

**OPTIMIZACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE POZOS CON LA IMPLEMENTACIÓN DE
LA JET SMART MPLT**

WILSON ANÍBAL ALCACIEGA NINACURI

**PROYECTO INTEGRAL DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAGÍSTER EN
ADMINISTRACIÓN (MBA)**

DIRECTOR

JAVIER CORREDOR BELTRÁN

MAGISTER EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS

MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN MBA

BOGOTA D.C.

2024

NOTA DE ACEPTACIÓN

Nombre del director

Firma del Director

Nombre

Firma del presidente Jurado

Nombre

Firma del Jurado

Nombre

Firma del Jurado

Bogotá, D.C. 30 de enero de 2024

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada García Peña

Vicerrectora Académica

Dra. María Fernanda Vega de Mendoza

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Vicerrectora de Investigaciones y Extensión

Dra. Susan Margarita Benavides Trujillo

Secretario General

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decano Facultad Ciencias Económicas y Administrativas

Dr. Carlos Mauricio Veloza Villamil

Directora de programa

Dra. Ana María Espinel Suárez

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente al autor

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a:

A mi amada esposa Rosa Elizabeth Chiluzza Garcia, a mis hijos campeones Jonathan Raíd y Wilson Matías por todo el apoyo y motivación familiar con sacrificio de espacio y tiempo.

A todas las autoridades y docentes de la Universidad de América, por su direccionamiento ético y profesional en la transmisión del conocimiento científico.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por las bendiciones recibidas en sabiduría, paciencia y fortaleza para culminar con éxito este proyecto de gran influencia y buen propósito para la sociedad colombiana e industria oíl & gas.

Agradezco a mi familia por el acompañamiento moral en los momentos más cruciales que permitió la continuidad de mis estudios y la comprensión de la partida de mi hermana Esthelita bajo la voluntad y bendición de Dios.

Agradezco a la Universidad de América por permitir ser parte del programa MBA y cumplir los lineamientos éticos y profesionales para alcanzar la meta propuesta en mi trayectoria profesional.

Agradezco a las empresas Sertecpet SA, Sertecpet de Colombia SA y Clientes del sector oíl & gas de Colombia, en especial al ingeniero Juan Manuel Moggia por confiar y permitir el desarrollo de la prueba exitosa de esta innovación tecnológica “Jet Smart MPLT”.

Agradezco al equipo de la Biblioteca de la Universidad de América por el direccionamiento y revisión al documento final con normas APA.

Finalmente, expreso el cordial y sincero agradecimiento a Javier Beltran, director de este proyecto por su compromiso profesional, conocimiento, aportes y direccionamiento en el desarrollo y finalización de esta tesis posgradual.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
2. JUSTIFICACIÓN	15
3. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN	16
3.1 Objetivo General	16
3.2 Objetivos específicos	16
3.2.1 Implementación de la tecnología Jet Smart MPLT.	16
3.2.2 Beneficio económico con rentabilidad superior al 15%	16
3.2.3 Evaluación financiera del proyecto Jet Smart MPLT	16
4. HIPÓTESIS	17
5. MARCO TEÓRICO	18
6. MARCO CONCEPTUAL	24
7. MARCO METODOLÓGICO	28
8. DISEÑO DE INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	33
9. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN JET SMART MPLT EN EL POZO PILOTO.	36

10. CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS	39
10.1 Objetivo Especifico 1. Implementación de la tecnología Jet Smart MPLT	39
10.2 Objetivo específico 2. Beneficio económico con rentabilidad superior al 15%	45
10.3 Objetivo Especifico 3. Evaluación financiera del proyecto Jet Smart MPLT	49
11. CONCLUSIONES	58
12. RECOMENDACIONES	60
BIBLIOGRAFÍA	61

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 <i>Aplicaciones de registros de producción en métodos de levantamiento artificial</i>	18
Figura 2 <i>Facilidades de superficie para el levantamiento artificial por bombeo hidráulico</i>	20
Figura 3 <i>Sistema de levantamiento artificial por bombeo hidráulico</i>	21
Figura 4 <i>Diseño Bomba Jet MPLT</i>	22
Figura 5 <i>Registro MPLT pozo piloto de la Cuenca De Los Llanos Orientales</i>	23
Figura 6 <i>Curva de productividad del pozo IPR</i>	26
Figura 7 <i>Configuración de sarta de registro</i>	29
Figura 8 <i>Registro MPLT pozo piloto de la Cuenca De Los Llanos Orientales</i>	30
Figura 9 <i>Registro MPLT séptimo pozo de la Cuenca del Valle Magdalena Medio</i>	31
Figura 10 <i>Caso de éxito “Down Flow reductor” basado en la data de la Jet Smart MPLT</i>	32
Figura 11 <i>Secuencia de operaciones Jet Mplt</i>	33
Figura 12 <i>Estado mecánico Pozo piloto</i>	35
Figura 13 <i>Registro Jet MPLT</i>	37

Figura 14 <i>Etapas de producción del levantamiento artificial por bombeo hidráulico tipo Jet.</i>	39
Figura 15 <i>Resultados de la matriz de factores internos y externos</i>	41
Figura 16 <i>Innovación incremental para productos Sertecpet de Colombia SA</i>	42
Figura 17 <i>Distribución Normal Valor Mercado Jet MPLT</i>	56
Figura 18 <i>Sertecpet de Colombia alcanza los ingresos más altos en el año 2023</i>	59

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 <i>Parámetros de producción pozo piloto</i>	28
Tabla 2 <i>Diseño levantamiento artificial con bomba jet</i>	36
Tabla 3 <i>Resumen resultados registro Jet MPLT pozo Piloto.</i>	38
Tabla 4 <i>Matriz de evaluación de los factores internos (MEFI)</i>	40
Tabla 5 <i>Matriz de evaluación de los factores externos (MEFE)</i>	40
Tabla 6 <i>Matriz Mic Mac, ponderación variables del proceso de producción de pozos</i>	43
Tabla 7 <i>Resumen de resultados de la implementación Jet Smart MPLT</i>	44
Tabla 8 <i>Análisis P&G Jet Smart Mplt</i>	46
Tabla 9 <i>Análisis Variación de precios y punto de equilibrio</i>	47
Tabla 10 <i>Resumen escenarios de resultados del análisis P&G</i>	48
Tabla 11 <i>VARIABLES OPERACIONALES</i>	49
Tabla 12 <i>Depreciación y Propiedad Planta Equipo</i>	49
Tabla 13 <i>Estado de Resultados</i>	50
Tabla 14 <i>Flujo Efectivo</i>	51
Tabla 15 <i>Costo de Capital</i>	52

Tabla 16 <i>Costo de Patrimonio</i>	52
Tabla 17 <i>Valoración Patrimonio</i>	53
Tabla 18 <i>Simulación Montecarlo</i>	54
Tabla 19 <i>Análisis Simulación VMCD Equity</i>	54
Tabla 20 <i>Distribución de frecuencias VMCD Equity</i>	55
Tabla 21 <i>Distribución de datos VMCD Equity</i>	56
Tabla 22 <i>Probabilidad y toma de decisiones</i>	57

RESUMEN

La Bomba Jet Smart MPLT, es una tecnología desarrollada que permite correr registros de producción, mientras el pozo produce los diferentes fluidos como petróleo, agua y gas con el sistema de levantamiento artificial asistido por bombeo hidráulico tipo Jet, en este documento se presentan el diagnostico generado en los pozos piloto, donde se identificó la procedencia del repentino incremento de agua de la formación Villeta, permitiendo generar soluciones integrales que contribuya a mejorar la producción de petróleo hasta un 40% , minimizar los volúmenes de agua de formación hasta 30%, reducir el consumo energético y obtener el beneficio económico ambiental sostenible y sustentable para cada activo de la industria oíl & gas.

Palabras Clave: Levantamiento artificial, bombeo hidráulico, jet, registros de producción, petróleo, minimizar agua de formación, beneficio económico, ambiente, sostenible, sustentable.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para las empresas operadoras o extractoras de petróleo y gas, entender la procedencia de los fluidos producidos desde la cara de la formación, los cambios que experimentan en sus propiedades dichos fluidos a lo largo de la vida del pozo, representa un gran valor para los intereses financieros de estas compañías, siendo la problemática el incremento del porcentaje de agua que acompaña al volumen de petróleo y su consecuencia en el tratamiento y disposición final, problemas de integridad de tubing, casing, cemento, cruce de fluidos entre formaciones etc., por tal razón La implementación de la tecnología Jet Smart MPLT es muy importante para obtener la información necesaria y diagnosticar soluciones y toma de decisiones asertivas en el diseño adecuado del completamiento y levantamiento artificial, optimización económica al evitar work overs y cambios de completamientos o sistemas de levantamiento artificial.

2. JUSTIFICACIÓN

La implementación de la tecnología Jet Smart MPLT es muy importante para pozos en desarrollo que requieran evaluar problemas de integridad de tubing, casing, cemento, cruce de fluidos entre formaciones, incremento del volumen de agua de formación etc, con la información y diagnóstico especializado permite tener un gerenciamiento y toma de decisiones asertivas con el diseño adecuado del completamiento y levantamiento artificial, la optimización económica es muy significativa al evitar work overs y cambios de completamientos

3. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

3.1 Objetivo General

Generar un método innovador al sistema de levantamiento artificial tipo jet, para la incorporación de registros eléctricos durante la producción de pozos petroleros, permitiendo su fácil instalación en cualquier etapa de la vida del pozo reduciendo gastos asociados de Workover

3.2 Objetivos específicos

3.2.1 Implementación de la tecnología Jet Smart MPLT.

Implementar la tecnología Jet Smart MPLT en los pozos petroleros exploratorios y de desarrollo para obtención de información del yacimiento durante la producción del pozo y generación de soluciones a los diferentes problemas de integridad de tubing, casing, cemento, cruce de fluidos entre formaciones, incremento del volumen de agua de formación etc.

3.2.2 Beneficio económico con rentabilidad superior al 15%

Evidenciar el beneficio económico de la implementación Jet Smart PLT y su impacto positivo con el análisis de rentabilidad superior al 15%.

3.2.3 Evaluación financiera del proyecto Jet Smart MPLT

Evaluar financieramente el proyecto Jet Smart MPLT y su impacto en la rentabilidad de la empresa Sertecpet de Colombia S.A.

4. HIPÓTESIS

Es viable obtener información en condiciones dinámicas de producción de pozo con registros instalados en la jet Smart MPLT que determinen los parámetros petrofísicos reales y permitan diagnosticar el problema para generar una solución integral que optimice la producción de petróleo y recursos de los clientes.

5. MARCO TEÓRICO

La tecnología de Bomba Smart MPLT brinda una ventaja importante al método de levantamiento artificial tipo jet, sobre los demás sistemas de levantamiento artificial se implementa fácilmente en cualquier etapa del pozo sin tener que incurrir en gastos asociado de Workover y volver a instalar la bomba estándar en el pozo. Tampoco requiere de instalación de herramientas especiales que reduzcan la eficiencia del sistema de levantamiento como es el caso de la bomba electro sumergible con Y-tool.

En la tabla 1 se resumen los métodos de levantamiento artificial que permiten realizar la corrida de registros de pozo. Antes de la implementación de la tecnología Jet Smart MPLT.

Figura 1

Aplicaciones de registros de producción en métodos de levantamiento artificial

Método de levantamiento artificial	Obstrucción	Aplicaciones de registro
Bombeo Mecánico	Sarta de varillas	No aplica
Bombeo Electrosumergible	Bomba centrífuga	No aplica / Opcional Y-Tool
Cavidad Progresiva	Rotor con sarta de varillas	Na aplica
Gas lift	Tubería libre	Aplica, ILT
Bombeo Hidráulico	Bomba de fondo	No aplica

Nota. Esta tabla muestra en que sistema se aplica los registros de producción memorizados (MPLT)

En la industria de hidrocarburos existen varios tipos de registros, los cuales se puede jerarquizar en dos categorías, los registros huecos abierto y los registros en hueco revestido por sus siglas en ingles “Open Hole and Case Hole” respectivamente.

Un PLT se categoriza como un registro a hueco revestido y este es realizado mediante el desplazamiento de una sarta de sensores, configurada de acuerdo con las necesidades y los parámetros que se requiera caracterizar, analizar e interpretar de forma cualitativa y cuantitativa los siguientes escenarios:

✓ **Evaluar.** La distribución de los perfiles de producción y la productividad en las zonas

de interés.

- ✓ **Monitorear.** Cambios en los perfiles de producción y los tipos de fluidos.
- ✓ **Rediseñar.** Simulaciones, modelos de presiones, correlaciones PVT.
- ✓ **Diagnosticar.** Fuentes de altos cortes de agua y gas.
- ✓ **Planificar.** Estimulaciones, aislamientos, trabajos de Workover.

