

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BUENOS AIRES –ITBA
ESCUELA DE POSTGRADO**



VENTAJAS DE LA TECNOLOGIA BASADA EN TRACTOR FRENTE A UN COILED TUBING

AUTOR: Punte, Agustin (Leg. N° 48081)

DOCENTE TITULAR (TUTOR): Acosta, Gustavo

TRABAJO FINAL PRESENTADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE LA ESPECIALIZACIÓN EN TERMINACIÓN DE POZOS EN RESERVORIOS NO CONVENCIONALES (SHALE & TIGHT)

**BUENOS AIRES
SEGUNDO CUATRIMESTRE, 2020**

Tabla de Contenidos

Resumen	3
1. Introducción	4
1.1. Tecnología basada en tractor	5
2. Desarrollo	6
2.1. Operaciones durante la etapa de Prefrac.....	8
2.1.1. Recuperación de tapones barrera al momento de montar el fracstack	8
2.1.2. Punzado de pozos sin admisión.....	9
2.2. Operaciones durante la etapa de Fractura.....	9
2.2.1. Operaciones de rotado de tapones	9
2.2.2. Pesca de string de punzado	11
2.3. Aspecto de seguridad	12
3. Conclusiones.....	13
4. Referencias	13

Resumen

Actualmente en las operaciones no convencionales se busca continuamente la reducción de tiempos operativos en las intervenciones de pozos y de riesgos de incidentes. Tradicionalmente las operadoras que trabajan en Vaca Muerta tienden a solucionar sus contingencias de intervención de pozo con coiled tubing. Esta tecnología incurre en retrasos operativos, además la presencia de equipos pesados y una mayor complejidad en la operación naturalmente incrementa los riesgos de incidentes para el personal y el medio ambiente.

Nuevas tecnologías basadas en tractor han hecho al wireline no solo acceder a pozos horizontales sin admisión, sino también la posibilidad de realizar intervenciones mecánicas, como pescas y rotados, operaciones que antes solo se podían realizar con coiled tubing. La tecnología basada en wireline tractor reduce el tiempo de movilización, el tiempo de intervención de pozos, el personal en campo, el consumo de combustible y se eliminan los residuos de flow back.

Este trabajo mostrará a partir de ejemplos en Vaca Muerta como esta tecnología aventaja al coiled tubing en las operaciones de punzado en pozos sin admisión, recuperación de tapones barrera, rotados de un solo tapón y pesca de un tren de punzados durante la operación de fractura.

Para ello se realizará una descripción de la tecnología basada en tractor y una explicación de los problemas que esta herramienta ha venido a solucionar. Además, se compararán los tiempos operativos, el peso de los equipos movilizados, el consumo de combustible y el personal operativo.

1. Introducción

Históricamente, las técnicas disponibles para la intervención de pozos horizontales estaban limitadas a grandes, robustos, lentos y costosos coiled tubings. Sin embargo, en 2016 en Argentina se incorporó el wireline tractor que generó una alternativa para la intervención de pozos horizontales. Además, se incorporaron herramientas basadas en la misma tecnología con la capacidad de realizar moliendas de tapones y pescas.

Las locaciones en Vaca Muerta durante la etapa de fractura, como muestra la figura 1, están completamente cubiertas por equipos, por lo tanto, incorporar un coiled tubing indefectiblemente afectaría el normal funcionamiento del pad, sin embargo, intervenir el pozo con un wireline no afectaría en lo absoluto porque el equipo ya está operando en el sitio.



Figura 1. Locación multipozo durante la operación de fractura (Ricardo Meli et al. 2019)

Para intervenciones en otras etapas fuera del ámbito de la fractura, la incorporación de un equipo de coiled tubing trae aparejado un exceso innecesario en el transporte y la ocupación en la locación comparado con la tecnología de wireline. Las siguientes figuras muestran lay outs tipos de ambas tecnologías:

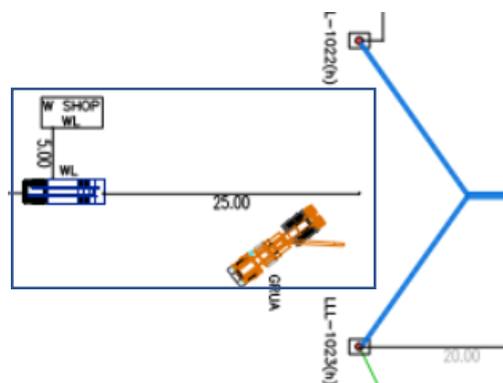


Figura 2. Layout de wireline y herramientas basadas en tractor en el pozo de YPF LLL-1022. (Programa operativo YPF LLL-1022, 2016).

