1	30.960	45.846,70	\$14.886,36
AÑO 2	\$67.373,07	\$254.230,84	\$186.857,77
AÑO 3	\$104.891,89	\$427.621,26	\$322.729,37
AÑO 4	\$140.523,51	\$568.791,33	\$428.267,82
AÑO 5	\$174.362,85	\$683.728,41	\$509.365,56
AÑO 6	\$206.500,06	\$777.307,25	\$570.807,19
AÑO 7	\$237.020,76	\$853.496,76	\$616.476,00
AÑO 8	\$266.006,26	\$915.528,32	\$649.522,05
AÑO 9	\$293.533,79	\$966.032,83	\$672.499,04

## POZO CSBE-0510

<b>POZO</b>	CSBE-0510
Producción (Bls)	46
<b>FALLA 1</b>	
	Varilla Partida
Fecha Inicial Año	01/01/2012
Fecha de Evaluación	03/11/2012
Fecha Parada de Pozo	21/06/2012
MTBF (Días)	127,71
Días operación (Prom)	1,43
Tiempo en Cola (Días)	134,98
Tiempo de Estabilización del pozo	4,00
Cantidad a Reemplazar	780,00
Equipo Utilizado	Equipo Varillero
<b>FALLA 2</b>	
	Limpieza de Arenas Circulación
Fecha Inicial Año	01/01/2012
Fecha de evaluación	03/11/2012
Fecha Parada de Pozo	21/06/2012
MTBF (Días)	160,25
Días operación (Prom)	5,61
Tiempo en Cola (Días)	134,98
Tiempo de estabilización del pozo	-
Cantidad a Reemplazar	
Equipo Utilizado	Equipo Workover

Días Transcurridos a la Fecha	307,42
Días Pozo No bombea	134,98
Cantidad de Servicios al año	2,86
Cantidad de intervenciones primer año	1,00

	<b>VPN COSTO INTERVENCION</b>	<b>VPN GANANCIA</b>	<b>PAGA</b>
AÑO 1	109.530	150.639,15	\$41.108,95
AÑO 2	\$337.173,58	\$835.329,90	\$498.156,32
AÑO 3	\$563.759,16	\$1.405.041,29	\$841.282,13
AÑO 4	\$778.947,43	\$1.868.885,80	\$1.089.938,37
AÑO 5	\$983.311,68	\$2.246.536,19	\$1.263.224,51
AÑO 6	\$1.177.396,35	\$2.554.009,53	\$1.376.613,17
AÑO 7	\$1.361.718,52	\$2.804.346,49	\$1.442.627,96
AÑO 8	\$1.536.769,24	\$3.008.164,47	\$1.471.395,22
AÑO 9	\$1.703.014,87	\$3.174.107,88	\$1.471.093,01

## Anexo D. Presentación Recoil



### DESCRIPCIÓN DE FUNCIONAMIENTO

LiftOil SA

La unidad Recoil posee un motor eléctrico mediante el cual, un cable de acero de alta resistencia, baja un tubo recolector dentro de un pozo libre de herramientas. Un programa lógico de control, responsable del funcionamiento del sistema, permite asegurar la profundidad óptima a la cual el tubo de recolección debe ser ubicado. Al llegar al fluido se reduce la velocidad de descenso, permitiendo que el tubo recolector se sumerja lentamente 50 pies por debajo del nivel de petróleo. El sistema se detiene un tiempo pre-establecido, durante el cual el tubo recolector completa su llenado.

Luego el motor invierte el sentido de su movimiento, y el cable eleva el tubo con el fluido hasta la boca del pozo. En este punto, una bomba a tornillo aspira el fluido del tubo recolector y lo transfiere a una línea de conducción o un tanque de superficie.

Se reinicia el ciclo.



### APLICACIONES Y VENTAJAS

LiftOil SA

#### • APLICACIONES

- ✓ Realizar testeo de pozos
- ✓ Poner en producción pozos abandonados
- ✓ Reemplazar equipos de extracción tradicionales en pozos de baja producción.

#### • VENTAJAS

- ✓ No ventea gas
- ✓ Baja inversión inicial y costo operativo
- ✓ Baja producción de agua.
- ✓ Fácil transporte y armado (aprox. 3 Hrs)
- ✓ Funcionamiento totalmente automático.
- ✓ No necesita intervención de pulling.
- ✓ Permite una mejor producción del pozo debido a que el aporte se hace en forma natural y no por depresión.





## CONTROLES Y ESTADISTICAS

LiftOil SA

El equipo totalmente automático, es comandado por un ordenador mediante PLC. Un panel de cristal líquido permite visualizar y modificar un gran número de parámetros.

Los datos obtenidos pueden ser transmitidos mediante telemetría a un sistema SCADA, para el control a Distancia del funcionamiento del equipo.

### •DATOS VISUALIZABLES

- ✓ Ciclos realizados por día, y duración del mismo
- ✓ Velocidad de ascenso y descenso del tubo conductor
- ✓ Tiempo de carga y descarga del tubo recolector
- ✓ Horas de funcionamiento total del equipo y de la bomba de transferencia
- ✓ Profundidad de trabajo por día según variaciones de nivel
- ✓ Producción en (m3)
- ✓ Aviso y tipo de fallas.

### •PARÁMETROS MODIFICABLES

- ✓ Programación de profundidad máxima de trabajo
- ✓ Tiempos de carga y descarga
- ✓ Velocidades de ascenso y descenso
- ✓ Accionamiento manual o automático de la bomba y calefacción del tanque.