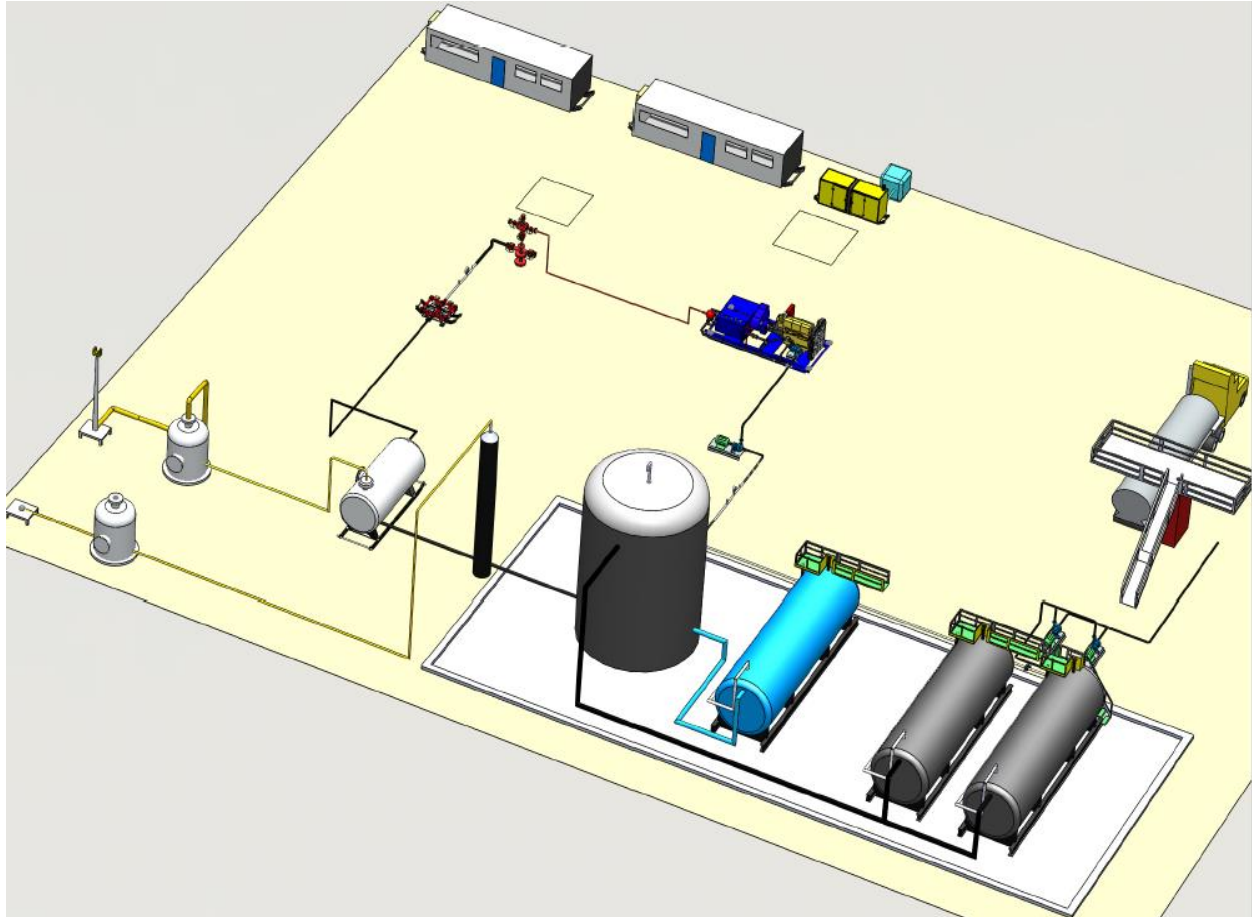
Bomba Jet Smart MPLT.

La Bomba Smart MPLT, es un diseño especial de bomba jet, que se desarrolló con el propósito de permitir desplazar un cable con los registros de pozo en condiciones dinámicas hasta la cara de la formación, permitiendo desplazar a diferentes velocidades la sarta de registro y realizar la medición de variables en función de la profundidad. El desarrollo tecnológico de la Bomba Jet Smart se encuentra en la primera versión y los registros obtenidos son memorizados, a esto se atribuye el nombre de Bomba Jet Smart MPLT.

El Bombeo hidráulico tipo Jet, es un método de levantamiento artificial que consiste en inyectar fluido motriz por medio de una bomba reciprocante, generando una caída de presión a la formación, llamada "Draw Down" esta caída de presión es provocada mediante el efecto Venturi, cuando el fluido motriz es llevado hacia el arreglo boquilla, garganta. Los componentes del método de levantamiento artificial asistido por bombeo hidráulico se describen a continuación junto con el funcionamiento de cada uno de sus componentes como se ilustra en la figura 1 y figura 2.

Figura 2

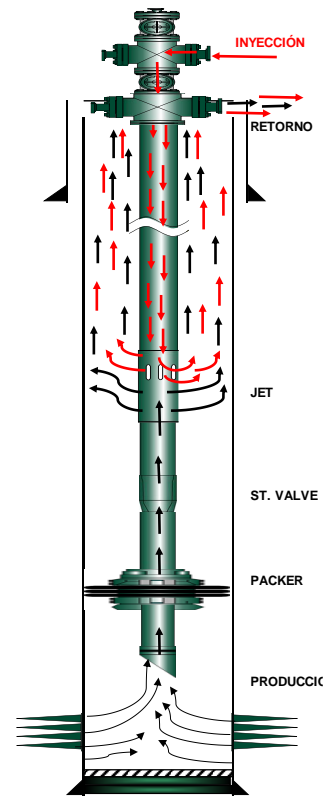
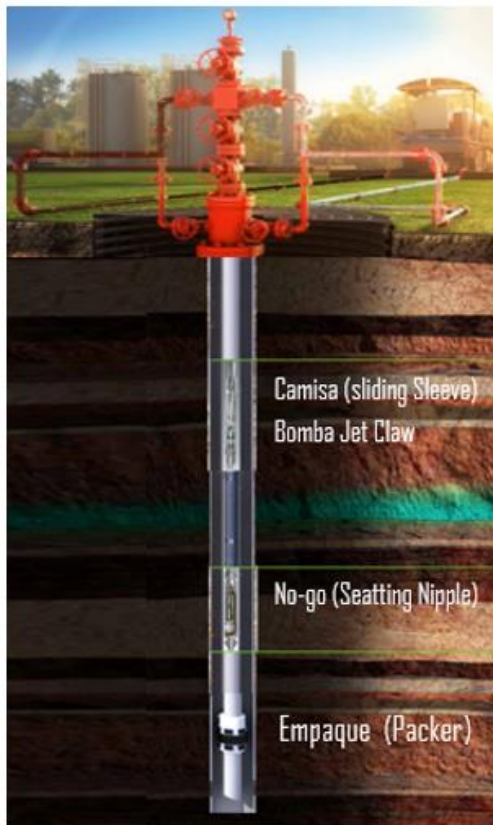
Facilidades de superficie para el levantamiento artificial por bombeo hidráulico



Nota. El grafico representa la distribución de equipos de superficie del sistema de bombeo hidráulico, tomado del manual de operaciones de Sertecpet S A (Sertecpet SA, 2016)

Figura 3

Sistema de levantamiento artificial por bombeo hidráulico

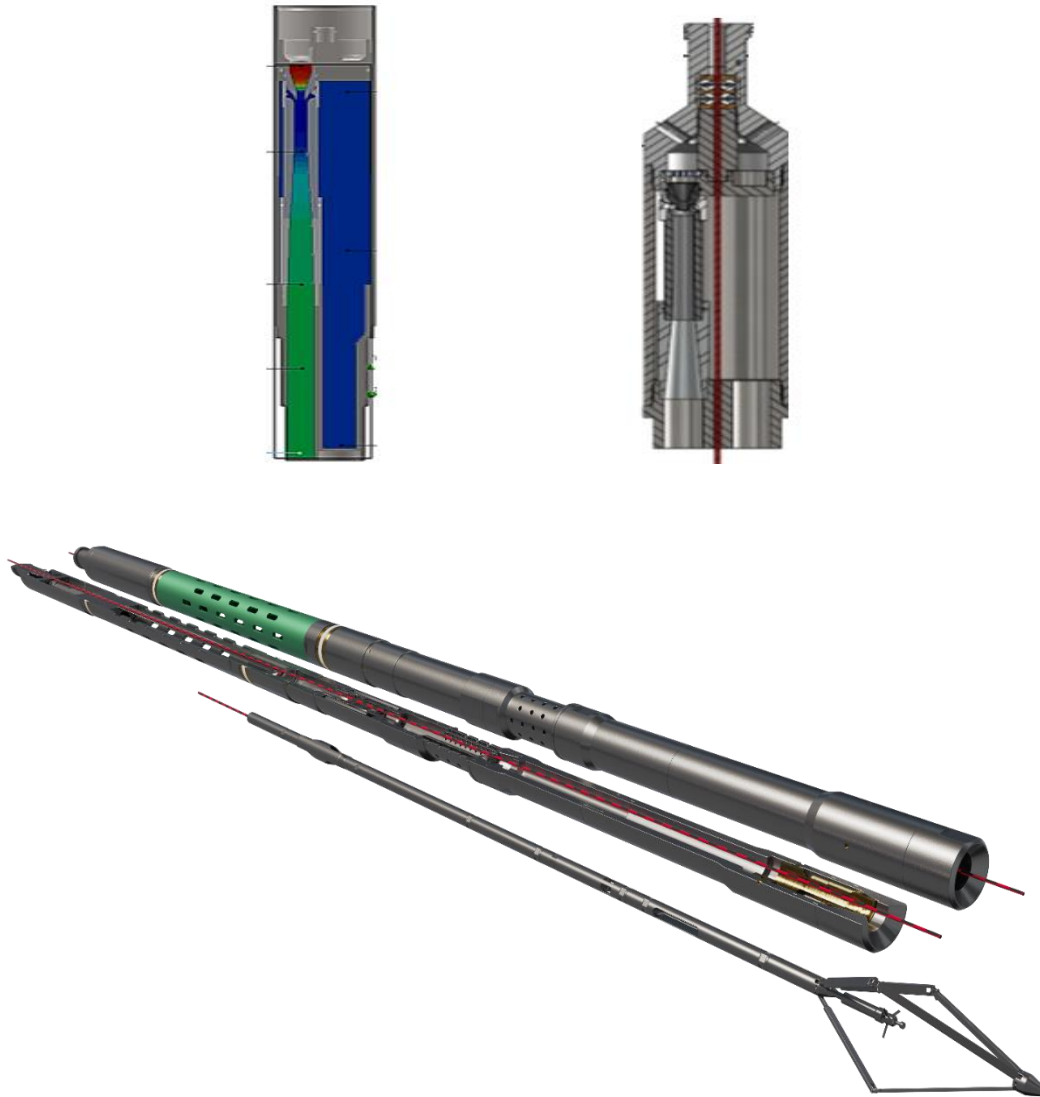


Nota. El grafico representa la estructura mecánica del pozo y la dirección de flujos del sistema de levantamiento artificial de bombeo hidráulico. Tomado de: Sertecpet (2017). *Sistema de Bombeo Hidraulico Jet Claw Sertecpet*. [en linea] disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=CFmwLaHqg8g>

El principio de funcionamiento de la bomba Jet Claw® consiste en aprovechar la energía hidráulica; al inyectar fluido motriz, se logra generar el efecto Venturi, provocando la caída de presión, necesaria para la producción del pozo

Figura 4

Diseño Bomba Jet MPLT

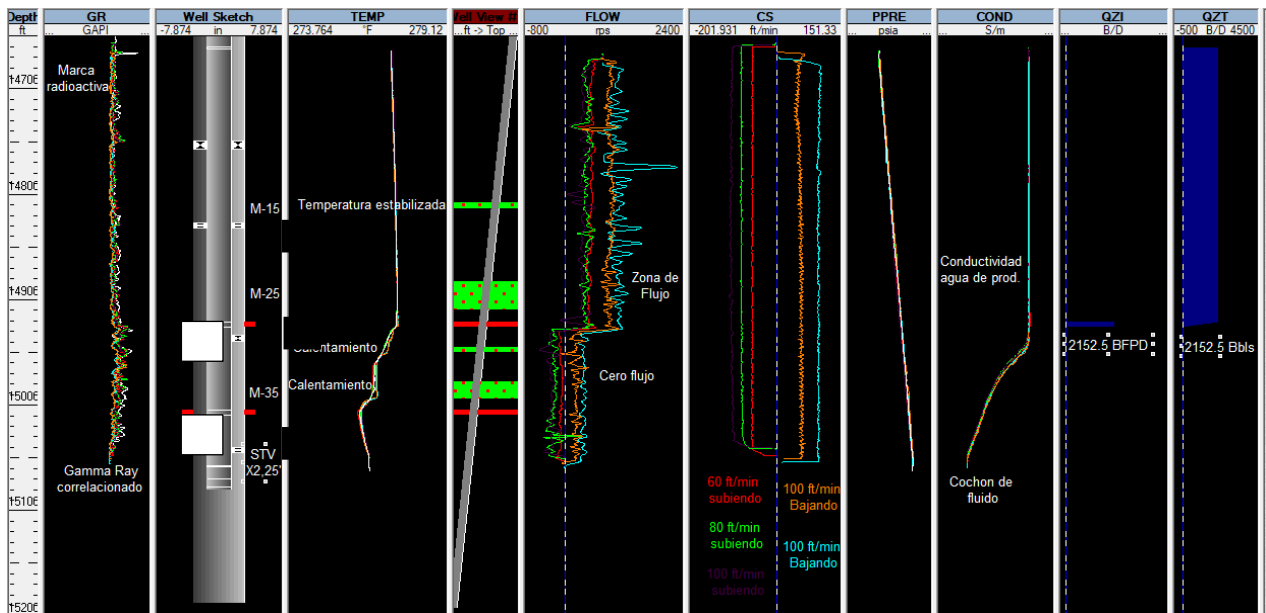


Nota. El grafico representa la parte interna de la bomba jet MPLT y el cable que lo atraviesa, tomado de: Sertecpet S.A. (2022). Jet Pump MPLT: [en línea] disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=ByNdBmYycR8>

La Bomba Jet Smart MPLT, es un diseño especial para obtener información del yacimiento con registros eléctricos durante la producción del pozo, está compuesta en un solo equipo según la figura 3 con la configuración nozzle-throat que permite generar el efecto Venturi para lograr la producción del pozo, el mecanismo de sello para el correcto deslizamiento a diferentes velocidades de cable con sensores por la parte central del dispositivo, finalmente posee un mecanismo de recuperación por tensión de cable y activación del martillo mecánico.