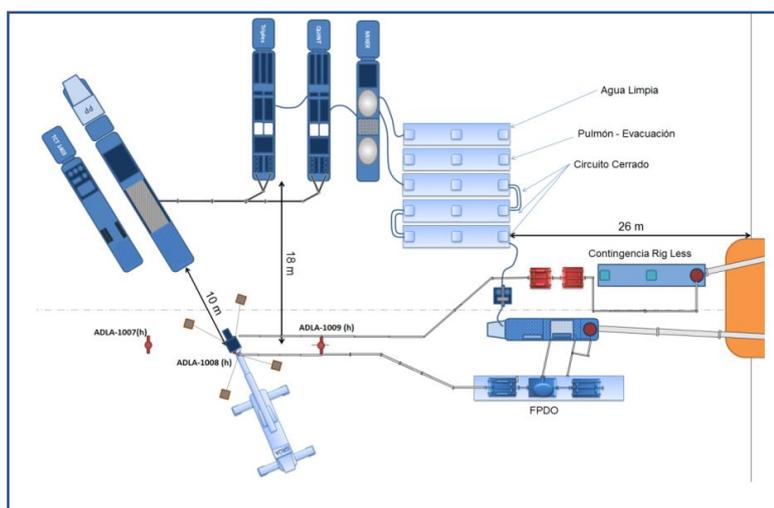


Figura 3. Layout de un set de coiled tubing en el pozo de YPF ADLA-1008 (Programa operativo ADLA-1008, 2018)

A partir de las figuras 2 y 3 se puede estimar que la superficie ocupada por un equipo de wireline tractor es de 400m² frente a un set de coiled tubing que ocupa una superficie estimada de 2500m².

1.1. Tecnología basada en tractor

El wireline tractor que se muestra en la figura 4 es una herramienta hidráulica/mecánica diseñada para impulsar herramientas de intervención de pozo dentro de la sección horizontal o servir de soporte dentro de la sección vertical. La corriente enviada desde la superficie acciona un motor eléctrico el cual activa 2 de sistemas hidráulicos. El primer sistema hidráulico extiende las ruedas y aplica fuerza contra las paredes internas de la tubería. El segundo sistema se encarga de la rotación de las ruedas. Siempre que el motor eléctrico se detiene, las ruedas colapsan dentro del cuerpo de la herramienta (Schwanitz et al. 2009).

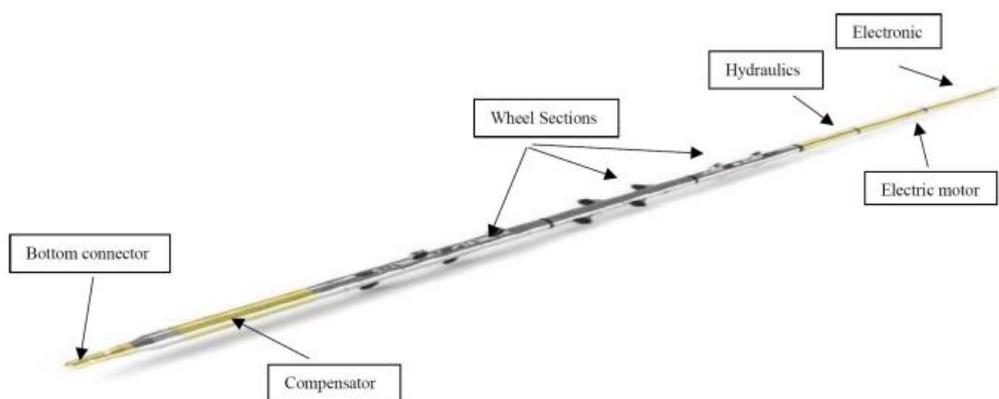


Figura 4. Well Tractor (Badeghaish et al. 2018)

La herramienta basada en wireline tractor que se muestra en la figura 5, es una herramienta de intervención eléctrica/hidráulica que puede proporcionar una fuerza axial controlada de 33klb en el punto de pesca. Esta tiene dos sistemas hidráulicos, el primer sistema empuja las anclas hacia la pared de la tubería para fijar la herramienta al pozo. Una vez que está fijo en su lugar, el segundo

sistema hidráulico empuja o tira del vástago de la herramienta las veces que sean necesarias hasta liberar el pez. (Rachit Vijay et al. 2019).