## FICHA TÉCNICA

LiftOil SA

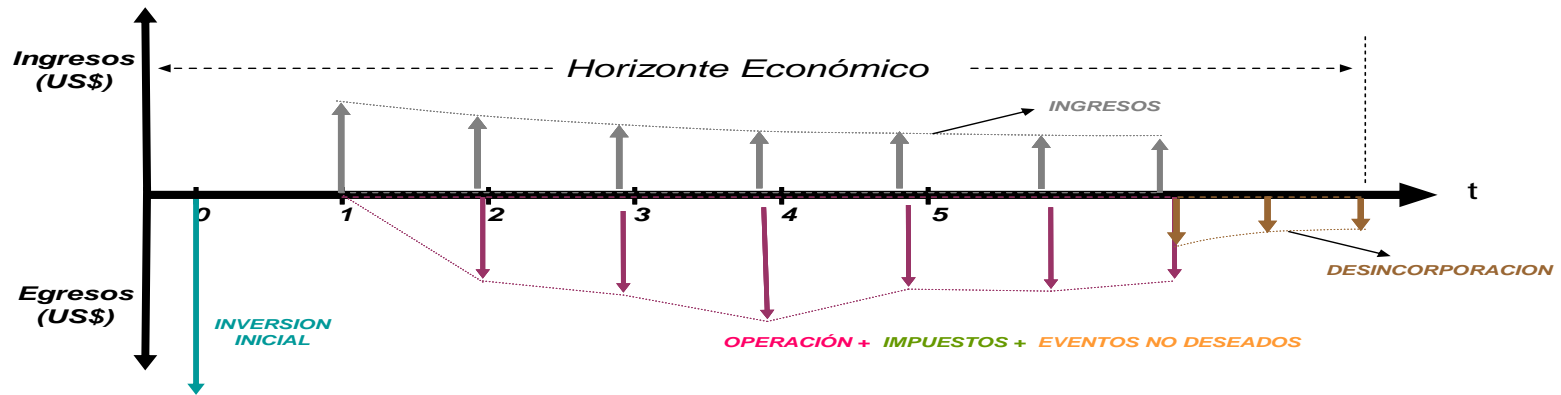
Descripción	Especificaciones	Observaciones
Profundidad de Trabajo	1500 m	4921 ft
Motor reductor SEW Sumitomo	Relación: 53.1 Modelo: R87	Motor: 5.5 HP/4Kw Protección: IP 55
Cable de acero	Modelo: 6x7 + 1 Carga de rotura: 1400	Galvanizado
Tablero	IP65	
Bomba de transferencia Bornemann	Motor: 3HP Ex(n) Reductor: Lentax	Caudal: 1500 lts/h Presión: 15 kg/cm <sup>2</sup>
Tubo conexión	PVC DE 8"	
Tubo recolector inoxidable	En casing 5 1/2" Diámetro tubo 4" En casing 4 1/2" Diámetro tubo 3"	44 Lts (0.28 Bls.) 24 Lts (0.15 Bls.)



Anexo E. Evaluación económica Lift Oil

Escenario Base (Unidades de Bombeo Mecánico)	
Costos	
<b>Costos de Matto Rutinario</b>	Datos suministrados por el Ing. Jaime Valencia
<b>Costo de Matto Correctivo</b>	Datos suministrados por el Ing. Jaime Valencia
<b>Costo de Adquisición</b>	Basado en Cotizaciones
<b>Diferida por Indisponibilidad</b>	Basado en potencial de producción del pozo parado 30 días/año por disponibilidad.
<b>Diferida por Matto Rutinario</b>	
<b>Diferida por Matto Correctivo</b>	
<b>TRM</b>	1800
<b>Tasa de Descuento</b>	11,10%
<b>Horizonte Económico</b>	9
<b>Ganancia por Barril</b>	30 años
<b>% optimización preventivo</b>	0% USD/Brl
<b>% optimización correctivo</b>	90%

Escenario Propuesto (Unidad de Bombeo Mecanico senti)										
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Costo de Adquisicion	(146.000,00)									
Produccion Asociada	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33
Precio de Venta	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
<b>Total Beneficio</b>	<b>608.333,33</b>	<b>608.333,33</b>	<b>608.333,33</b>	<b>608.333,33</b>	<b>608.333,33</b>	<b>608.333,33</b>	<b>608.333,33</b>	<b>608.333,33</b>	<b>608.333,33</b>	<b>608.333,33</b>
Costo de Produccion	13,50	13,50	13,50	13,50	13,50	13,50	13,50	13,50	13,50	13,50
<b>Total Costos</b>	<b>(164.250,00)</b>	<b>(164.250,00)</b>	<b>(164.250,00)</b>	<b>(164.250,00)</b>	<b>(164.250,00)</b>	<b>(164.250,00)</b>	<b>(164.250,00)</b>	<b>(164.250,00)</b>	<b>(164.250,00)</b>	<b>(164.250,00)</b>
	444.083,33	444.083,33	444.083,33	444.083,33	444.083,33	444.083,33	444.083,33	444.083,33	444.083,33	444.083,33
										<b>VPN</b>
										<b>\$2.303.382,27</b>
										<b>Riesgo Tecnico</b>
										<b>0,7</b>
										<b>VPN Resultante</b>
										<b>\$1.612.367,59</b>



Anexo F. Asignación de un equipo de Workover y uno de Varillero exclusivamente para eliminar la cola de los pozos reportada actualmente

Falla	Bombeo Mecánico		Bombeo PCP	
	Tiempo por Trabajo	Total Tiempo por falla	Tiempo por Trabajo	Total Tiempo por falla
Limpieza de Arenas	5,61	56,10	6,74	33,69
Varilla Partida	1,43	1,43	3,47	6,94
Tubería Rota	3,66	7,31	6,00	6,00
Cambio de Bomba	2,16	10,78	3,95	11,84