Figura 5

Registro MPLT pozo piloto de la Cuenca De Los Llanos Orientales



Nota. La grafica representa los registros a obtener en el servicio Jet Smart MPLT, tomado de: Sertecpet 2021. Reporte final platanillo 25 jet mplt pp 1 - 33

6. MARCO CONCEPTUAL

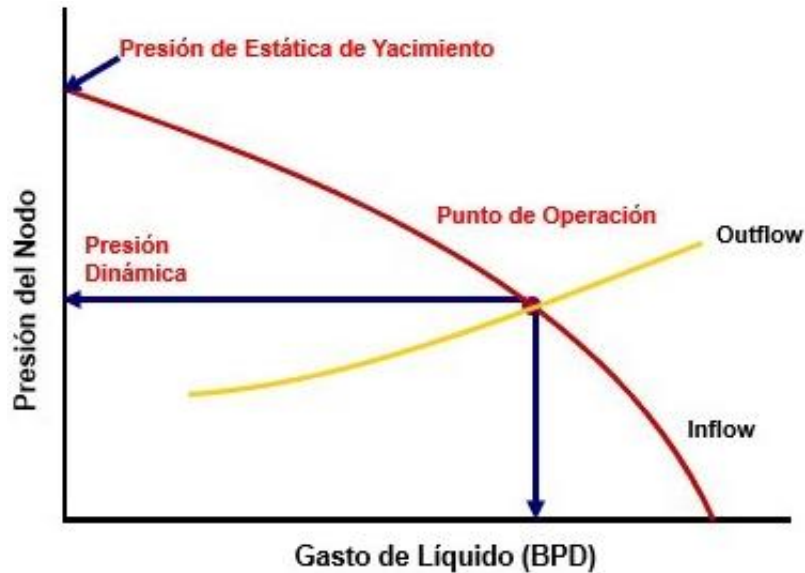
El Bombeo hidráulico tipo Jet, es un método de levantamiento artificial que consiste en inyectar fluido motriz por medio de una bomba reciprocante, generando una caída de presión a la formación, llamada “Draw Down” esta caída de presión es provocada mediante el efecto Venturi, cuando el fluido motriz es llevado hacia el arreglo boquilla, garganta. Los componentes del método de levantamiento artificial asistido por bombeo hidráulico se describen a continuación junto con el funcionamiento de cada uno de sus componentes como se ilustra en la figura 1 y figura 2.

- **Bomba de superficie:** Es una bomba reciprocante, de desplazamiento positivo la cual se caracteriza inyectar a altos caudales y altas presiones, Las presiones pueden variar entre los 800psi y los 3900psi de acuerdo con la configuración de la bomba jet o bomba de subsuelo, igualmente ocurre con el caudal que puede variar entre los 900 Bfpd y los 4000 Bfpd.
- **Fluido motriz:** El fluido motriz es el encargado de alimentar energizar el mecanismo de bombeo hidráulico e impulsar los fluidos de formación. El fluido motriz puede ser agua o crudo dependiendo del corte de agua. Una característica del fluido motriz es que no entra en contacto con la formación. (Sagnay, 2018)
- **Tanque de almacenamiento:** El tanque de almacenamiento es un recipiente en el cual se conecta la succión de la bomba de superficie, donde alimenta el sistema de fluido motriz, en el caso de trabajar en sistema cerrado, este mismo tanque puede ser el encargado de recibir la mezcla de fluido de producción con fluido de inyección.
- **Camisa de circulación:** La camisa de circulación cumple la función de comunicar o aislar el espacio anular respecto a la tubería de producción o comunicarlos al ser operada mediante herramientas de slick line. También cumple la función de alojar la Bomba Jet.
- **Empaque:** El empaque es el encargado de brindar un sello entre la tubería y el revestimiento, gracias a este mecanismo se puede separar las presiones de fondo fluvente respecto a las presiones hidrostáticas que actúan en el sistema.
- **Niple de asentamiento:** Es un dispositivo que permite colgar de herramientas de control de pozo.

- **Standing Valve:** Es una herramienta de activación hidráulica, la cual cumple la función de aislar la presión de la columna hidrostática y la presión de fondo fluuyente.
- **Presión estática de fondo (P*):** Es la presión que ejercen las rocas en el yacimiento, la presión estática del fluido en un yacimiento es la presión que existe cuando no hay alteraciones mecánicas o de flujo.
- **Presión de fondo fluuyente (Pwf):** Es la *presión* que se mide en el *fondo* de un pozo a nivel de la zona de los disparos cuando el pozo está siendo producido o los fluidos están en movimiento.
- **Presión del punto de burbuja (Pb, psi):** Se denota como Pb. Es la presión a la cual la primera burbuja de gas comienza a liberarse del petróleo. También es llamada presión de saturación. Cada yacimiento tiene su presión de burbuja particular. La presión del punto de burbuja se determina en función de la temperatura, la gravedad específica del gas, γ_g , la gravedad específica del petróleo, γ_o , y la cantidad de gas disuelto en el crudo
- **Draw Down (DD):** Es la caída de presión o la diferencia entre la presión estática de fondo y la presión de fondo fluuyendo ($DD = P^* - P_{wf}$).
- **Índice de productividad (IP):** Es la relación entre el caudal y el DD que indica la capacidad de un pozo para producir ($IP = Q / (P - P_{wf})$), las unidades son **BPD/psi**.
- **Curvas de comportamiento de afluencia (IPR):** Curva de productividad del pozo por sus siglas en inglés, Inflow Performance Relationship, Es la representación gráfica de las presiones fluyentes (P_{wf}) y las tasas de producción que el yacimiento puede aportar al pozo para cada una de dichas presiones, Es decir para cada p_{wf} existe una tasa de producción de líquido, En el caso del flujo bifásico, donde la presión promedio del reservorio se encuentre por debajo del punto de burbuja, es recomendable utilizar la ecuación de Vogel.

Figura 6

Curva de productividad del pozo IPR



Nota: La grafica representa la tasa de producción que el yacimiento puede aportar a una presión de fondo fluyente. Tomado de: Cayros Group (2019). Productividad de Pozos Usando la Técnica del Análisis Nodal: [en línea] disponible en: <https://es.linkedin.com/pulse/productividad-de-pozos-usando-la-t%C3%A9cnica-del-an%C3%A1lisis-p%C3%A9rez-mares> (Perez, 2019)

$$IP = \frac{Q_{o_{test}}}{(P_r - P_b) + \left(\frac{P_b}{1.8}\right) \left[1 - 0.2\left(\frac{P_{wf_{test}}}{P_b}\right) - 0.8\left(\frac{P_{wf_{test}}}{P_b}\right)^2\right]}$$

Donde:

IP: índice de productividad (bpd/psi)

Qotest: Caudal de petróleo de prueba (bpd)

Pr: Presión de reservorio (psia)

Pb: Presión del punto de burbuja (psia)

Pwf test: Presión de fondo fluyente de prueba (psia)

- **Bomba Jet:** Es una Bomba sin piezas móviles, que se instala en la camisa de circulación; A través de esta, se inyecta fluido motriz a altas presiones y altos caudales, originando mediante el efecto Venturi, la caída de presión en la formación, “Draw Down”, este efecto genera, que los fluidos contenidos en las formaciones productoras sean transportados junto con el fluido motriz. Los diseños de la Bomba Jet se realizan de acuerdo a parámetros de fluidos a producir, tasa de producción esperada, al diámetro y la longitud de la camisa de circulación, el índice de productividad del pozo.
- **Boquilla:** Componente interno de la bomba Jet, mediante él se produce la transformación de energía potencial a energía cinética.
- **Garganta:** En esta pieza, ocurre un aumento de presión y la mezcla de fluido motriz con el fluido de formación.

(ÁLVAREZ, 2018)

7. MARCO METODOLÓGICO

El pozo piloto en el cual se realizó la corrida de la tecnología, Bomba Jet Smart MPLT, es un pozo perteneciente a la Cuenca De Los Llanos Orientales, este pozo “Pozo piloto” el cual presentó una producción estable de fluido diario de 750BFPD, con un corte de agua del 50% hasta el mes de noviembre del 2021, posterior a esto se incrementó exponencialmente el corte de agua hasta el 100% y aumento el fluido total producido a 1200BFPD. Los datos generales del pozo, se resumen la tabla 2.

Tabla 1

Parámetros de producción pozo piloto


Parámetros de Producción	Promedio noviembre 2021	Promedio enero 2022
Caudal de Producción BFPD	750	1200
API	25	10
Corte de agua %	50%	100%
Cloruros ppm	6300	15000


Nota. Esta tabla muestra los parámetros de producción antes y después del daño de la formación

En el mes de enero del 2022 se decide implementar el primer piloto para la Cuenca De Los Llanos Orientales de la tecnología Smart MPLT, mediante la configuración de una sarta de registro como se evidencia en la figura 7.


Figura 7

Configuración de sarta de registro


ESQUEMA	DESCRIPCIÓN	Serial No.	Diámetro O.D. (in)	Longitud (ft)	Profundidad (ft)
	Rope Socket	n/a	1.750	2.00	0
	Weight Bar	n/a	1.750	5.00	2.00
	Weight Bar	n/a	1.750	5.00	7.00
	Knuckle Joint	n/a	1.750	0.50	12.0
	Swivel Joint	n/a	1.750	0.50	12.5
	In Line Flowmeter	n/a	1.687	1.50	13.0
	Gamma Ray CCL	n/a	1.687	2.00	14.5
	Pressure-Temperature	n/a	1.687	2.00	16.5
	Centralizer	n/a	6.50	1.50	18.5
	In Line Flowmeter	n/a	1.687	1.50	20.0
	Spectral sonometer	n/a	1.687	1.87	21.5
Total, medida sarta con sensores		n/a	6.5"	23.37	n/a




Inline -
Flowmeter



Fullbore
flowmeter



Fullbore
flowmeter



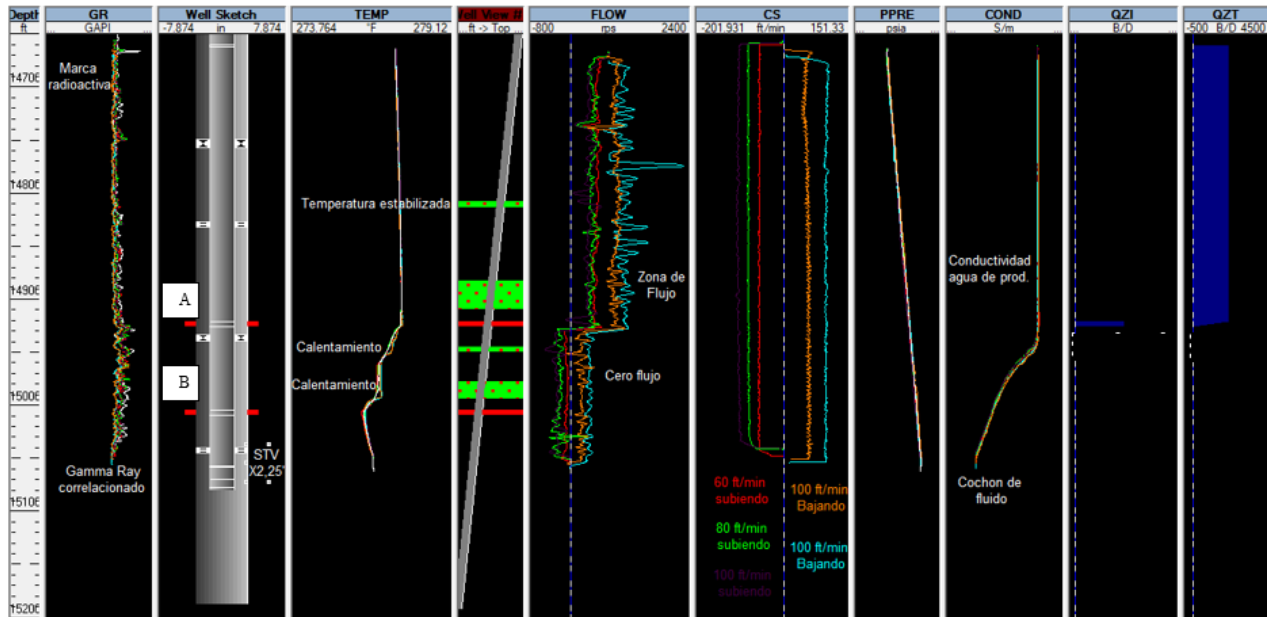
Sarta PLT

Nota. La Figura representa los accesorios y registros del pozo piloto, tomado del programa operacional del pozo piloto

Como se evidencia en la figura 5. En el track Well sketch, el pozo presenta un completamiento de tipo selectivo con dos zonas de interés, A y B, de las cuales la única zona abierta a producción es la zona A, las curvas obtenidas de flujo muestran la procedencia del fluido producido asociado a la zona A y es validado por el comportamiento de las curvas de conductividad, donde se evidencia el cambio característico para una zona productora de agua; sin embargo el comportamiento obtenido por las curvas de temperatura sugieren que mientras el pozo se encuentran en condiciones dinámicas, presenta un calentamiento anómalo en los perforados que se identifican de color verde en la zona aislada (Ken Arnold, 1999), al realizar un análisis exhaustivo se pudo determinar que el fluido producido proviene de la zona B y está siendo arrastrado por efectos de la caída de presión ejercida por la bomba generado hacia la zona A.