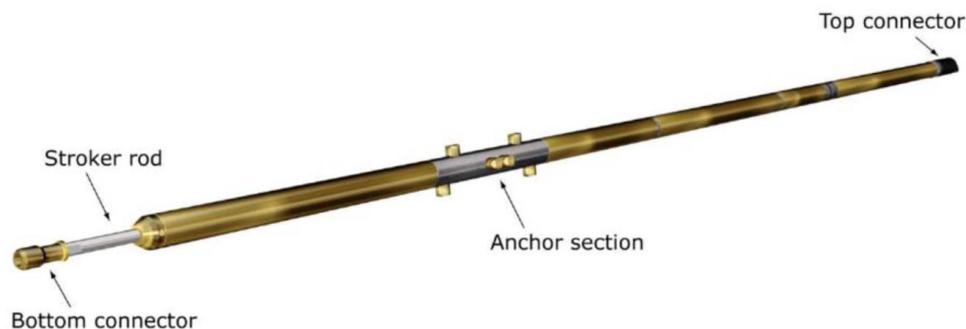


Figura 5. Herramienta de pesca, tecnología basada en tractor (Rachit Vijay et al. 2019).

La herramienta basada en wireline tractor para rotado ilustrada en la figura 6 consiste en una sección electrónica y un motor eléctrico que alimenta los sistemas de succión y de rotación. La succión se proporciona a través de una bomba Venturi y la rotación de la broca se entrega a través de una caja de engranajes que garantiza una velocidad de rotación y torque óptimos para el material fresado. Los desechos circulan a través del filtro dentro de la sección de bailer y se capturan para su recuperación en la superficie (Aguilar et al. 2019).

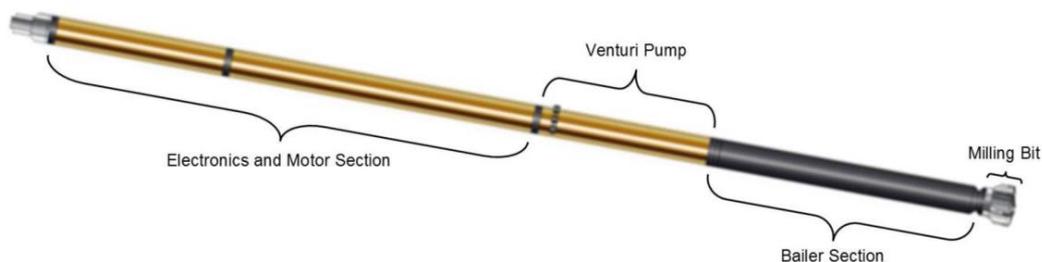


Figura 6. Herramienta de rotado, tecnología basada en tractor (Aguilar et al. 2019).

2. Desarrollo

Las operaciones de terminación de pozos no convencionales se dividen en tres etapas, prefrac, operación de fractura y post frac. El wireline tractor, en Argentina, participa en las dos primeras etapas. En esta sección se comparan las operaciones que wireline tractor ejecuta contra las mismas operaciones si fueran realizadas por un coiled tubing.

Para comenzar con la comparación se computaron los pesos de los equipos movilizadas para cada tecnología representados en las siguientes tablas:

Tabla 1. Estimación de pesos movilizadas para una operación de wireline tractor.

Equipo	Masa (Tn)
Contenedor taller y generador	4.5
Camión de wireline	26
Equipo de control de presión 10kpsi	7
Aceites, grasas y compresor	2
Total	39.5

Tabla 2. Estimación de pesos movilizados para una operación de coiled tubing.

Equipo	Masa (Tn)
2 bombeadores	48
Equipo coiled tubing	55*
Inyector	5
3 lubricadores y BOP	4
Camión nitrogenero	25
2 piletas completas de agua	100
Mixer	20
Cañería y maniful	3
Total	260

* Se considero el coiled tubing más liviano posible (1.75" diámetro y 5000m de largo).

Por otro lado, se computó el personal operativo involucrado para cada tecnología. En las tablas 3 y 4 se detalla cada tripulación:

Tabla 3. Personal operativo involucrado en una operación de wireline tractor.