Bombeo Mecánico							Bombeo PCP						
Falla	Equipo Operación	Costo por Trabajo	Total Costo Operación por falla	Tarifa Movilización	Total Costo Movilización por falla	Total Intervención	Falla	Equipo Operación	Costo por Trabajo	Total Costo Operación por falla	Tarifa Movilización	Total Costo Movilización por falla	Total Intervención
Limpieza de Arenas	Workover	9.436	529.406	4.095	40.953	570.359	Limpieza de Arenas	Workover	9.436	317.887	4.095	20.477	338.364
Varilla Partida	Varillero	6.080	8.718	1.252	1.252	9.969	Varilla Partida	Varillero	9.436	65.532	1.252	2.503	68.035
Tubería Rota	Varillero	6.080	44.473	1.252	2.503	46.976	Tubería Rota	Workover	6.080	36.454	4.095	4.095	40.549
Cambio de Bomba	Workover	9.436	101.722	4.095	20.477	122.198	Cambio de Bomba	Workover	9.436	111.762	4.095	12.286	124.048
<b>Total</b>						<b>749.502</b>	<b>Total</b>						<b>570.996</b>
													<b>1.320.498</b>

Ganancia	
BM	PCP
13.763	16.265
1.308	14.672
1.706	5.573
8.587	3.753

WTI
<b>56,87</b>

<b>Ganancia Total</b>	<b>65,628</b>
-----------------------	---------------

## Anexo G. Formato de Documentación de Procedimientos para la Alianza Casabe

	ALIANZA – DP – M – 001	
	<b>PROYECTO ALIANZA CASABE PLAN DE EJECUCION DEL PROYECTO</b>	
	Fecha de aprobación:	Versión: 0
<b>NOMBRE DEL PROCEDIMIENTO</b>		

### NOMBRE DEL PROCEDIMIENTO

#### 1. Alcance

Definición del alcance del procedimiento descrito, es decir, las áreas donde el mismo tendrá aplicación. Se indicará en “Que” consiste el procedimiento.

#### 2. Objetivo

Objeto de para que se desea implementar el presente documento.

#### 3. Flujograma

Flujograma del proceso según el formato anexo

#### 4. Definiciones

Glosario de términos que aplican en el presente documento.

Se deberá revisar el glosario mostrado en el PEP que tiene la totalidad de palabras de uso en la Alianza Casabe, con el fin de no contradecir los ahí indicados.

#### 5. Condiciones Generales

En esta sección se debe indicar aquellas condiciones específicas para el procedimiento que se eesta haciendo.


#### 5.1 Responsables / Recursos.

Si se tiene un grado de detalle completo incluir la matriz RACI

#### 6. Anexos

1. Documento N°1
2. Documento N°2
3. Documento N°3

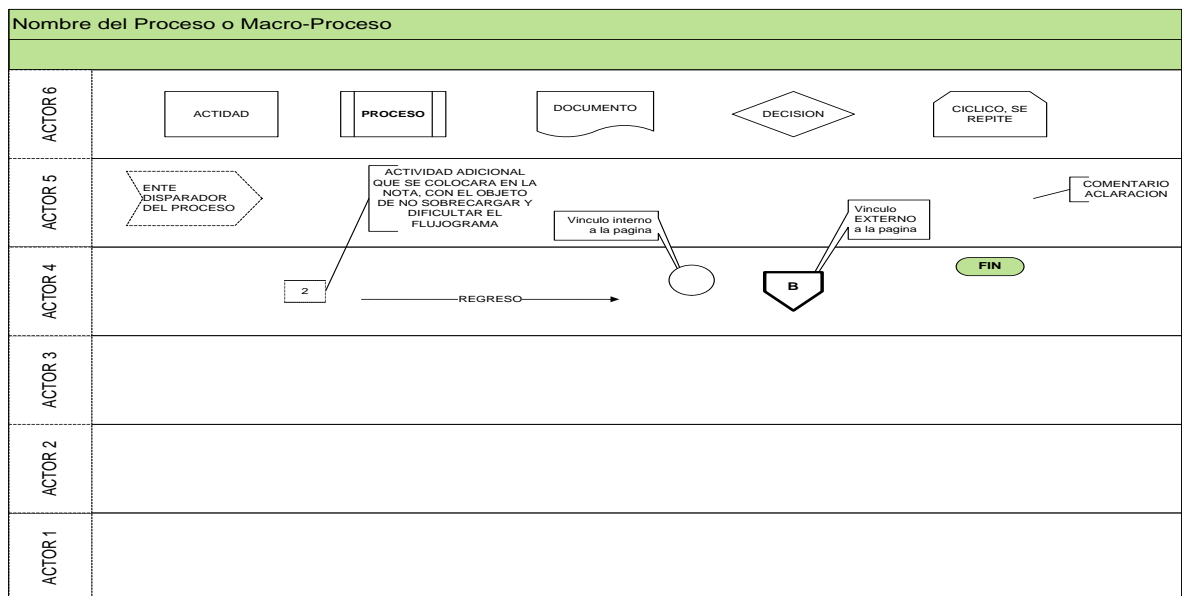
### 7. Revisiones.