Figura 8

Registro MPLT pozo piloto de la Cuenca De Los Llanos Orientales

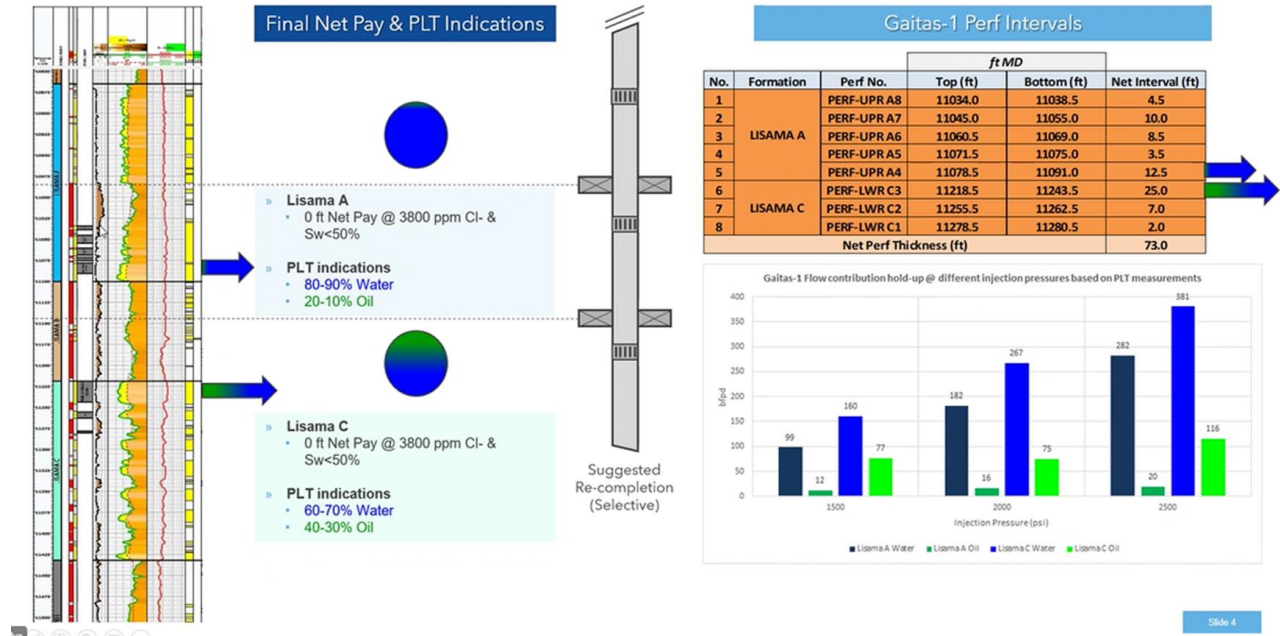


Nota. Esta figura representa la gráfica de los registros de conductividad, presión, temperatura, flujo, tomado del reporte e interpretación del pozo piloto.

Después de la prueba exitosa en el pozo pilo, la tecnología Jet Smart MPLT se implementó en 7 pozos adicionales obteniendo diagnostico real del problema y generando soluciones, esto permitió obtener ingresos adicionales a la innovación Jet Smart MPLT:

Figura 9

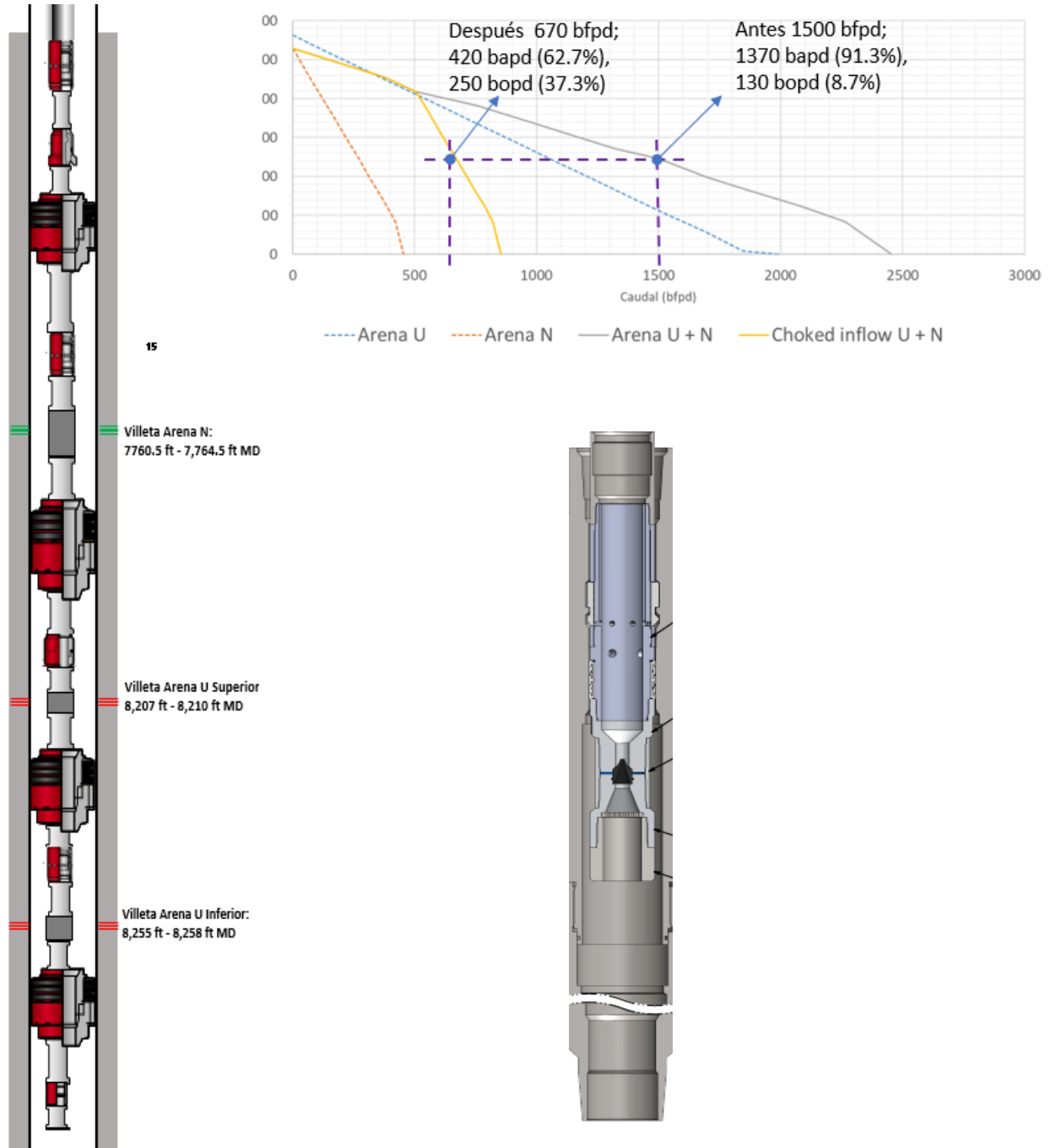
Registro MPLT séptimo pozo de la Cuenca del Valle Magdalena Medio



Nota La figura representa el resumen del registro MPLT en otro pozo adicional, identificando la profundidad y la clasificación de fluidos. Tomado del Reporte de interpretación gaitas-1

Figura 10

Caso de éxito "Down Flow reductor" basado en la data de la Jet Smart MPLT



Nota: La figura representa el caso de éxito "Down Flow reductor" basado en la data de la Jet Smart MPLT del pozo piloto que se encuentra en el mismo campo petrolero, reduciendo el volumen de agua de 1370 a 420 BAPD, optimizando la producción de petróleo de 130 a 250 BOPD

8. DISEÑO DE INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

El instrumento implementado para la correcta ejecución de la prueba se basa en el siguiente esquema de actividades.

Figura 11

Secuencia de operaciones Jet Mplt



Nota. La figura representa las actividades a desarrollar en cada trabajo de la Jet Smart MPLT, tomado del Procedimiento operativo Jet MPLT.

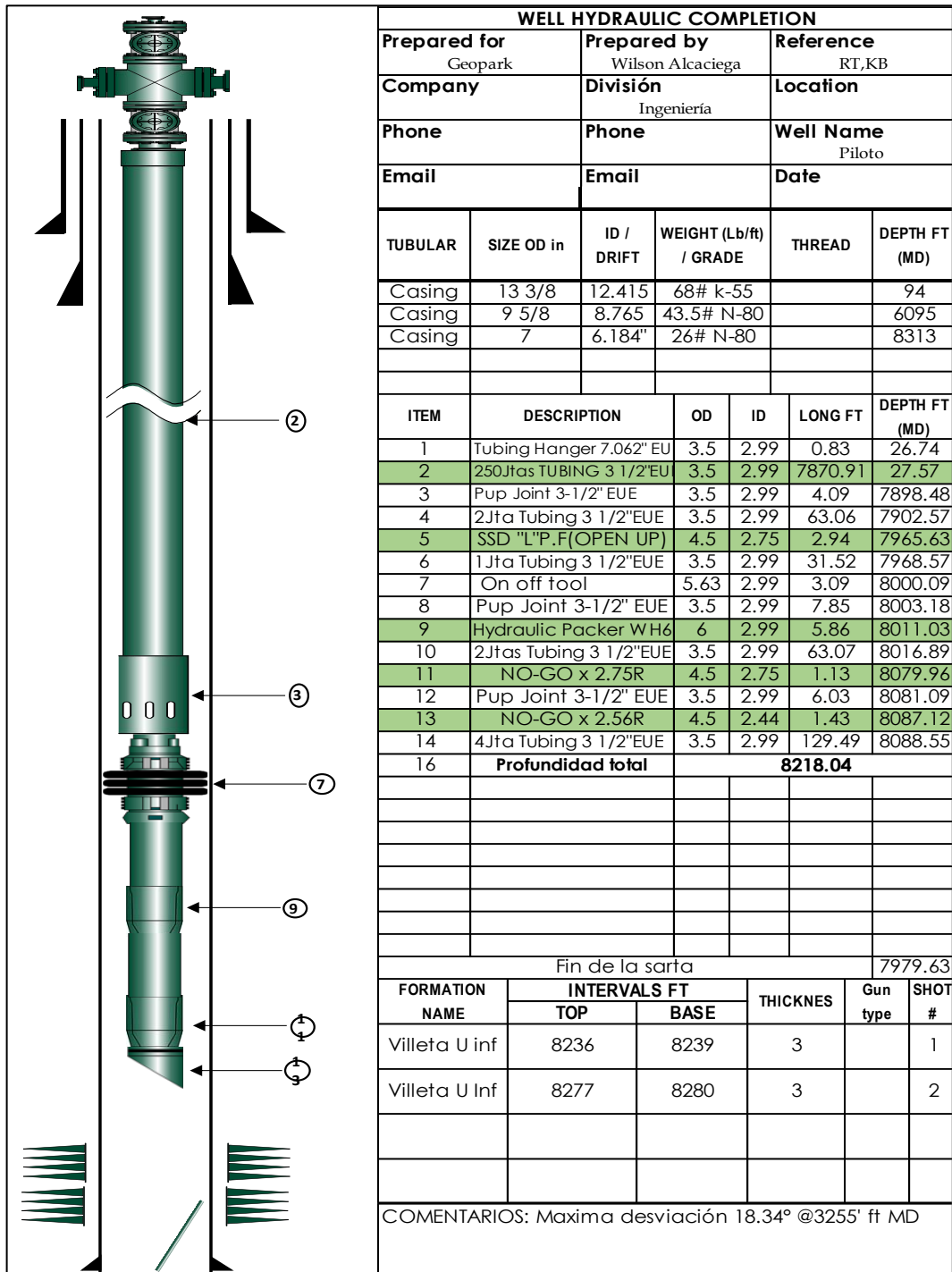
El programa operativo socializado al cliente y personal del proyecto permite tener control de cada evento:

- Recepción de locación, charla de seguridad, firma de permisos de trabajo
- Rig up de slickline / probar equipo de presión
- Armar sarta y recuperar bomba jet
- Recircular pozo para limpieza
- Recuperar standing valve
- Realizar corrida de calibración (con Jet Pump / sin sensores)

- Armar sarta de registros y realizar corrida de MPLT + Jet Pump
- Incrementar presión de inyección en rampas de 500 psi hasta alcanzar la presión estabilizada del pozo
- Parar bombeo y realizar PBU
- Recuperar sarta de registros y bomba jet
- Instalar standing valve
- Instalar nuevamente la bomba jet de producción
- Rig down de unidad de SL
- Generar reportes de producción e interpretación de la data de registros eléctricos.

Figura 12

Estado mecánico Pozo piloto



Nota. La figura representa la información mecánica del pozo piloto y los accesorios instalados a diferentes profundidades. tomado del reporte operacional Sertecpet de Colombia S.A.

9. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN JET SMART MPLT EN EL POZO PILOTO.