Personal	Personas
Supervisor	1
Guinchero	1
Especialista en tractor	1
Esp. en equipo de control de P.	1
Total	4

Tabla 4. Personal operativo involucrado en una operación de coiled tubing.

Personal	Personas
Supervisor	1
Operador de coiled tubing	1
Operador de bomba	1
Operador de mixer	1
Operador de maniful	1
Ingeniero de campo	1
Rep. empresa de herramienta	1
Total	7

Para estimar el consumo de combustible de un set de coiled tubing se consideró un consumo de 100l/h durante el periodo de tiempo comprendido desde las pruebas de presión hasta finalizar la operación dentro del pozo. Para las operaciones de wireline se consideraron los consumos de la tabla 5 en el mismo periodo, más el consumo del generador durante toda la operación.

Tabla 5. Consumo de combustible del equipo de wireline y tractor

Equipo	l/h
Motocompresor	1.66
Camión de wireline	10
Consola del equipo de control de presión	1
Generador 20Kva	2

Finalmente, considerando el tiempo de movilización como el transcurrido desde que la compañía operadora solicita el servicio hasta que la totalidad de los equipos arriban a la locación, el wireline tractor logra movilizar en 6 horas mientras que un coiled tubing lo hace en 24 horas.

2.1. Operaciones durante la etapa de Prefrac

Dentro de esta etapa el wireline tractor es un servicio de ejecución frecuente para la recuperación de tapones barrera. También es un servicio de contingencia para punzar pozos sin admisión.

2.1.1. Recuperación de tapones barrera al momento de montar el fracstack

En las operaciones en Vaca Muerta es usual tener la necesidad de fijar uno o dos tapones recuperables para cegar el pozo. Para pruebas de cabezales de fractura hasta 15000 psi el único tapón que aplica es el TPW-4 un tapón recuperable la empresa TACKER® (Figura 7).



Figura 7. Tapón recuperable Tacker (Tacker Tools, 2020)

La operación de recuperación de tapón antiguamente se realizaba mediante slickline, sin embargo, debido a la presencia de grasa sobre el tapón producto del engrase de las válvulas del fracstack y la fuerza necesaria para desanclarlo, actualmente se recupera a través de coiled tubing o tecnología basada en tractor.

A continuación, se presentan los parámetros evaluados basados en la recuperación de un tapón barrera a 1000m en un pozo de Vaca Muerta en octubre de 2019 con tecnología basada en tractor, los datos de coiled tubing son estimaciones calculadas con datos de pozos análogos:

Tabla 6. Tiempos en horas de las actividades operativas en la recuperación de un tapón a 1000m.

Actividad	Tractor	Coiled t.
Montaje (Preparativos de superficie)	2	12
Armado (Rig Up)	0.5	1
Pruebas de presión	0.5	1
Carrera por gravedad	0.75	1
Operación de Pesca	0.5	1
Recuperación de Herramienta	0.75	1
Desarmado (Rig Down)	0.5	0.5
Desmontaje	2	8
Tiempo total en locación	7.5	25.5

Tabla 7. Parámetros evaluados.

Parámetro	Tractor	Coiled t.
Masa movilizada (Tn)	39.5	216*
Diesel consumido (l)	59	550

*Para esta operación no se consideró la utilización de un mixer y se moviliza una sola bomba.

Además, la tecnología basada en tractor se ve favorecida ya que en este mismo momento la compañía de wireline se encuentra en locación realizando el perfil de cemento de la sección vertical y seteando el tapón barrera. Por otro lado, bajo una contingencia donde el stack de fractura fugue el costo de stand by sería menor.

2.1.2. Punzado de pozos sin admisión

Antes de comenzar las operaciones de terminación de pozo se debe realizar la prueba de integridad del casing y una prueba de admisión para asegurar la viabilidad de la técnica de pump down. Para poder realizar estas pruebas, sin la necesidad de intervenir el pozo, se monta una camisa iniciadora y un asiento de bola al final de la cañería. Cuando cualquiera de estas pruebas falla, ya sea porque la camisa iniciadora no logra admitir el caudal necesario, o bien no se logra probar la integridad del pozo por falta de estanqueidad, se debe intervenir el pozo con coiled tubing para fijar un tapón y/o realizar un punzado abrasivo, o bien con wireline y tractor para realizar una operación de tapón y/o punzado explosivo.