	ALIANZA – DP – M – 001	
	<b>PROYECTO ALIANZA CASABE PLAN DE EJECUCION DEL PROYECTO</b>	
	Fecha de aprobación:	Versión: 0      Página 2 of 1
<b>NOMBRE DEL PROCEDIMIENTO</b>		

### 1. Revisiones.

Rev No	Fecha	Cambios	Desarrollado por	Revisado por
X	DD-MM-AA		Nombre Apellido: _____	Nombre Apellido: _____ Nombre Apellido: _____
Ultima revisión aprobada por:				Firma

## Formato del Flujograma del Proceso



		ALIANZA – DP – M – 001	
	PROYECTO ALIANZA CASABE PLAN DE EJECUCION DEL PROYECTO	Fecha de aprobación:	
		Versión: 0	Página 2 de 3
<b>INSTRUCTIVO PARA REPORTE DE POZOS CON          FALLAS EN CONTROL DE PRODUCCIÓN</b>			

## Anexo H. Procesos documentados

### 1. Alcance

Aplica desde la planificación de la Ruta que debe seguir el “Recorredor” hasta el reporte de control de diferida en el Reporte General

### 2. Objetivo

Establecer la secuencia de actividades para el reporte de pozos productores que fallan y entran en diferida en el área de Control de Producción en el proyecto Alianza Casabe.


### 3. Flujograma

Ver Diagrama Anexo

### 4. Definiciones

Para comprender mejor el procedimiento se establecen las siguientes definiciones:


- **Recorredor:** Persona con conocimientos en equipos de extracción de petróleo y pozos inyectoros, encargada de realizar la verificación o comprobación de producción del pozo.

		ALIANZA – DP – M – 001	
	PROYECTO ALIANZA CASABE PLAN DE EJECUCION DEL PROYECTO	Fecha de aprobación:	
		Versión: 0	Página 2 de 3
<b>INSTRUCTIVO PARA REPORTE DE POZOS CON          FALLAS EN CONTROL DE PRODUCCIÓN</b>			

- Ruta de Recorrido: Documento que contiene los pozos que serán evaluados según su ubicación en el campo.
- Control de Producción: Área encargada de controlar la producción de los pozos del campo.
- Diferida: Producción perdida debido a factores ajenos a la operación normal de un equipo.
- Arranque de Pozo: Puesta en marcha del pozo.
- Diferida Diaria: Producción diferida que incluye los pozos parados durante 24 horas o menos.
- Diferida de Control: Producción diferida que incluye los pozos parados durante más de 24 horas.

## 5. Condiciones Generales

- a. La ruta del recorrido debe ser actualizada diariamente.
- b. El recorrido para la revisión de los pozos se hará de 6:00 a.m a 6:00 p.m
- c. Corresponde a Control de Producción elaborar la ruta de los pozos para revisión.


		ALIANZA – DP – M – 001	
	<b>PROYECTO ALIANZA CASABE</b> <b>PLAN DE EJECUCION DEL PROYECTO</b>	Fecha de aprobación:	
		Versión: 0	Página 2 de 3
<b>INSTRUCTIVO PARA REPORTE DE POZOS CON FALLAS EN CONTROL DE PRODUCCIÓN</b>			

### 5.1 Responsables / Recursos

La verificación de la información producto de la ejecución de las actividades del proceso es responsabilidad del Líder Producción.


### 6. Anexos

- Reporte Producción SOR

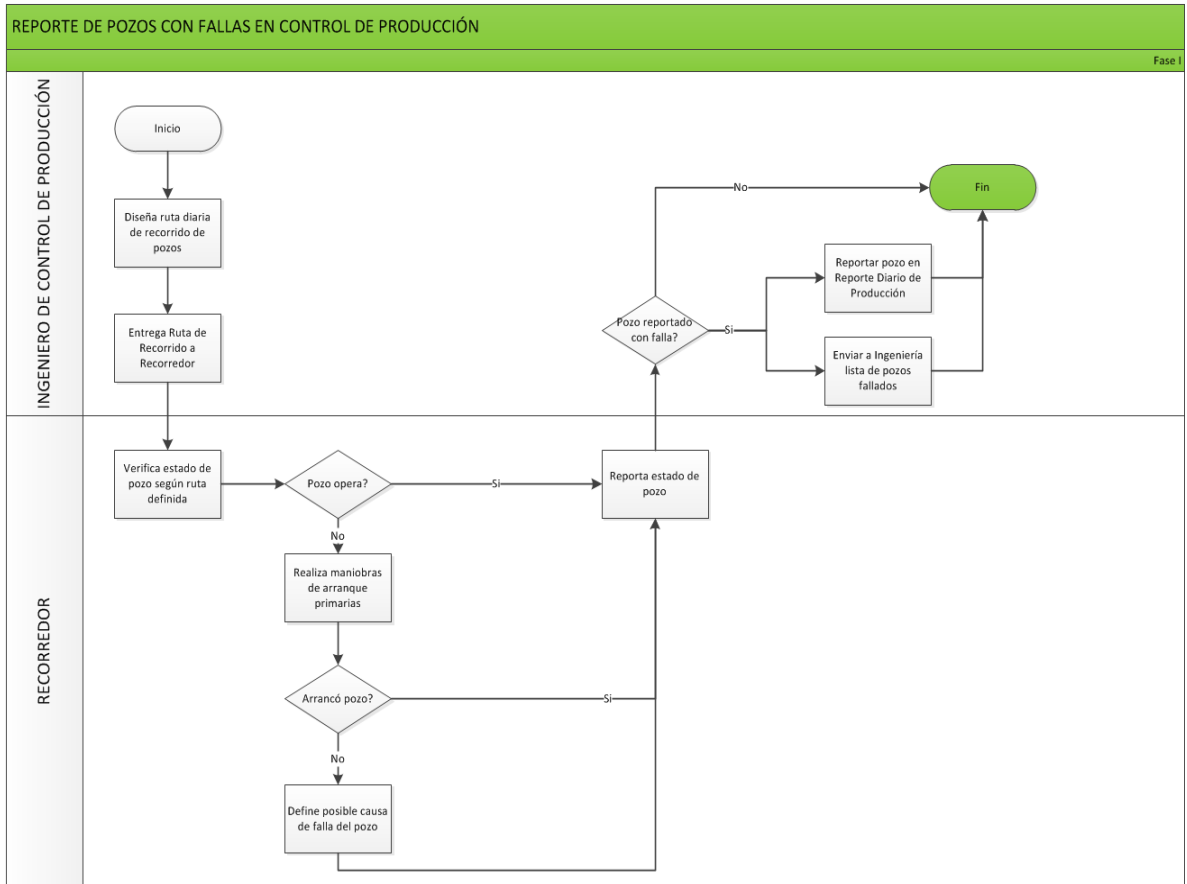
		ALIANZA – DP – M – 001	
	<b>PROYECTO ALIANZA CASABE</b> <b>PLAN DE EJECUCION DEL PROYECTO</b>	Fecha de aprobación:	
		Versión: 0	Página 2 de 3
<b>INSTRUCTIVO PARA REPORTE DE POZOS CON FALLAS EN CONTROL DE PRODUCCIÓN</b>			