Los resultados se basan en la correlación de la producción del pozo e identificación del punto operacional según la curva IPR:

Tabla 2 Diseño levantamiento artificial con bomba jet

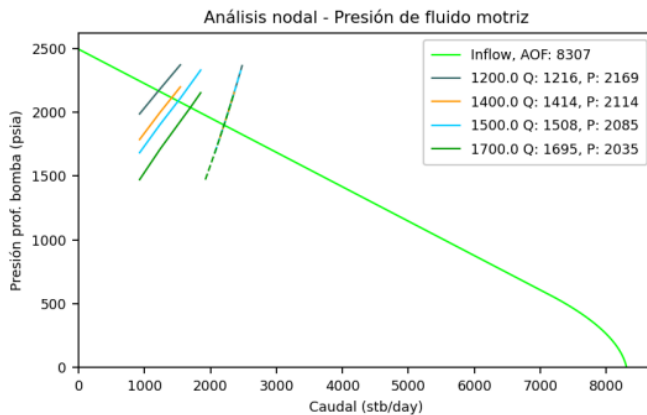
Diseño levantamiento artificial con bomba jet




Selección bomba jet - Pozo Piloto

Code: EC.GC.ID.RE.02
Version: 01
Date: 21-03-2022
Confidential

PVT	IPR	Completamiento y Flujo
Correlación presión de burbuja: Al-Marhoun	Modelo: Vogel Compuesto	Profundidad reservorio: 8258.0 ft
Presión de reservorio: 2600.0 psia	Presión fluyente: 2187.8 psia	profundidad bomba: 7968.6 ft
Temperatura de reservorio: 173.0 °F	Caudal de prueba: 1534.0 stb/day	Tipo de bomba jet: Directa
Presión de burbuja: 576.0 psia	IP Fluido: 3.721 stb/day/psia	Fuente de fluido motriz: MTU
Factor volumétrico: 1.094 rb/stb	Caudal máximo fluido: 8723.1 stb/day	Correlación flujo multifásico: Beggs and Brill



Bomba Jet Claw 12L



Caudal producción:	1543.0 stb/day
Presión fluido motriz:	1523.7 psia
Caudal fluido motriz:	2111.4 stb/day
Presión de entrada jet:	2077.4 psia
Caudal de cavitación:	2314.6 stb/day
Eficiencia bomba jet:	56.7 %
Presión de retorno:	40.0 psia
Potencia bomba superficie:	64.3 hp
Tipo de fluido motriz:	Agua

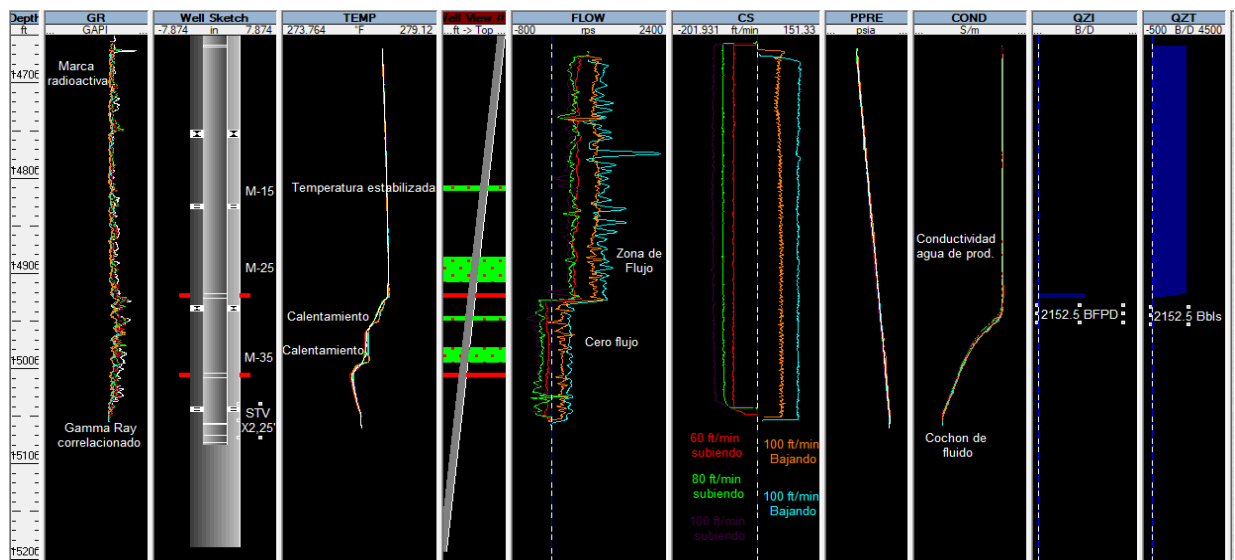
Geometría	Presión fluido motriz (psia)	Caudal fluido motriz (stb/day)	Caudal de diseño (stb/day)	Pwf (psia)	Presión de entrada (psia)	Drawdown (%)	Presión de descarga (psia)	Caudal de cavitación (stb/day)	Eficiencia mecánica (%)	Potencia requerida (hp)	Tipo
12L	1523.7	2111.4	1543.0	2185.4	2077.4	15.9	3244.3	2314.6	56.7	64.3	Directa
12L	1736.1	2217.0	1800.0	2116.3	2008.1	18.6	3229.9	2272.9	57.9	77.0	Directa
12L	1286.7	1981.2	1200.0	2277.5	2169.9	12.4	3273.1	2369.1	53.2	51.0	Directa

Nota. La tabla representa la simulación del diseño de bomba Jet Smart MPLT 12L con los caudales de producción e inyección, tomado del software Syal de Sertecpet S A.

Los registros gama ray, ccl, capacitancia, resistividad, presión, temperatura, Flow meter obtenidos a diferentes velocidades generan datos y graficas que permiten cuantificar el porcentaje de agua por profundidad de cada yacimiento de la siguiente manera:

Figura 13

Registro Jet MPLT



Nota. Esta gráfica representa los registros de conductividad, presión, temperatura y flujo, tomado del reporte e interpretación del pozo piloto.

Tabla 3

Resumen resultados registro Jet MPLT pozo Piloto.

ZONES	INTERVALS FT	WATER STB/D	OIL STB/D	TOTAL STB/D	%	GAS MSCF/D
U SUPERIO	8236 - 8239	1110.5 98%	26.61 2%	1137.11 100%	71.71%	11.02
U INFERIO	8277 - 8280	432.79 96%	15.91 4%	448.7 100%	28.29%	5.13
TOTAL POZO		1,543.29 97%	42.52 3%	1,585.81 100%	100.00%	16.15

Nota. La tabla representa los resultados del pozo Piloto, tomado del reporte e interpretación del pozo piloto.

De acuerdo con la tabla de resultados #3, se observa que, del total del fluido producido por el pozo, la arena U Superior es la que realiza el mayor aporte de agua con 1110.5 BAPD, el intervalo inferior aporta 432 BAPD, razón por la cual el aporte de crudo es mínimo de 42,52 BOPD, El cliente tomo decisión de aislar el intervalo superior y proyectar una estimulación en el futuro.

10. CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS

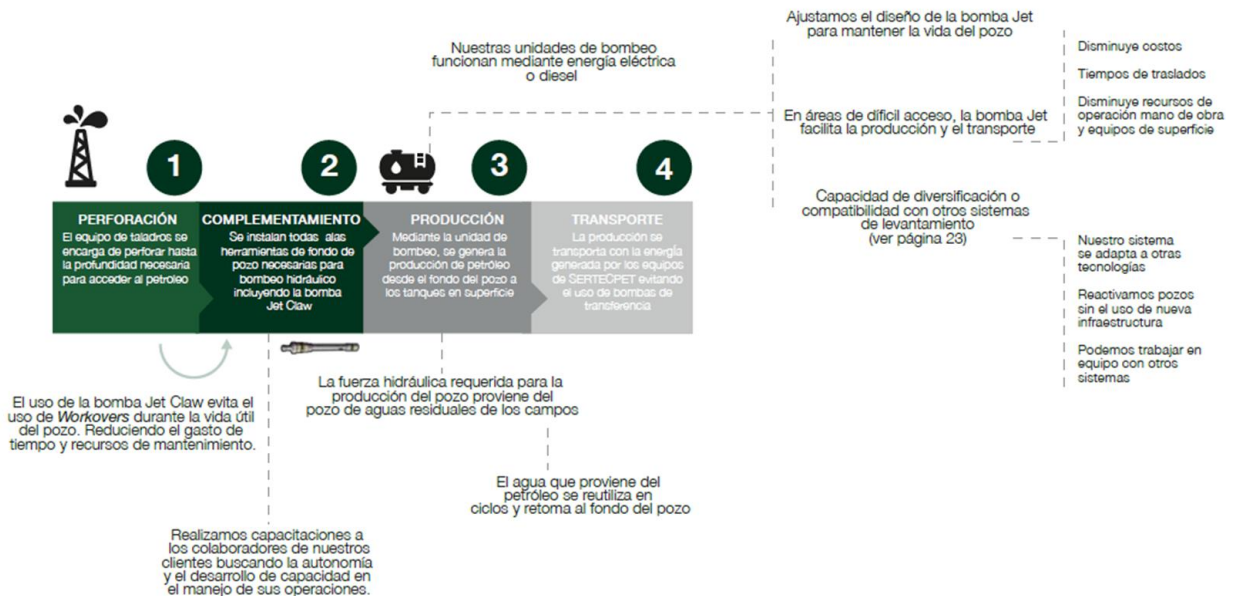
10.1 Objetivo Especifico 1. Implementación de la tecnología Jet Smart MPLT

La implementación de la tecnología se basa en el análisis de los procesos de producción y las variables que identifican la problemática y estrategias a seguir para innovar el producto que dé solución al requerimiento del Cliente.

Figura 14

Etapas de producción del levantamiento artificial por bombeo hidráulico tipo Jet.

ETAPAS DE PRODUCCIÓN DE UN BOMBEO HIDRÁULICO



Nota. La figura representa los procesos de operación del pozo piloto. Tomado de: Sertecpet de Colombia S.A. (2019). Informe de sostenibilidad 2019. p 19.

La importancia y grado de efectividad de este análisis para crear la estrategia competitiva se basa en el análisis de la matriz de factores internos (MEFI) y de la matriz de factores externos (MEFE) (Gehsiy, 2016).

Tabla 4*Matriz de evaluación de los factores internos (MEFI)*

Factores internos clave	Importancia Ponderación	Clasificación Evaluación	Valor
Fortalezas (entre 5 y 10 factores)			
1. Equipos patentados,	12%	3	0.36
2. Tecnología e innovación	15%	4	0.60
3. Posicionamiento a nivel Nacional	8%	3	0.24
4. Alianzas Estrategicas (combinación de tecnologías)	5%	2	0.10
5. Personal altamente calificado (Tecnico-administrativo=Integrales)	10%	3	0.30
Debilidades (entre 5 y 10 factores)			
1. Altas Tarifas	11%	2	0.22
2. Demora en tiempos de construcción e importaciones de los equipos diseñados	9%	3	0.27
3. Pozos con fluidos abrasivos	5%	1	0.05
4. Falta de Infraestructura (Zona Franca Planta de diversificación)	10%	2	0.20
5. Falta de Capacitación	15%	4	0.60
Total	100%		2.94

Nota. La tabla muestra la ponderación de la fortaleza y debilidades internas de la empresa Sertecpet de Colombia S.A.

El análisis indica un balance positivo 2.94 >2.5, por lo tanto, la organización tiene más fortalezas que debilidades.

Tabla 5*Matriz de evaluación de los factores externos (MEFE)*

Factores externos clave	Importancia Ponderación	Calificación Evaluación	Valor
Oportunidades (entre 5 y 10 factores)			
1. Expansión y aplicación a los demás campos petroleros que manejan sistemas similares	15%	4	0.60
2. Ampliar operaciones en el sector off shore	5%	1	0.05
3. Reactivación de pozos con tecnología personalizada	8%	2	0.16
4. Reconocimiento de la empresa (marca Sertecpet)	10%	2	0.20
5. Proyectos de ahorro energético	12%	3	0.36
Amenazas (entre 5 y 10 factores)			
1. Alta competencia en proyectos de EPF (no permite desarrollo)	15%	4	0.6
2. Remanufactura sin calidad de productos patentados	7%	1	0.07
3. Competencia desleal en precios	8%	1	0.08
4. Falta de requisitos legales, calidad para presentaciones de las ofertas	9%	3	0.27
5. Paros comunitarios	11%	3	0.33
Total	100%		2.72

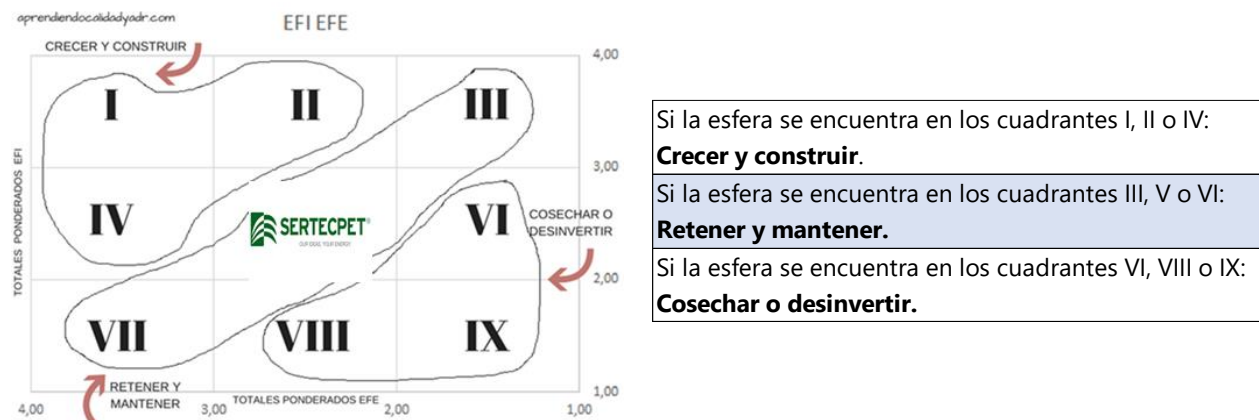
Nota. La tabla muestra la ponderación de Oportunidades y amenazas externas de la empresa Sertecpet de Colombia S.A.

El análisis indica un valance positivo $2.72 > 2.5$, por lo tanto, la organización tiene más oportunidades que amenazas.