A continuación, se presentan los parámetros evaluados basado en un punzado a 5000m a partir de un trabajo ejecutado con tractor en un pozo de Vaca Muerta en septiembre de 2018 y para coiled tubing basados en trabajos en pozo análogos:

Tabla 8. Tiempos en horas de las actividades operativas en un punzado a 5000m.

Actividad	Tractor	Coiled t.
Montaje (Preparativos de superficie)	3	12
Armado (Rig Up)	0.5	1
Pruebas de presión	0.5	1
Operación sección vertical	0.75	3.5
Operación sección horizontal	3	4.5
Operación de punzado	0.25	0.5
Recuperación de herramienta	3	8
Desarmado (Rig down)	0.5	1
Desmontaje	2	8
Tiempo total en locación	13.5	39.5

Tabla 9. Parámetros evaluados.

Parámetro	Tractor	Coiled t.
Masa movilizada (Tn)	39.5	260
Diesel consumido (l)	134	2000

2.2. Operaciones durante la etapa de Fractura

Durante esta etapa el wireline tractor es un servicio puramente de contingencia. Ejecuta trabajos de rotado de tapones seteados fuera de zona y pescas de herramientas de wireline.

2.2.1. Operaciones de rotado de tapones

Actualmente existen dos familias de tapones utilizados en las operaciones de fractura, por un lado, los tapones diseñados para ser rotados en la etapa de postfrac (Composite frac Plug) y por otro lado, tapones que en cierta condición de salinidad y temperatura se disuelven, conocidos como Dissolvable Frac plug.

En ciertas ocasiones, no planificadas, estos tapones son seteados accidental o intencionalmente a profundidades no desea. En el caso de los tapones solubles, cuando son enviados con la bola ya insertada, si la combinación de salinidad y temperatura no permiten que el tapón se disuelva en un tiempo aceptable se debe intervenir el pozo para mecanizar la bola y permitir la circulación. Comúnmente este tipo de operaciones se realizan mediante coiled tubing, sin embargo, existe también tecnologías basadas en wireline tractor que permiten realizar este tipo de molienda de forma más eficiente.

A continuación, dos series cuadros comparativos, los dos primeros basados en la rotación de un tapón Composite a 1754m en un pozo de Vaca Muerta en Julio de 2018 y los segundos en el rotado de una bola de un tapón soluble a 140m en otro pozo de Vaca Muerta en Julio de 2019. Los datos de coiled tubing fueron obtenido a partir de información de trabajos análogos en otros pozos:

Tabla 10. Tiempos en horas de las actividades operativas para rotar un tapón composite a 1754m.

Actividad	Tractor	Coiled t.
Montaje (Preparativos de superficie)	5	12
Armado (Rig Up)	0.5	1
Prueba de presión	0.5	1
Operación sección vertical	1.25	2
Operación de rotado	10.75	1
Recuperación de herramienta	1	2
Desarmado (Rig down)	0.5	1
Desmontaje	2	8
Tiempo total en locación	21.5	28

Tabla 11. Parámetros evaluados (Rotado de un tapón composite).

Parámetro	Tractor	Coiled t.
Masa movilizada (Tn)	39.5	260
Diesel consumido (l)	226	800

Tabla 12. Tiempos en horas de las actividades operativas para rotar la bola de un tapón soluble a 140m.

Actividad	Tractor	Coiled t.
Montaje (Preparativos de superficie)	5	12
Pruebas de presión	0.5	1
Armado (Rig Up)	0.5	1
Operación sección vertical	0.25	0.25
Operación de rotado	0.25	0
Recuperación de herramienta	0.25	0.25
Desarmado (Rig down)	0.5	1
Desmontaje	2	8
Tiempo total en locación	9.25	23.5

Tabla 13. Parámetros evaluados (Rotado de la bola de un tapón soluble).

Parámetro	Tractor	Coiled t.
Masa movilizada (Tn)	39.5	260
Diesel consumido (l)	47	350

2.2.2. Pesca de string de punzado

Debido a la presencia de arena en el pozo y las altas velocidades en las operaciones de pump down junto a la cantidad de carreras, siempre existe la posibilidad de quedar de pesca con el string de punzado.