7. Revisiones.

Rev No	Fecha	Cambios	Desarrollado por	Revisado por
0	Febrero/ 2/2103		Nathalia Orozco Estudiante en Práctica	Harold Cristian Ingeniero Planeación / Control del Proyecto
<b>Última revisión aprobada por:</b>				<b>Firma</b>

	ALIANZA – DP – M – 001		
	PROYECTO ALIANZA CASABE		
	PLAN DE EJECUCION DEL PROYECTO		
		Fecha de aprobación:	
		Versión: 0	Página 3 de 3
<b>INSTRUCTIVO PARA REPORTE DE POZOS CON FALLAS EN CONTROL DE PRODUCCIÓN</b>			

## Diagrama de Procesos



		ALIANZA – DP – M – 001	
	PROYECTO ALIANZA CASABE PLAN DE EJECUCION DEL PROYECTO	Fecha de aprobación:	
		Versión: 0	Página 2 de 3
<b>INSTRUCTIVO PARA REPORTE DE POZOS CON          FALLAS EN INGENIERÍA</b>			

### 1. Alcance

Aplica desde el Reporte de parada de pozo por parte de “Control de Producción” pasando por la definición de la falla que ocasionó que el pozo haya dejado de aportar producción y finalmente el reporte a Workover de los pozos a intervenir y los trabajos que se deben realizar.

### 2. Objetivo

Establecer la secuencia de actividades que el área de Ingeniería debe llevar a cabo para definir el tipo de falla que debe ser reparada en los pozos que han dejado de producir crudo en el Campo Casabe.


### 3. Flujograma

Ver Diagrama Anexo

### 4. Definiciones

Para comprender mejor el procedimiento se establecen las siguientes definiciones:

- Falla de pozo: Todo evento que no permite al pozo producir y que requiere intervención del equipo de servicio
- Arenamiento: Acumulación de arena y sedimento en el fondo del pozo

		ALIANZA – DP – M – 001	
	<b>PROYECTO ALIANZA CASABE</b> <b>PLAN DE EJECUCION DEL PROYECTO</b>	Fecha de aprobación:	
		Versión: 0	Página 2 de 3
<b>INSTRUCTIVO PARA REPORTE DE POZOS CON FALLAS EN INGENIERÍA</b>			

- Índice medio de fallas (MTBF): Corresponde al tiempo promedio entre un tipo de falla calculado para un pozo.

## 5. Condiciones Generales


- Los pozos evaluados deben ser reportados por Control de Producción.
- El responsable de definir la falla de pozo debe contar con conocimiento en lectura de Cartas Dinamométricas y resultados de Nivel de Fluidos
- Con base en la evaluación técnica y económica del pozo se debe enviar a Control de Producción y de Workover los pozos que deben ser intervenidos y el plan de intervención.

### 5.1 Responsables / Recursos

La verificación de la información producto de la ejecución de las actividades del proceso es responsabilidad del Líder Ingeniería.


## 6. Anexos

- Evaluación económica de pozos

		ALIANZA – DP – M – 001	
	<b>PROYECTO ALIANZA CASABE</b> <b>PLAN DE EJECUCION DEL PROYECTO</b>	Fecha de aprobación:	
		Versión: 0	Página 2 de 3
<b>INSTRUCTIVO PARA REPORTE DE POZOS CON FALLAS EN INGENIERÍA</b>			