Con el resultado de las dos matrices se genera la siguiente gráfica: ($X=MEFE=2,72$)
($Y=MEFI=2,94$)

Figura 15

Resultados de la matriz de factores internos y externos

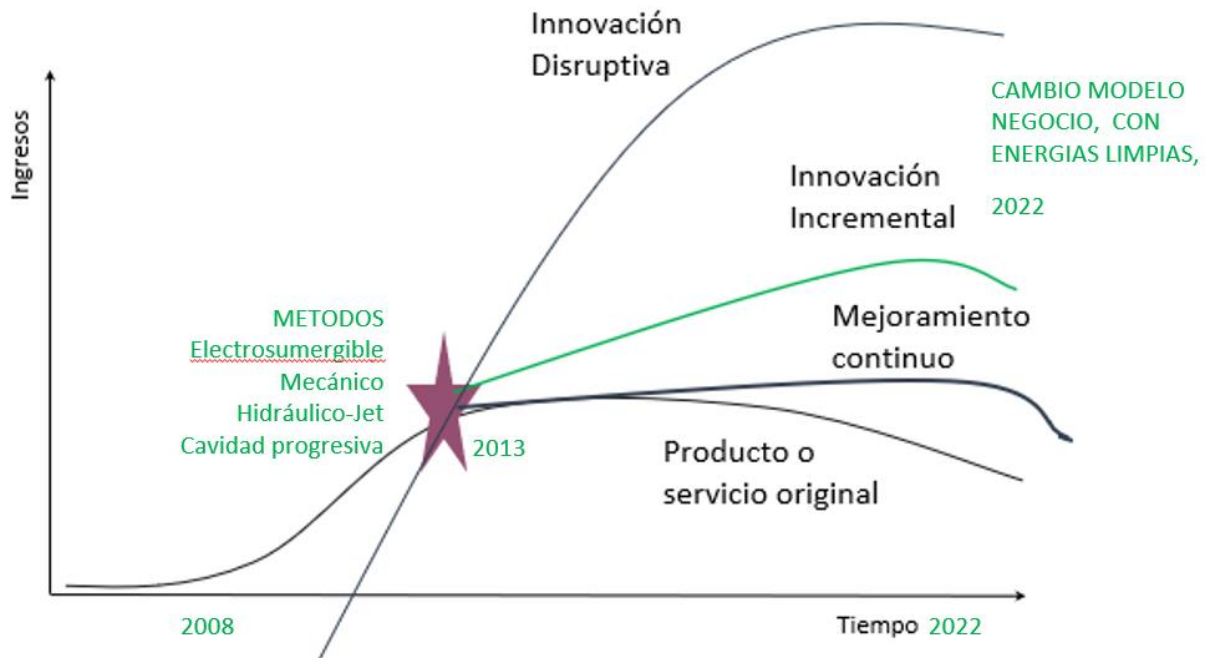


Nota. La grafica representa el resultado de los analisis internos y externos de Sertecpet de Colombia S.A.: [en linea] disponible en: <https://aprendiendocalidadyadr.com/herramientas-analisis-contexto-mefi-mefe/>

La estrategia competitiva de la empresa por su trayectoria operacional desde el año 2008 **obedece a retener y mantener a los clientes y aliados**, para esto el camino a seguir es la innovacion a los productos y lineas de negocio de la empresa Sertecpet de Colombia S.A.

Figura 16

Innovación incremental para productos Sertecpet de Colombia SA



Nota. La figura representa la trayectoria de innovación y mejora continua, tomado de juanocampoflorez.com maestría en administración MBA. Universidad América. (2022) Clase 6- Introducción Innovación [archivo pptx]. p 5.

Para la selección asertiva del producto a innovar se utilizó el análisis de la matriz Mic Mac, obteniendo las variables de mayor influencia y dependencia al proceso de producción de pozos.

Tabla 6

Matriz Mic Mac, ponderaciones variables del proceso de producción de pozos

N° Variable	Nombre de la Variable	Descripción de la variable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio Influencia
1	Material vegetal retirado	Son los arboles, plantas , que se retira de la locacion de pozo y vias de acceso		0	0	4	1	4	0	1	3	2	1.7
2	Fuentes de Energia	Cantidad de energia utilizada por barril producido	1		4	3	4	4	2	4	4	3	3.2
3	Tecnologia de levantamiento artificial	Metodo para producir el crudo del pozo	0	4		4	4	4	4	4	1	2	3.0
4	Aspectos legales en produccion de pozos	Normas y limitaciones para produccion de pozos	4	3	4		4	4	0	1	4	4	3.1
5	Metodo de tratamiento de agua	Calidad de agua	4	4	3	4		4	4	3	3	4	3.7
6	Afectaciones en la zona de operacion	Influencia comunitaria en los procesos petroleros	4	3	4	4	4		1	4	4	3	3.4
7	Tipo de materiales para produccion de pozo	diversos materiales que se tuliza en la fabricacion de accesorios, herramientas y equipos en la perforacion y produccion de pozos	0	3	4	1	4	1		2	0	4	2.1
8	Metodos tratamiento de crudo	Procedimiento para separar el crudo del agua	1	2	1	3	3	3	3		1	4	2.3
9	Tipo de transporte de crudo	Forma de entregar el crudo desde el pozo hasta los puntos de venta, puede ser carrotanque u oleoducto	1	4	1	4	0	3	1	1		1	1.8
10	Tipo de reciclaje	Procedimiento para clasificar materiales para uso adecuado o disposicion final	1	1	4	4	1	4	4	0	0		2.1
Promedio dependencia			1.8	2.7	2.8	3.4	2.8	3.4	2.1	2.2	2.2	3.0	

Nota. La tabla cuantifica los resultados de influencia y dependencia.

Las variables más influyentes son la numero 5 (Método de tratamiento de agua) con un promedio de influencia de 3,7 y 6 (Afectaciones en la zona de operación) con un promedio de 3,4.

Las variables más dependientes son la numero 4 (Aspectos legales en producción de pozos) con un promedio de 3,4 y la variable 6 (Afectaciones en la zona de operación) con un promedio de 3,4.

Con esta valoración se decide innovar en el método de levantamiento artificial que disminuyan la cantidad de agua por cada pozo cumpliendo la normativa legal y respetando el espacio ambiental asignado, dando paso al desarrollo del presente proyecto con la bomba jet Smart MPLT con el propósito de diagnosticar el problema raíz y generar las soluciones para todos los clientes.

Luego de la toma de decisiones asertivas se coordina la planeación entre áreas de la empresa y del cliente, cumpliendo el objetivo específico 1. de lograr implementar la tecnología Jet Smart MPLT con el siguiente cuadro resumen de 4 Clientes:

Tabla 7

Resumen de resultados de la implementación Jet Smart MPLT

ITEM	POZO	CLIENTE	DESCRIPCION PROBLEMA	DIAGNOSTICO - SOLUCIÓN	COSTOS EVITADOS	AHORRO
1	Platanillo 25	Geopark	Correr registro memorizado PLT para evaluar el aporte de fluidos de la Arena U Inferior, la Arena U Superior	Del total del fluido producido por el pozo, la arena U Superior es la que realiza el mayor aporte de agua con 1110.5 BAPD, el intervalo inferior apor 432 BAPD, razon por la cual el aporte de crudo es mínimo de 42.52 BOPD, El cliente tomo decision de aislar el intervalos superior y proyectar una estimulación en el futuro	Se evita cambio de completamiento para tener la misma produccion de Agua.	USD 450,000.00
2	Platanillo 3	Geopark	Incremento de agua de los intervalos de la formacion U	Validacion de estructura de pozo con la sarta dumy Jet MPLT, se detecta presencia de scala y ambinete corrosivo , Se proyecta realizar estimulación y limpieza de pozo	Se evita cambio de completamiento para tener la misma produccion de Agua.	USD 450,000.00
3	Platanillo 4	Geopark	Incremento de agua de los intervalos de la formacion U	Del total del fluido producido por el pozo en los 3 intervalos , la Arena U Inferior es la que realiza el mayor aporte con 725.32 BFPD SC y 68.77 BOPD , la arena U superior muestra alto porcentaje de agua, Por lo tanto el Cliente decide aislar la arena U superior	costo de tratamiento de agua por año	USD 277,938.38
4	Platanillo 21	Geopark	Determinar el aporte porcentual de fluidos para los intervalos abiertos a producción de la Arena U Inferior, la Arena U Superior	Del total de fluido producido por el pozo, la arena U Inferior es la que realiza el mayor aporte con 2297.3 BFPD SC, correspondiente el 81.2% del caudal total. De este caudal, 12.6 BOPD SC son de crudo, por lo tanto el mayor volumen de agua es de 2284.71 BAPD, con una minima produccion de petroleo de 23.4 BOPD. El cliente tomo decision de aislar el interdf valos superior y proyectar una estimulación en el futuro	Cambio de completamiento para tener la misma produccion de Agua.	USD 450,000.00
5	Canaguay 3	Frontera Energy	Validar el incremento agua	El registro de ruido, mostró movimiento de fluidos por detrás del revestimiento (canalización) a lo largo de los intervalos M-15, M-25 y M-35 en condiciones estáticas	N/A se abandono el pozo	USD 0.00
6	Bacano 5	Parex	Incremento de producción de agua, determinar su origen	Las dos perforaciones superiores de Guadalupe no aportan ni toman fluidos * Las arenas en el intervalo 10942.5-10979.0 ft están conectadas por canales en el cemento y/o fracturas. * La arena en el perforado 10975.0-10979.0 ft no aporta fluidos. Este perforado produce fluidos (principalmente agua) provenientes de los intervalos superiores mencionados	Se evito invertir en tratamiendo de agua, se aislo la zona de agua y se bajo nuevo completamiento, cos por año	USD 63,875.00
7	Gaitas -1	Gran Tierra	Determinar la profundidad del intervalo de la formacion Lisama que incrementa el caudal de agua	Se identifico la profundidad exacta del incremento de agua, se evaluo los cuadales de aceite de los 8 intervalos. Se gestiono % de DD para una produccion controlada de aceite minimizando el % de agua evitando cambio de sistema de levantamiento artificial	costo de WO	USD 450,000.00
8	Confianza-1	Gran Tierra	Se desea conocer el tipo de fluido y la cantidad que se produce por cada una de las perforaciones	Se identifico la profundidad exacta de los intervalos 3,4, y 8 ,siendo el mayor aporte de agua en el intervalo 3, asitmabien tiene un alto aporte de crudo, por tal razon, Se gestiono % de DD para una produccion controlada de aceite de los intervalos 3,4 y 8, mimizando el % de agua	costo de WO	USD 480,000.00

Valores en dólares americanos.

Nota. Tabla representa los proyectos ejecutados de la Jet Smart MPLT

Con los datos de los casos implementados se evidencia el beneficio económico de la implementación Jet Smart PLT y su impacto positivo en los activos de cada Cliente.

10.2 Objetivo específico 2. Beneficio económico con rentabilidad superior al 15%

La evaluación económica del proyecto Jet Smart MPLT se obtiene del análisis de pérdidas y ganancias (P&G) en donde se correlacionan parámetros operativos y financieros según la siguiente tabla:

Tabla 8

Análisis P&G Jet Smart Mplt

ANALISIS RENTABILIDAD JET SMART MPLT UN (1) POZO					
INGRESO	UNIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	% Descuento	TOTAL
ALS & REGISTROS					
Jet SmarT para Registros MPLT	día/fracci	1	\$ 40,933,500.00	0%	\$ 40,933,500.00
Herramienta de registro MPLT (batería, memoria, GR-CCL, P, T, Identificadores de fluidos, fullbore flowmeter).	Corrida	12 horas	\$ 31,875,000.00	0%	\$ 31,875,000.00
Herramienta de registro MPLT. OPERANDO (tasa adicional de registro, máximo 12 horas de registro)	Corrida	12 horas	\$ 15,937,500.00	0%	\$ 15,937,500.00
Interpretación de registro MPLT	Unidad	1	\$ 8,778,000.00	0%	\$ 8,778,000.00
Ingeniero ALS (12 horas)	día/fracci	2	\$ 2,822,400.00	0%	\$ 5,644,800.00
Ingeniero de Registros	día/fracci	1	\$ 2,822,400.00	0%	\$ 2,822,400.00
SLICK LINE					
Unidad S/Line sin Torre: Cable 0,16"x 23,000 x 5 KPSI	día/fracci	1	\$ 4,116,000.00	0%	\$ 4,116,000.00
Cuadrilla: Un (1) Operador y dos (2) Auxiliares (Turno 12 Hrs).	día/fracci	2	\$ 2,772,000.00	0%	\$ 5,544,000.00
OTROS INGRESOS					
Mivilización Slick line	Global	1	\$ 6,785,000.00	0%	\$ 6,785,000.00
Desmovilización Slick line	Global	1	\$ 6,785,000.00	0%	\$ 6,785,000.00
Movilización 3 Ingenieros , 1 Operador , 2 Auxiliares	unidad	6	\$ 747,500.00	0%	\$ 4,485,000.00
Desmovilización 3 Ingenieros , 1 Operador , 2 Auxiliares	unidad	6	\$ 747,500.00	0%	\$ 4,485,000.00
Hospedaje y Alimentacion por persona	unidad	9	\$ 241,500.00	0%	\$ 2,173,500.00
Camioneta para movilizacion en el area de trabajo	día/fracci	2	\$ 690,000.00	0%	\$ 1,380,000.00
Repuestos de Jet Smart MPLT	unidad	1	\$ 2,814,000.00	0%	\$ 2,814,000.00
TOTAL INGRESOS					\$ 144,558,700.00
COSTOS VARIABLES					
ALS & REGISTROS					
Jet SmarT para Registros MPLT	día/fracci	1	\$ 11,907,000.00		\$ 11,907,000.00
Herramienta de registro MPLT (batería, memoria, GR-CCL, P, T, Identificadores de fluidos, fullbore flowmeter).	Corrida	12 horas	\$ 18,750,000.00		\$ 18,750,000.00
Herramienta de registro MPLT. OPERANDO (tasa adicional de registro, máximo 12 horas de registro)	Corrida	12 horas	\$ 9,375,000.00		\$ 9,375,000.00
Interpretación de registro MPLT	Unidad	1			
Ingeniero ALS (12 horas)	día/fracci	2	\$ 856,900.00		\$ 1,713,800.00
Ingeniero de Registros	día/fracci	1	\$ 1,230,000.00		\$ 1,230,000.00
SLICK LINE					
Unidad S/Line sin Torre: Cable 0,16"x 23,000 x 5 KPSI	día/fracci	1	\$ 2,825,000.00		\$ 2,825,000.00
Cuadrilla: Un (1) Operador y dos (2) Auxiliares (Turno 12 Hrs).	día/fracci	2	\$ 1,550,800.00		\$ 3,101,600.00
OTROS COSTOS					
Mivilización Slick line	Global	1	\$ 5,900,000.00		\$ 5,900,000.00
Desmovilización Slick line	Global	1	\$ 5,900,000.00		\$ 5,900,000.00
Movilización 3 Ingenieros , 1 Operador , 2 Auxiliares	unidad	6	\$ 650,000.00		\$ 3,900,000.00
Desmovilización 3 Ingenieros , 1 Operador , 2 Auxiliares	unidad	6	\$ 650,000.00		\$ 3,900,000.00
Hospedaje y Alimentacion por persona	unidad	9	\$ 210,000.00		\$ 1,890,000.00
Camioneta para movilizacion en el area de trabajo	día/fracci	2	\$ 600,000.00		\$ 1,200,000.00
Repuestos de Jet Smart MPLT	unidad	1	\$ 1,655,294.12		\$ 1,655,294.12
COSTOS VARIABLES					\$ 73,247,694.12
EBITDA				49%	\$ 71,311,005.88
DEPRECIACION			1 \$ 43,495.89		\$ 43,495.89
INTERESES					\$ 1,465,823.80
GASTOS ADMINISTRATIVOS			21%	1 \$ 30,357,327.00	\$ 30,357,327.00
COSTOS FIJOS					\$ 31,866,646.69
UTILIDAD OPERACIONAL				27%	\$ 39,444,359.19
IMPUESTO RENTA 36.1%			36.1%		\$ 14,239,413.67
UTILIDAD NETA					\$ 25,204,945.52
% RENTABILIDAD NETA					17.44%