En la figura 8 se muestra un diagrama de string de punzado utilizado en las operaciones pump down en los yacimientos no convencionales de Neuquén:

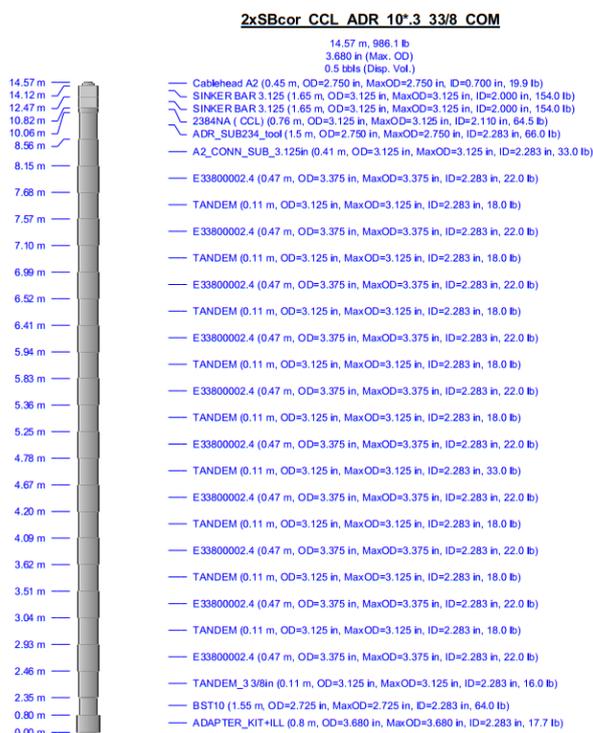


Figura 8. Esquema de string de punzado. (Programa operativo YPF LLL-1564, 2019)

Una vez perdido el tren de herramientas dentro del pozo y bajo la necesidad de recuperarlo para continuar con la operación de punzado se debe optar por intervenir el pozo con coiled tubing o bien con tecnología basada en tractor.

A continuación, dos cuadros comparativos basados en una operación de pesca con tecnología basada en tractor en un pozo de Vaca Muerta en Julio 2019 y una estimación de la misma operación realizada por coiled tubing basada en datos obtenidos de pozo análogo:

Tabla 14. Tiempos en horas de las actividades operativas en la pescar de un string de punzado a 4177m.

Actividad	Tractor	Coiled t.
Montaje (Preparativos de superficie)	5	12
Pruebas de presión	0.5	1
Armado (Rig-Up)	0.5	1
Operación sección vertical	1.5	3.5
Operación sección horizontal	1.5	2
Operación de pesca	1	1
Recuperación de herramienta	3	5.5
Desarmado (Rig down)	0.5	1
Desmontaje	2	8
Tiempo total en locación	15.5	35

Tabla 15. Parámetros evaluados.

Parámetro	Tractor	Coiled t.
Masa movilizada (Tn)	39.5	216*
Diesel consumido (l)	139	1500

*Para esta operación no se consideró la utilización de un mixer y se moviliza una sola bomba.

2.3. Aspecto de seguridad

Las tecnologías basadas en tractor operadas a través de wireline representan un cambio de paradigma en el tiempo de movilización y los requerimientos de personal. También, reduce significativamente el volumen y el peso de equipos involucrados disminuyendo los riesgos de incidentes asociados (Schwanitz et al. 2009). Además, con el wireline tractor se eliminan los residuos de flow back.

Para comparar los parámetros que afectan directamente el riesgo de incidente se tomó como ejemplo la operación de punzado presentada en el punto 3.1.2. En la tabla 16 se muestran los aspectos que afectan tanto al medio ambiente como al personal operativo. Se encontró que, para una operación de tractor se necesita un 6.5% del combustible que se emplea en la misma operación de coiled tubing, esto reduce las emisiones de CO₂ y el riesgo de derrames. La masa movilizada se reduce en un 84% disminuyendo cualquier riesgo de incidente en el transporte, carga y descarga de equipamiento, además de estar concentrada un espacio 84% menor.

Considerando como carga suspendida los lubricadores y para el caso del coiled tubing también el inyector, se logró establecer que dicha carga se reduce de 7 a 2 tn, agravando la situación el hecho que en la operación de coiled tubing el tren de herramienta se debe ensamblar debajo de esta carga suspendida. Finalmente, para las operaciones con tractor, menor cantidad de personas quedan expuesta a estos riesgos.

Tabla 16. Parámetros que afectan la seguridad.