7. Revisiones.

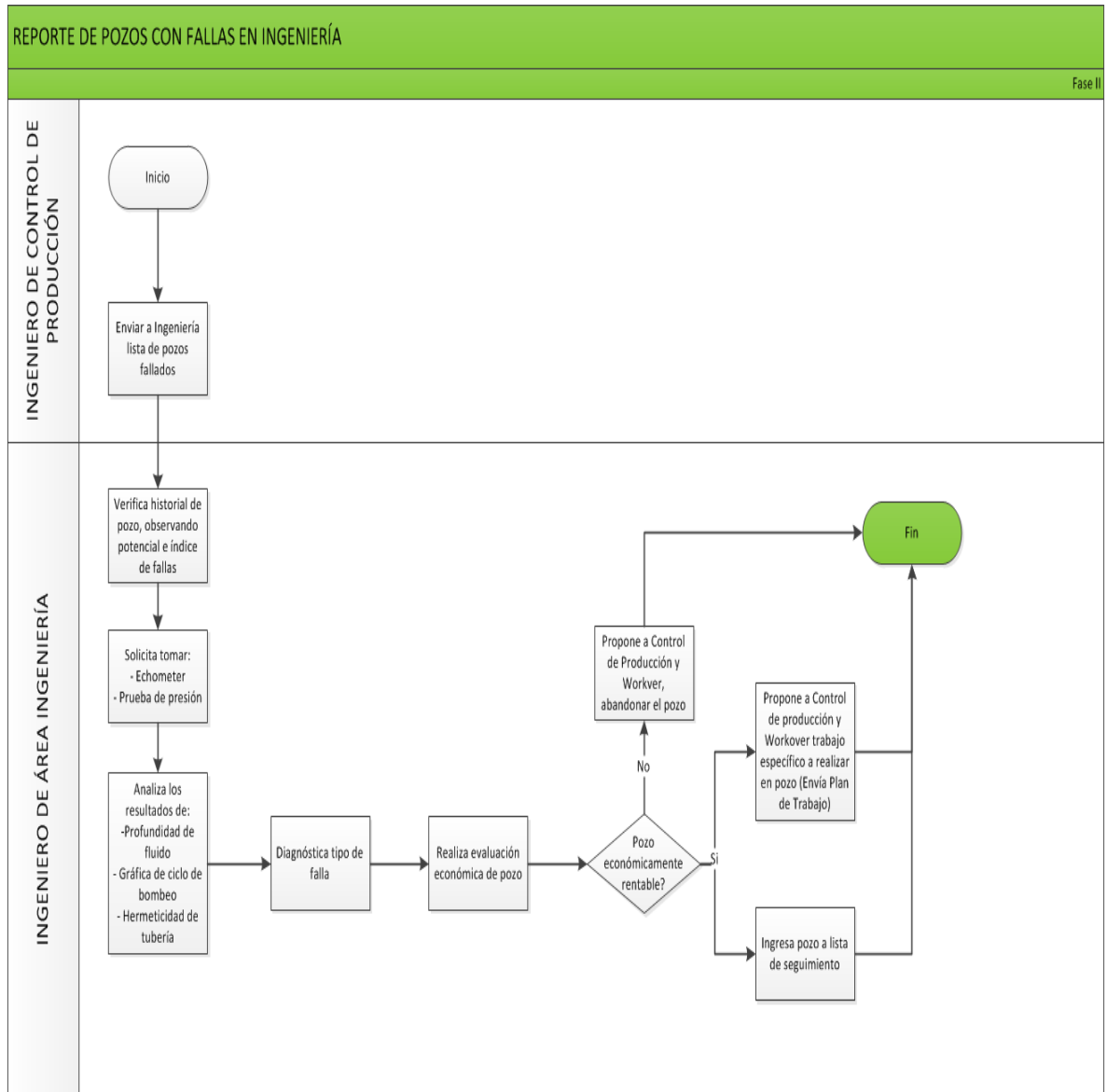
Rev No	Fecha	Cambios	Desarrollado por	Revisado por
0	Febrero/ 2/2103		Nathalia Orozco Estudiante en Práctica	Harold Cristian Ingeniero Planeación / Control del Proyecto
<b>Última revisión aprobada por:</b>				<b>Firma</b>


	ALIANZA – DP – M – 001	
	<b>PROYECTO ALIANZA CASABE</b> <b>PLAN DE EJECUCION DEL PROYECTO</b>	
	Fecha de aprobación:	Página 3 de 3

<b>INSTRUCTIVO PARA REPORTE DE POZOS CON FALLAS EN INGENIERÍA</b>
---

### Diagrama de Procesos



		ALIANZA – DP – M – 001	
	PROYECTO ALIANZA CASABE PLAN DE EJECUCION DEL PROYECTO	Fecha de aprobación:	
		Versión: 0	Página 2 de 3
<b>INSTRUCTIVO PARA REPORTE DE POZOS CON FALLAS EN WORKOVER</b>			

## 1. Alcance

Aplica desde el Reporte de lista de pozos a incluir en Ruta de Workover por parte de “Ingeniería” hasta la salida del equipo del pozo y entrega a “Control de Producción” el pozo en funcionamiento.

## 2. Objetivo

Establecer la secuencia de actividades que el área de Workover debe llevar a cabo para definir intervenir el pozo y entregar el pozo reparado a Control de Producción en el Campo Casabe.


## 3. Flujograma

Ver Diagrama Anexo

## 4. Definiciones

Para comprender mejor el procedimiento se establecen las siguientes definiciones:

- **Equipo Workover**: Todo equipo utilizado en el proceso de terminación de pozos perforados para ponerlos en producción. Se usa para sellar zonas agotadas en pozos existentes, abrir nuevas zonas productoras para aumentar la producción, convertir pozos productores en inyectores, realizar reparaciones de subsuelo, reemplazar equipos de fondo.

		ALIANZA – DP – M – 001	
	PROYECTO ALIANZA CASABE PLAN DE EJECUCION DEL PROYECTO	Fecha de aprobación:	
		Versión: 0	Página 2 de 3
<b>INSTRUCTIVO PARA REPORTE DE POZOS CON          FALLAS EN WORKOVER</b>			

- Ruta de Workover: Documento que compila los trabajos que cada equipo de Workover (Workover y Varilleros) debe realizar en un determinado período de tiempo.
- Abandono: Trabajo realizado en aquellos pozos donde es necesario sellar zonas de producción e inyección.