Nota. Valores en pesos colombianos, los precios pueden variar acorde al mercado de cada año

En el inicio del proyecto y por estrategia de negociación con el cliente se analizó precios en los escenarios pesimista, normal y optimista para obtener el punto de equilibrio y tener un margen de negociación:

Tabla 9

Análisis Variación de precios y punto de equilibrio

VARIACION	% RENTABILIDAD	UTILIDAD NETA	COSTOS FIJOS	COSTOS VARIABLES	TOTAL COSTOS	TOTAL INGRESOS	
4.315%	17.44%	25,204,945.5	46,106,060.36	73,247,694.12	119,353,754.48	144,558,700.00	
-43.15%	-7.65%	-6,283,627.75	15,217,554.58	73,247,694.12	88,465,248.70	82,181,620.95	
-38.84%	-3.55%	-3,134,770.42	18,306,405.16	73,247,694.12	91,554,099.28	88,419,328.86	
-34.52%	0.01%	14,086.90	21,395,255.74	73,247,694.12	94,642,949.86	94,657,036.76	P. EQ
-30.21%	3.13%	3,162,944.23	24,484,106.32	73,247,694.12	97,731,800.43	100,894,744.67	
-25.89%	5.89%	6,311,801.56	27,572,956.89	73,247,694.12	100,820,651.01	107,132,452.57	
-21.58%	8.34%	9,460,658.89	30,661,807.47	73,247,694.12	103,909,501.59	113,370,160.48	
-17.26%	10.54%	12,609,516.21	33,750,658.05	73,247,694.12	106,998,352.17	119,607,868.38	
-12.95%	12.52%	15,758,373.54	36,839,508.63	73,247,694.12	110,087,202.74	125,845,576.29	
-8.63%	14.31%	18,907,230.87	39,928,359.20	73,247,694.12	113,176,053.32	132,083,284.19	
-4.32%	15.95%	22,056,088.20	43,017,209.78	73,247,694.12	116,264,903.90	138,320,992.10	
0.00%	17.44%	25,204,945.52	46,106,060.36	73,247,694.12	119,353,754.48	144,558,700.00	ACT
4.315%	18.80%	28,353,802.85	49,194,910.94	73,247,694.12	122,442,605.05	150,796,407.91	
8.630%	20.06%	31,502,660.18	52,283,761.51	73,247,694.12	125,531,455.63	157,034,115.81	
12.945%	21.22%	34,651,517.51	55,372,612.09	73,247,694.12	128,620,306.21	163,271,823.72	
17.260%	22.30%	37,800,374.83	58,461,462.67	73,247,694.12	131,709,156.79	169,509,531.62	
21.575%	23.30%	40,949,232.16	61,550,313.25	73,247,694.12	134,798,007.36	175,747,239.53	
25.890%	24.23%	44,098,089.49	64,639,163.82	73,247,694.12	137,886,857.94	181,984,947.43	
30.205%	25.10%	47,246,946.82	67,728,014.40	73,247,694.12	140,975,708.52	188,222,655.34	

Nota. La tabla representa varios escenarios de rentabilidad del proyecto, valores en pesos colombianos.

La estrategia utilizada como optimización de recursos y soluciones alternas a los problemas actuales de cada cliente fueron valores agregados y suficientes para acordar el modelo Normal y el que actualmente se ejecuta en los proyectos.

Tabla 10

Resumen escenarios de resultados del análisis P&G

Resumen del escenario Jet Smart MPLT				
Moneda Pesos Colombianos	Valores actuales:	ACTUAL	PESIMISTA	OPTIMISTA
Celdas cambiantes:				
Jet_Smart_MPLT	\$ 40,933,500.00	\$ 40,933,500.00	\$ 38,068,155.00	\$ 46,664,190.00
Registros_MPLT__12_horas	\$ 31,875,000.00	\$ 31,875,000.00	\$ 29,643,750.00	\$ 36,337,500.00
Registro_MPLT_tasa_adicio	\$ 15,937,500.00	\$ 15,937,500.00	\$ 14,821,875.00	\$ 18,168,750.00
Repuestos_de_Jet_Smart_M	\$ 2,814,000.00	\$ 2,814,000.00	\$ 2,617,020.00	\$ 3,207,960.00
Escenarios	ACTUAL	ACTUAL	PESIMISTA	OPTIMISTA
Celdas de resultado:				
TOTAL_INGRESOS	144,558,700.00	144,558,700.00	138,149,500.00	157,377,100.00
COSTOS_VARIABLES	73,247,694.12	73,247,694.12	73,131,823.53	73,479,435.29
EBITDA	71,311,005.88	71,311,005.88	65,017,676.47	83,897,664.71
DEPRECIACION	43,495.89	43,495.89	43,495.89	43,495.89
INTERESES	1,465,823.80	1,465,823.80	1,463,506.39	1,470,458.62
GASTOS_ADMINISTRATIVO:	30,357,327.00	30,357,327.00	29,011,395.00	33,049,191.00
COSTOS_FIJOS	46,106,060.36	46,106,060.36	42,972,637.07	52,372,906.94
UTILIDAD_OPERACIONAL	39,444,359.19	39,444,359.19	34,499,279.19	49,334,519.19
IMPUESTO_RENTA__36.1	14,239,413.67	14,239,413.67	12,454,239.79	17,809,761.43
UTILIDAD_NETA	25,204,945.52	25,204,945.52	22,045,039.40	31,524,757.76
RENTABILIDAD_NETA	17.44%	17.44%	15.96%	20.03%

Nota. La tabla representa los escenarios del modelo económico del proyecto, Valores en pesos colombianos.

El cumplimiento de este objetivo específico 2, se confirma utilizando el escenario Actual con la rentabilidad del 17.44%, los clientes no solicitaron descuentos dado el caso evidente de los valores agregados y necesidad urgente del diagnóstico y solución a los problemas de los pozos.

10.3 Objetivo Especifico 3. Evaluación financiera del proyecto Jet Smart MPLT

Con los 8 primeros pozos ejecutados en el primero periodo se construye la data base para luego proyectar el modelo financiero a 5 años y observar el crecimiento favorable para las demás líneas de negocio y de la empresa, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 11 *Variables operacionales*

<i>Variables operacionales</i>				
Variables		Capital de Trabajo		
Ventas Año Base	1,156.47	Dias inventarios	30.0	
Crecimiento Ventas	6.0%	Dias recaudo	45.0	
Costo Ventas/Ventas	53.1%	Dias pago	60.0	
Gastos (Variable)	21.0%	Créditos	Monto	Costo
Inflación	4.53%	Crédito 1	95.256	18.0%
Tasa impuestos	36.1%	Crédito 2		
		Total	95.2560	18.0%

Nota. La tabla representa las variables económicas del año base, valores en millones de pesos colombianos, alores en millones de pesos colombianos

Tabla 12

Depreciación y Propiedad Planta Equipo

Año	Depreciación	Año	Inversión PPE
1	\$ 16.60	1	23.532
2	\$ 17.35	2	24.598
3	\$ 18.13	3	25.712
4	\$ 18.95	4	26.877
5	\$ 19.81	5	28.094
Base	\$ 15.88		

Nota. La tabla representa la depreciación del primer prototipo y la inversión en el segundo equipo Jet Smart MPLT, valores en millones de pesos colombianos, valores en millones de pesos colombianos.

Tabla 13*Estado de Resultados*

Estado de Resultados	Año Base	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Ventas	1,156.5	1,228.9	1,305.8	1,387.6	1,474.5	1,566.8	1,664.9
-Costo de Ventas	576.0	612.0	650.4	691.1	734.4	780.3	829.2
-Gastos Operación (Fijos)	12.1	12.7	13.4	14.1	14.8	15.6	16.4
-Gastos Operación (Variables)	264.4	280.9	298.5	317.2	337.1	358.2	380.6
-Depreciación	15.9	17.7	19.7	21.9	24.5	27.2	27.2
Utilidad Operativa	288.2	305.5	323.9	343.3	363.8	385.5	411.5
+Ingresos no Operacionales	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-Gastos no Operacionales	17.1	17.1	14.7	11.9	8.6	4.6	0.0
Utilidad antes de impuestos	271.0	288.4	309.1	331.3	355.2	380.8	411.5
-Impuestos	97.8	104.1	111.6	119.6	128.2	137.5	148.5
Utilidad Neta	173.2	184.3	197.5	211.7	227.0	243.3	262.9

Nota. La tabla muestra el estado de resultados en millones de pesos colombianos, valores en millones de pesos colombianos.

Los estados financieros presentan valores positivos desde la utilidad neta, garantizando un flujo de caja positivo y asegurando el pago de dividendos a los accionistas.

Tabla 14*Flujo Efectivo*

Estado de Flujos de Efectivo	Año Base	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Caja Inicial		0.0	60.3	181.6	314.1	454.4	602.7
+Ingresos Ventas		1,228.9	1,305.8	1,387.6	1,474.5	1,566.8	1,664.9
-Costo Ventas		612.0	650.4	691.1	734.4	780.3	829.2
-Gastos Operación (Fijos)		12.7	13.4	14.1	14.8	15.6	16.4
-Gastos Operación (Variables)		280.9	298.5	317.2	337.1	358.2	380.6
-Impuestos		104.1	111.6	119.6	128.2	137.5	148.5
-Variación Capital de Trabajo Neto Op.		83.2	11.8	7.4	7.8	8.3	8.8
Efectivo por Actividades de Operación		135.9	220.2	238.2	252.2	266.9	281.3
-Compra Activos Fijos		25.1	27.9	31.1	34.7	38.6	0.0
+Ingresos por venta de activos		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Efectivo por Actividades de Inversión		-25.1	-27.9	-31.1	-34.7	-38.6	0.0
+Ingresos por Desembolso Créditos		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-Amortización Créditos		13.3	15.7	18.5	21.9	25.8	0.0
-Gasto Financiero		17.1	14.7	11.9	8.6	4.6	0.0
-Pago Dividendos		20.1	40.4	44.2	46.8	49.5	70.3
Efectivo por Actividades de Financiación		-50.5	-70.9	-74.6	-77.2	-79.9	-70.3
+Ingresos Financieros		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Efectivo por Otras Actividades		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Efectivo Neto del Periodo		60.3	121.3	132.5	140.3	148.4	211.0
Caja Final		60.3	181.6	314.1	454.4	602.7	813.7

Nota. La tabla visualiza los estados de flujo en los próximos 5 años, valores en millones de pesos colombianos.

Para la valoración del proyecto se basa en el análisis determinístico obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 15

Costo de Capital

Costo de Capital	Año Base	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Pasivo Financiero = D	11.7	81.9	66.2	47.7	25.8	0.0	0.0
Patrimonio = E	106.0	270.2	427.3	594.8	775.0	968.9	1,161.5
Capital Financiero = VE	117.7	352.1	493.5	642.5	800.8	968.9	1,161.5
% Deuda	10.0%	23.3%	13.4%	7.4%	3.2%	0.0%	0.0%
% Patrimonio	90.0%	76.7%	86.6%	92.6%	96.8%	100.0%	100.0%
Costo Deuda = KD	18.0%	18.0%	18.0%	18.0%	18.0%	18.0%	18.0%
Costo Deuda después Imp = KDT	11.5%	11.5%	11.5%	11.5%	11.5%	11.5%	11.5%

Nota. La tabla muestra la proyección del costo de capital durante los 5 años, valores en millones de pesos colombianos.