Parámetros Operativos	Tractor	Coiled T
Combustible (en ciento de litros)	1.3	20
Espacio en locación (cada 100 m ²)	4	25
Equipos y materiales (cada 10 tn)	3.95	26
Personal involucrado	4	7
Carga suspendida (tn)	2	7

Para resaltar la diferencia en los parámetros de la tabla 16 se presenta el siguiente gráfico:

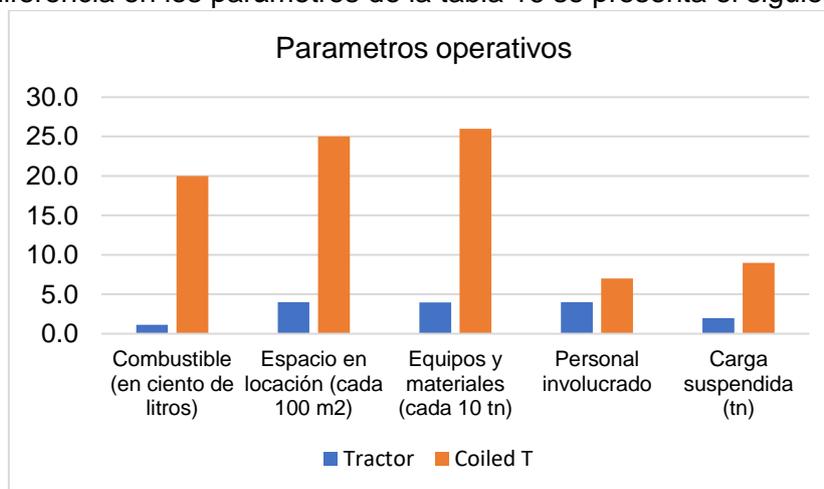


Gráfico 1. Parámetros que afectan la seguridad

3. Conclusiones

La tecnología basada en wireline y tractor ha demostrado para las operaciones de punzado en pozos sin admisión, recuperación de taponés barrera, rotados de un solo tapón y pesca de un tren de punzados durante la operación de fractura alcanzar el mismo resultado que un coiled tubing, pero de forma más eficiente.

El wireline tractor ha sido una alternativa que logró achicar los tiempos de movilización a 6 horas mientras un coiled tubing se demoraba 24 horas, de esta manera se redujeron los tiempos de espera para las compañías operadoras. El peso de los equipos movilizados se redujo al menos un 81% agilizando el transporte y reduciendo los riesgos en las operaciones de carga y descarga. Además, las unidades están concentradas en un área 84% menor y en particular, en las operaciones durante la fractura no se ocupa un espacio extra ya que, el wireline está instalado en la locación. El personal operativo requerido se reduce de 7 a 4 personas, sumado a la reducción de volumen de equipos ofrece una solución más segura y eficiente.

Con el objetivo de reducir las emisiones de CO₂ y los potenciales derrames, el wireline tractor ofrece una reducción promedio del consumo de combustible de un 86%.

Se reduce considerablemente el tiempo dentro de la locación, interrumpiendo mínimamente las actividades planificadas por las compañías operadoras.

En el futuro se debe seguir monitoreando la evolución de los parámetros evaluados a medida que crece la actividad en Vaca Muerta, ver cómo responde la tecnología basada en wireline tractor cuando se genere una demanda masiva de estos servicios. Por otro lado, este mismo análisis debería hacerse cuando en Argentina se decida realizar una explotación masiva de yacimientos costeros.

4. Referencias

Rachit Vijay, Nishant Panigrahi, Manu Knanna, Manish Dutt Kothiyal, P J Sarma, Avinash Bohra, and Shobhit Tiwari, Cairn oil and Gas, Vedanata Ltd; Thomas Pinto, Welltec. "Successful Retrieval of Stuck Profile Using Electric-Line Deployed Robotic Well Intervention Techniques". (2019) SPE-194267-MS

Gary Aguilar and David Audelo, Welltec; Martin Nebiolo, Facumendo Jimenez, Ruben Waigel, YPF. "Composite Plug Removal With E-line Milling Solution in Argentina". (2019) SPE-194288-MS

Wael Badeghaish, Mohamed N. Noui-Mehidi, and Abdulrahman A. Al-Mulhem, Saudi Aramco. "Comprehensive Review of Well Tractor Technology in Highly Extended Reach Wells". (2018) SPE-189906-MS

Ricardo Meli: "Aspectos operativos II" (2019). ITBA

Brian Schwanitz, SPE, and Kristine Henriques, SPE, Welltec. "Technology With high impact on ROI and Low Impact on HSE". (2009) SPE-121066.