## 5. Condiciones Generales


- Todo trabajo de intervención debe ser soportado por un plan de trabajo enviado por el área de Ingeniería.
- El ingeniero de Workover debe llevar el control del tiempo de ejecución y los costos por trabajo tomando como referencia un plan de tiempo y costos.

### 5.1 Responsables / Recursos

La verificación de la información producto de la ejecución de las actividades del proceso es responsabilidad del Líder Workover.


## 6. Anexos

No tiene Anexos.

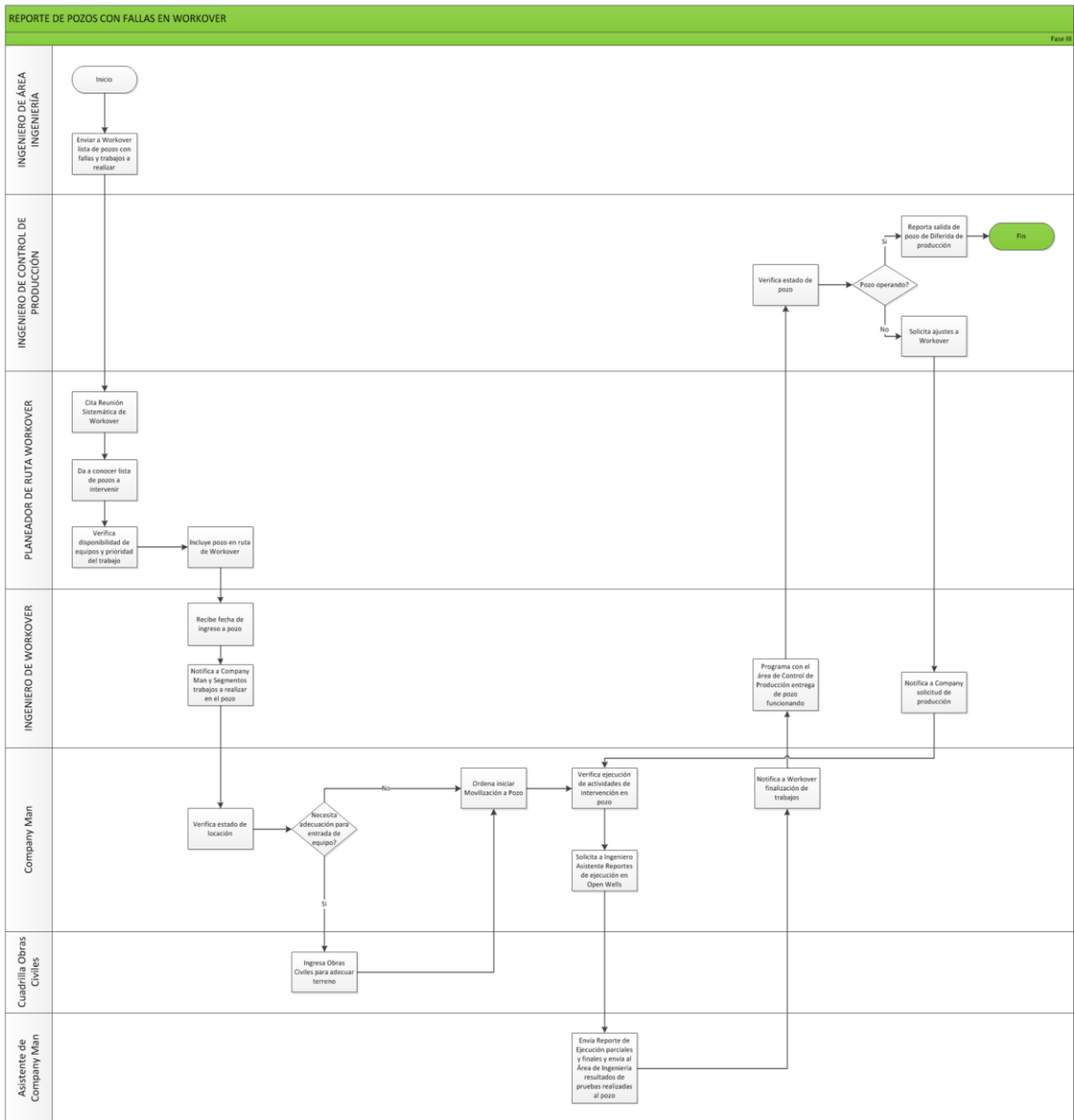
		ALIANZA – DP – M – 001	
	<b>PROYECTO ALIANZA CASABE</b> <b>PLAN DE EJECUCION DEL PROYECTO</b>	Fecha de aprobación:	
		Versión: 0	Página 2 de 3
<b>INSTRUCTIVO PARA REPORTE DE POZOS CON FALLAS EN WORKOVER</b>			

7. Revisiones.

Rev No	Fecha	Cambios	Desarrollado por	Revisado por
0	Febrero/ 2/2103		Nathalia Orozco Estudiante en Práctica	Harold Cristian Ingeniero Planeación / Control del Proyecto
<b>Última revisión aprobada por:</b>				<b>Firma</b>

	<b>ALIANZA – DP – M – 001</b>	
	<b>PROYECTO ALIANZA CASABE</b>	
	<b>PLAN DE EJECUCION DEL PROYECTO</b>	
		Fecha de aprobación:
		Versión: 0
		Página 2 de 3
<b>INSTRUCTIVO PARA REPORTE DE POZOS CON FALLAS EN WORKOVER</b>		

