

TuffTRAC® ayuda a incrementar el número de candidatos en proyectos de recuperación mejorada (recuperación asistida) y secundaria de hidrocarburos, en el Este de Venezuela

Luis Mata matalm@petrosiven.pdvsa.com, PDVSA Petroritupano; y Valderique Lima vlima1@slb.com, Roovert Torres RChirinos2@slb.com y Victor Arias VVillegas@slb.com, Schlumberger

Este documento fue preparado para su presentación en el Congreso de Latinoamérica y del Caribe de Perforación de 2012. Del 7 al 10 Agosto, 2012.

Este documento fue seleccionado para presentación en el Congreso por el Comité del programa del Instituto Argentino del Petróleo y del Gas (IAPG) siguiente examen de la información contenida en el documento, tal como se presenta.

Sinopsis

Encontrar nuevas reservas de hidrocarburos de fácil acceso y producción es cada vez más difícil y representa una actividad de altos costos y riesgos económicos para las compañías de exploración de hidrocarburos.

Este aumento de costos y riesgos relacionados con la perforación de nuevos pozos de exploración, junto con los compromisos relacionados con el medio ambiente y organismos reguladores han llevado los operadores a implementar proyectos de recuperación mejorada (EOR por sus iniciales en inglés y recuperación asistida como es conocido en Argentina) y/o secundaria de hidrocarburos, donde pozos viejos e inactivos son re-activados a través de diferentes técnicas de intervención.

Esto es más evidente y tiene mayor impacto en grandes campos maduros, con miles de pozos perforados y cientos de pozos inactivos o cerrados, con potencial para considerable incremento en la producción total del campo, evitando los costos y riesgos de buscar hidrocarburo en nuevas locaciones.

Frecuentemente muchos de estos pozos son altamente desviados u horizontales y las intervenciones pueden estar limitadas por alguna falla mecánica en los pozos o por la tecnología disponible para desplegar los servicios requeridos, como tapones, registros de integridad de pozo y de producción y cañoneo (punzado) o disparos.

Siguiendo estos principios, las compañía de servicios y PDVSA-Petroritupano, compartiendo un mutuo interés en implementar nuevas y prácticas tecnologías como solución a las operaciones de riesgo en pozos desviado, encontraron en un “tractor” de cable eléctrico (propulsor del cable eléctrico), TuffTRAC®, la solución para mitigar los desafíos en pozos donde el cable eléctrico convencional y, en algunos casos la tubería flexible (coiled tubing) no permiten alcanzar las profundidades requeridas.

Este documento habla sobre los resultados y beneficios de una aplicación exitosa del TuffTRAC® para desplegar servicios de cable eléctrico en pozos inactivos de Venezuela Oriental después de tratar infructuosamente de intervenir en estos pozos utilizando otros medios de despliegue; validando la oportunidad para la realización de campañas de mayor porte para recuperación mejorada (recuperación asistida) o secundaria de hidrocarburos. Esto principalmente a partir de intervenciones en pozos que originalmente no eran accesibles, en toda la zona oriental de Venezuela.

El TuffTRAC® usado en la campaña inicial es capaz de hacer todos los servicios de cable eléctrico necesarios, desde registros de integridad de pozo hasta asentamiento de tapones, empacaduras (packers) y cañoneo (punzado) o disparos, con la ventaja de no requerir ningún equipo especial de superficie tales como cables de alta potencia/amperaje y adaptadores adicionales de seguridad, los que se requieren al utilizar un proveedor para el tractor (propulsor del cable eléctrico) y otro para los servicios de cable eléctrico.

Introducción

La región oriental de Venezuela es una de las áreas productoras de hidrocarburos más prolíferas en Venezuela y en el mundo con centenas de yacimientos, entre los cuales se encuentra el área o campo denominado Oritupano-Leona con una superficie aproximada de 159.926Ha y situada 30Km al NE de la ciudad El Tigre. Específicamente al sur de la serranía del interior del piedemonte de monagas, en lo que se conoce como la cuenca de foreland de Maturin.

En esta área hay varios pozos desviados y horizontales que se encuentran desactivados o cerrados y son candidatos para la implementación de técnicas de recuperación mejorada (recuperación asistida) o secundaria siempre que se pueda entrar al pozo para la toma de registros de diagnósticos tales como saturación, corrosión, cementación y servicios de cañoneo (punzado) y asentamiento de tapones.