Tabla 16

Costo de Patrimonio

Costo Patrimonio	Año Base	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
TASA NOMINAL RF (usa)	3.1%	$\Leftarrow \text{Deflactar } \frac{(1 + R_f \text{ NOMINAL USA})}{(1 + \text{IPC}_{\text{USA}})} - 1$					
Inflación en USA = IPC _{usa}	1.8%						
Tasa libre de riesgo real en dólares	1.3%						
Inflación COLOMBIA = IPC _{COP}	4.6%	$\Leftarrow \text{Inflactar } (1 + R_f \text{ REAL USA}) * (1 + \text{IPC}_{\text{COL}}) - 1$					
Tasa libre de riesgo nominal COLON	5.9%						
Riesgo país Colombia	2.8%						
Tasa libre de riesgo COLOMBIA R	8.8%						
BETA DESAPALANCADO Bu	0.65						
Estructura de capital de la empresa D	11.1%	30.3%	15.5%	8.0%	3.3%	0.0%	0.0%
BI de la empresa	0.691	0.771	0.709	0.679	0.659	0.645	0.645
Prima de riesgo del mercado	8.4%	(RM - RF)					
Costo del Patrimonio	14.5%	15.2%	14.7%	14.4%	14.3%	14.2%	14.2%
WACC	14.24%	14.35%	14.27%	14.22%	14.18%	14.16%	14.16%

Nota. La tabla muestra la proyección del WACC durante los 5 años, valores porcentuales

Las variables de tasa nominal, riesgo, Beta desapalancado se consulta de las siguientes fuentes; (1) www.damodaran.com archivo Historical Returns on Stocks, Bonds and Bills - United States (Damodaran, 2023); (2) Fondo Monetario Internacional; (3) DANE (DANE, 2019); (4) www.damodaran.com archivo Risk Premiums for Other Markets (Damodaran, Damodaran , 2023)

Tabla 17

Val oración Patrimonio

VALORACION	Año Base	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Flujo de Caja Libre		110.8	192.2	207.1	217.5	228.3	281.3
Valor Terminal Flujo de Caja Libre						2,675.1	
Factor de descuento	1	0.87	0.77	0.67	0.59	0.51	
Valor Presente FCL		627.8					
Valor Presente Valor Terminal		1,379.7					
VALOR MCDO DEL PROYECTO		2,007.5					
-Valor Pasivo Financiero		11.7					
VALOR MCDO DEL PATRIMONIO		1,995.8					
VALOR CONTABLE DEL PATRIMONIO		106.0					
VALORIZACIÓN		18.8					

Nota. La tabla cuantifica el patrimonio con resultados positivos del valor del mercado (MCDO) del patrimonio, valores en millones de pesos colombianos.

Según los resultados de la tabla se observa que el valor del proyecto Jet MPLT es de 18.9 veces el valor contable del patrimonio, este valor es considerado muy rentable ya que la línea de negocio tiene varios valores agregados y según el mercado y los riesgos que se toma se obtiene el valor de mercado del Equity en 1,999.6 millones.

Con el objetivo de obtener una medición con un error aceptable 0,67% el análisis probabilístico con 2000 simulaciones, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 18*Simulación Montecarlo*

SIMULACIÓN			
Variables de interés	VMCDO Empresa	VMCDO Equity	Val
Resultados a registrar	2,007.50	1,995.77	18.8
Máximo	3,158	3,146	28
Promedio	2,013	2,001	18.88
Mínimo	1,175	1,163	10.98
Desviación estándar	238	238	2.24
Coficiente de variación	11.8%	11.9%	11.9%

Nota. La tabla representa resultados de 2000 simulaciones del VMCDO Equity, valores en millones de pesos colombianos.

La simulación obtenida nos permite analizar estadísticamente el valor del mercado de Equity haciendo referencia al promedio según la siguiente tabla:

Tabla 19*Análisis Simulación VMCDO Equity*

Valor Mercado del Equity	
ANÁLISIS DE LA SIMULACIÓN	
NÚMERO MÍNIMO DE SIMULACIONES ACEPTABLE	
Promedio simulado	2,001
Desviación muestra - s	237.89
Error absoluto aceptado - e	13.41
Nivel de confianza	99%
Error relativo aceptado del promedio	0.67%
Z	2.58
# mínimo de simulaciones	2,088.67

Nota. La tabla representa los valores promedios de la simulación Montecarlo, valores en millones de pesos colombianos.

Con la simulación anterior se realiza la distribución de frecuencias para determinar el escenario más probable del valor del Equity.

Tabla 20

Distribución de frecuencias VMCD Equity

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS	
MÁXIMO	3,146.27
MÍNIMO	1,163.48
RANGO	1,982.78
# CLASES	11
TAMAÑO DE CLASE	180.25

Nota. La tabla representa los valores máximos y mínimos de la simulación Montecarlo, valores en millones de pesos colombianos.

Acorde a los valores máximos y mínimos el valor de Equity tendrá variación mínima de 1163.46 y un máximo de 3146.27 millones de pesos.

Tabla 21

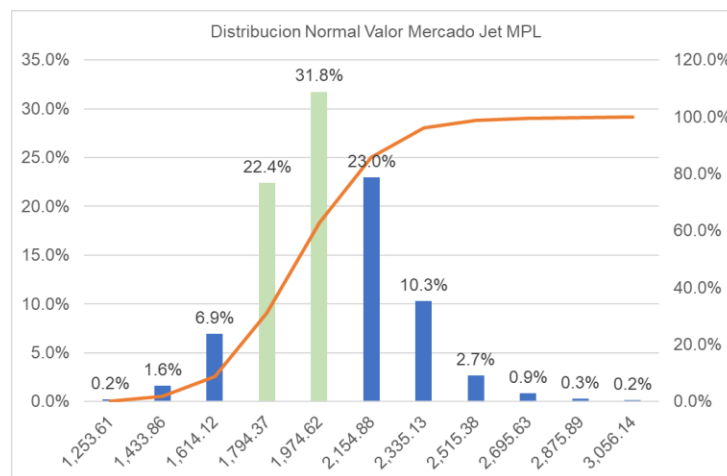
Distribución de datos VMCDO Equity

	Limite inferior	Limite superior	Marca de clase	Distribución datos		
				Absoluta	Relativa	Relativa Acumulada
1	1,163.48	1,343.74	1,253.61	4	0.2%	0.2%
2	1,343.74	1,523.99	1,433.86	32	1.6%	1.8%
3	1,523.99	1,704.24	1,614.12	138	6.9%	8.7%
4	1,704.24	1,884.50	1,794.37	448	22.4%	31.1%
5	1,884.50	2,064.75	1,974.62	635	31.8%	62.9%
6	2,064.75	2,245.00	2,154.88	459	23.0%	85.8%
7	2,245.00	2,425.25	2,335.13	206	10.3%	96.1%
8	2,425.25	2,605.51	2,515.38	53	2.7%	98.8%
9	2,605.51	2,785.76	2,695.63	17	0.9%	99.6%
10	2,785.76	2,966.01	2,875.89	5	0.3%	99.9%
11	2,966.01	3,146.27	3,056.14	3	0.2%	100.0%
				2,000	100.0%	

Nota. La tabla representa más alta probabilidad varía entre el 22.4 % al 31.8% con una frecuencia de 448 a 635 valores en millones de pesos colombianos.

Figura 17

Distribución Normal Valor Mercado Jet MPLT



Nota. La figura representa el valor del mercado del equity tiene su máxima probabilidad de 22.4 al 31,8%, valores en millones de pesos colombianos.

Tabla 22

Probabilidad y toma de decisiones

Toma de decisiones					
1 Probabilidad de que el valor mercado del Equity sea mayor o igual a cero.					
2 Probabilidad de que el valor mercado del Equity sea mayor o igual a 1800					
Probabilidad de Perdida					
	Valor de X	# de veces menor	Probabilidad ad <= X	Probabilidad ad > X	
1	0	0	0.0%	100.0%	
2	1,800	391	19.6%	80.5%	

Nota. La tabla evidencia la probabilidad de éxito del proyecto, valores en millones de pesos colombianos y porcentaje,

En la toma de decisiones para el caso de realizar venta o compra del proyecto Jet MPLT, el valor del Equity tiene una probabilidad de 80,5% que sea mayor a 1,800 millones.

11. CONCLUSIONES

La innovación Jet MPLT expresa su máximo valor agregado a los clientes para una toma de decisiones asertivas con la data de registros obtenidas durante la producción del pozo con bomba jet, esto conlleva a que el producto exige alta demanda con alto pronóstico de ampliar ingresos con diseños adicionales como solución al análisis e interpretación de registros en cada proyecto, mejorando las condiciones ambientales, optimizando la producción del pozo mayor al 40% de la condición actual y disminuyendo el porcentaje de agua de formación mayor al 30%

Con el análisis determinístico se encontró que el valor del proyecto tiene rentabilidad positiva (>15%) asegurando el flujo de caja libre y cubriendo el endeudamiento en el segundo equipo para asegurar el crecimiento anual durante los 5 años. La administración debe enfocarse a mantener como estrategia los escenarios de precios desde el normal hasta el optimista.

En caso de riesgo o baja demanda, los socios de la empresa deben tener cuidado en medir el nivel de riesgo de forma mensual y aplicar las estrategias de descuentos por alto volumen con base al análisis del punto de equilibrio con un descuento máximo del 7%.

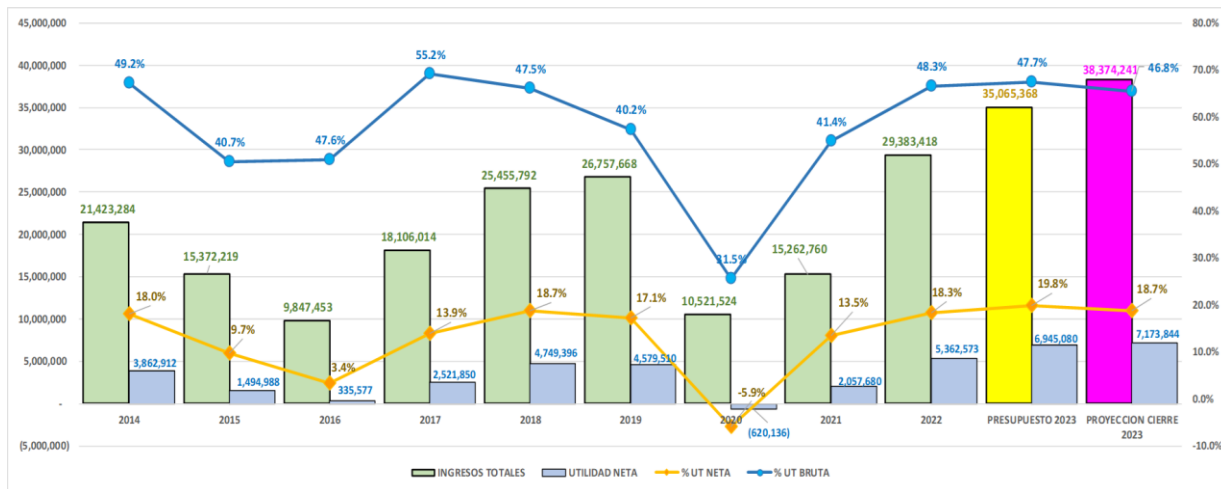
El análisis probabilístico con la simulación Montecarlo permite cuantificar el valor del proyecto 18.8 veces el valor contable del patrimonio, este valor es considerado muy rentable ya que la línea de negocio tiene varios valores agregados y según el mercado y los riesgos que se toma se obtiene el valor de mercado del Equity en 2,007.5 millones.

El proyecto Jet MPLT es viable de acuerdo con el análisis determinístico y probabilístico realizado, obteniendo resultados positivos en el balance financiero en el flujo de caja libre con una probabilidad aceptable del 80%

Acorde a las mediciones anteriores se evidencia que el proyecto Jet Smart MPLT impulsa al crecimiento de la empresa según la siguiente grafica general de la empresa.

Figura 18

Sertecpet de Colombia alcanza los ingresos más altos en el año 2023



Nota. La gráfica representa los resultados desde el año 2014 hasta octubre del año 2023, Cifras expresadas en Miles de millones

12.RECOMENDACIONES

Para los lectores de este proyecto se recomienda la pronta revisión de las actualizaciones del producto y ventajas competitivas que finalizan en soluciones integrales para nuestros clientes y que pueden aplicar en sus proyectos.

Para la empresa Sertecpet de Colombia se recomienda continuar diseñando los equipos y sistemas de manera que sean compatibles y homologables con las empresas del mismo sector, para optimización de procesos entre competidores.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, K. M., & Ríos, E. F. (2018). *Análisis Técnico Entre Unidades De Desplazamiento Positivo Tríples y Unidades Centrifugas HPS Para Optimizar El Sistema De Fluido Motriz En El Campo Espol A* [ESPOL]. disponible en <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/47063>

Damodaran, A. (2023). *HistretSP*. [Excel]. Damodaran.
<https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/pc/datasets/histretSP.xls>

Damodaran, A. (2023). *Ctryprem*. [Excel]. Damodaran.
<https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/pc/datasets/ctryprem.xlsx>

Damodaran, A. (2023). *Beta*. [Excel]. Damodaran.
<https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/pc/datasets/totalbeta.xls>

DANE. (2019). *anexo_ipc_dic19* [Excel]. DANE
https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/ipc/anexo_ipc_dic19.xlsx

Gehsiy. (2016). *Análisis de contexto, Calidad*.
<https://aprendiendocalidadyadr.com/herramientas-analisis-contexto-mefi-mefe/>

Ken Arnold, M. S. (1999). *Surface Production Operations Volumen 2*. Houston: Gulf Publishing Company. Elsevier, 1999.
<https://books.google.com.co/books?id=oKvT1PtFwsAC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

Universidad América. (2022) Clase 6-Introduccion Innovacion [archivo pptx]. pp 1-12.

Sagnay Sares, F. D. (2018). *Optimización de Producción y Fluido Motriz Realizando Rediseños de Bombas Jet en el Campo Sterling* [Tesis pregrado]. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
<https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/49392>

Sertecpet (2017). *Sistema de Bombeo Hidraulico Jet Claw Sertecpet*. [Archivo de Video]: <https://www.youtube.com/watch?v=CFmwLaHqg8g>

Sertecpet S.A. (2016). *Manual para operaciones de campo*.

<https://issuu.com/claudiaortiz34/docs/manual-para-operaciones-de-campo-se>

Sertecpet (2022). *Jet Pump MPLT*: [Archivo de Video]:

<https://www.youtube.com/watch?v=ByNdBmYycR8>

Sertecpet de Colombia S.A. (2019). Informe de sostenibilidad 2019. pp 1-66.