## Diagrama de Procesos



Anexo I. Fichas de identificación de indicadores

**Indicador de cantidad de pozos en cola varilleros.**

FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE INDICADORES				
Índice		Gráfica		
NOMBRE DEL INDICADOR	PRODUCTO / PROCESO	AREA	META 2012	N.
Cantidad de pozos en cola de Varilleros	Operación / Producción / WO	Subactividades WO OPEX	5,00	1
DEFINICIÓN DEL INDICADOR		OBJETIVO ESTRATÉGICO	DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS	
Número de pozos esperando ser atendidos por equipos varilleros por mes		Eficiencia Operativa	- Pozos/mes incluidos en Reporte Diferida de Control.	
FÓRMULA DE CÁLCULO		PERIODICIDAD DE MEDICIÓN	FUENTE INDICADOR	UNIDAD
$\sum_{i=1}^k k_i$		Mensual	- Ruta WO - Reporte Diario Operaciones	# Pozos
RESPONSABLE DE GENERAR EL INDICADOR	RESPONSABLE DEL RESULTADO	METODOLOGÍA DE SEGUIMIENTO Y MEDICIÓN		
Ingeniero Ruta Workover	Líder Workover	Acumulado Mes		
COMENTARIO SOBRE EL INDICADOR				
Considera los pozos que fallan por mes que no fueron atendidos				

Fuente: Elaboración propia.

## Indicador cantidad de pozos en cola equipo de Workover

FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE INDICADORES				
<b>Índice</b>		<b>Gráfica</b>		
NOMBRE DEL INDICADOR	PRODUCTO / PROCESO	AREA	META 2012	N.
Cantidad de pozos en cola de Equipos de Workover	Operación / Producción / WO	Subactividades WO OPEX	5,00	2
DEFINICIÓN DEL INDICADOR		OBJETIVO ESTRATÉGICO	DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS	
Número de pozos esperando ser atendidos por equipos de workover por mes		Eficiencia Operativa	- Pozos/mes incluidos en Reporte Diferida de Control.	
FÓRMULA DE CÁLCULO		PERIODICIDAD DE MEDICIÓN	FUENTE INDICADOR	UNIDAD
$\sum_{i=0}^k k_i$		Mensual	- Ruta WO - Reporte Diario Operaciones WO.	# Pozos
RESPONSABLE DE GENERAR EL INDICADOR	RESPONSABLE DEL RESULTADO	METODOLOGIA DE SEGUIMIENTO Y MEDICIÓN		
Ingeniero Ruta Workover	Líder Workover	Acumulado Mes		
COMENTARIO SOBRE EL INDICADOR				
Considera los pozos que fallan por mes que no fueron atendidos				

Fuente: Elaboración propia.

## Indicador de tiempo promedio de espera en cola de varilleros.

FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE INDICADORES

Índice
Gráfica

NOMBRE DEL INDICADOR	PRODUCTO / PROCESO	AREA	META 2012	N.
Tiempo promedio de espera en cola de Varilleros	Operación / Producción / WO	Subactividades WO OPEX		3

DEFINICIÓN DEL INDICADOR	OBJETIVO ESTRATÉGICO	DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS
Cantidad en días promedio que los pozos esperan a ser atendidos por equipos varilleros por mes	Eficiencia Operativa	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pozos/mes incluidos en Reporte Diferida de Control.</li> <li>- Fecha de parada de pozo</li> <li>- Fecha de ingreso equipo a pozo.</li> </ul>

FÓRMULA DE CÁLCULO	PERIODICIDAD DE MEDICIÓN	FUENTE INDICADOR	UNIDAD
$\frac{\sum_{i=0}^k \text{Fecha de ingreso de equipo} - \text{Fecha de parada de pozo}}{\sum_{i=0}^k k_i}$	Mensual	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ruta WO</li> <li>- Reporte Diario Operaciones WO.</li> </ul>	# Pozos

RESPONSABLE DE GENERAR EL INDICADOR	RESPONSABLE DEL RESULTADO	METODOLOGIA DE SEGUIMIENTO Y MEDICIÓN
Ingeniero Ruta Workover	Líder Workover	Acumulado Mes

COMENTARIO SOBRE EL INDICADOR

Considera los pozos por mes que fueron atendidos por el equipo

Fuente: Elaboración propia.

### Indicador de tiempo promedio de espera en cola de equipos de workover.

FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE INDICADORES				
<b>Índice</b>		<b>Gráfica</b>		
NOMBRE DEL INDICADOR	PRODUCTO / PROCESO	AREA	META 2012	N.
Tiempo promedio de espera en cola de Equipos de Workover	Operación / Producción / WO	Subactividades WO OPEX		4
DEFINICIÓN DEL INDICADOR		OBJETIVO ESTRATÉGICO	DEFINICION DE LOS PARÁMETROS	
Cantidad en días promedio que los pozos esperan a ser atendidos por equipos de workover por mes		Eficiencia Operativa	- Pozos/mes incluidos en Reporte Diferida de Control. - Fecha de parada de pozo - Fecha de ingreso equipo a pozo.	
FÓRMULA DE CÁLCULO		PERIODICIDAD DE MEDICION	FUENTE INDICADOR	UNIDAD
$\frac{\sum_{i=0}^k \text{Fecha de ingreso de equipo} - \text{Fecha de parada de pozo}}{\sum_{i=0}^k k_i}$		Mensual	- Ruta WO - Reporte Diario Operaciones WO.	# Pozos
RESPONSABLE DE GENERAR EL INDICADOR	RESPONSABLE DEL RESULTADO	METODOLOGIA DE SEGUIMIENTO Y MEDICIÓN		
Ingeniero Ruta Workover	Líder Workover	Acumulado Mes		
COMENTARIO SOBRE EL INDICADOR				
Considera los pozos por mes que fueron atendidos por el equipo				

Fuente: Elaboración propia