Por muchos años la cantidad de pozos accesibles con las técnicas convencionales de cable eléctrico, tubería flexible (coiled tubing) y guaya fina (alambre de medición) fueron limitadas y la baja tasa de éxito de estas intervenciones no justificaba la inversión para intentar re-activar estos pozos.

Con la evolución en la tecnología de los “tractors” de cable eléctrico (propulsores del cable eléctrico) el alcance de los registros y servicios con cable eléctrico en los pozos desviados y horizontales se ha incrementado, contribuyendo para una mayor eficiencia en las operaciones de diagnóstico y preparación de los pozos para su re-activación; sea por re-cañoneo (re-punzado), aislamiento de zonas de agua o gas y hasta la aplicación de técnicas más complejas de recuperación mejorada (recuperación asistida) o secundaria.

Observando la oportunidad de aplicar esta técnica como herramienta para viabilizar proyectos más grandes para el mejoramiento de la producción y de la productividad en el área de Oritupano-Leona, la empresa PDVSA-Petroritupano decidió aplicar la tecnología de “tractor” para cable eléctrico en dos pozos con historia de complejidad e intentos frustrados de intervención.

El éxito de estas operaciones sirven como soporte para la iniciativa de promover campañas de diagnóstico y evaluación de candidatos para proyectos de recuperación mejorada (recuperación asistida) y/o recuperación secundaria, aumentando considerablemente la eficiencia de estos proyectos no solo en el área de Oritupano-Leona pero en todo el oriente de Venezuela.

La tecnología del “tractor” para cable eléctrico (propulsor del cable eléctrico)

La tecnología del “tractor” para cable eléctrico (propulsor del cable eléctrico) ha sido desarrollada y aplicada por varias compañías desde fines de la década de 1990, con variaciones en su diseño y principio de tractoreo que se resumen en dos tipos, los de agarre intercambiado (reciprocating grip en ingles) y los de agarre continuo. Cada uno de estos principios tiene sus ventajas y desventajas, dependiendo de la aplicación, y Schlumberger ha perfeccionado en las dos técnicas y principios para mejor desempeño en cada una de sus aplicaciones.

En los tractors (propulsor del cable eléctrico) de agarre intercambiado las herramientas y servicios de cable eléctrico son transportados hacia la profundidad deseada a través de un agarre alternado de dos o más sistemas independientes de agarre. En dado instante apenas uno de los sistemas se encuentra agarrado a la pared del pozo mientras los demás sistemas se desplazan moviéndose junto con la sarta de registros. Al llegar a su limite de desplazamiento el sistema siguiente se agarra a la pared del pozo y el primer se suelta al empezar a moverse adelante. Así se alternan las funciones de agarre y empuje entre los dos sistemas, y sincronizando estas funciones se logra un movimiento continuo de la sarta de registro. Esta modalidad es más compleja que la de agarre continuo en términos de sistemas hidráulicos y electrónica pero requiere menos potencia (corriente eléctrica) y no necesita de control en la fuerza de agarre que se mantiene constante para cualquier tamaño de tubería. Por su naturaleza esta modalidad tiene su principal aplicación en los servicios de registros en pozo entubado. La figura.1 ilustra un “tractor” (propulsor del cable eléctrico) de esta modalidad.

En el “tractor” (propulsor del cable eléctrico) de agarre continuo, cómo el nombre sugiere, los elementos de tractoreo están continuamente agarrados a la pared del revestidor y la fuerza de “tractoreo” varia con la fuerza de los brazos contra la pared del pozo. Esta modalidad de “tractor” (propulsor del cable eléctrico) utiliza ruedas posicionadas en la extremidad de brazos que se abren al momento de tractorear y ponen en

contacto las ruedas con la pared del revestidor. En la mayoría de los “tractors” (propulsores del cable eléctrico) de esta modalidad la apertura de los brazos es ajustada en superficie y la fuerza de agarre varía con el cambio del diámetro interno al largo de la construcción del pozo, causando una menor tasa de éxito y requiriendo una mayor potencia de la superficie. La versión utilizada en los casos de este trabajo tiene varias mejoras que ayudan a viabilizar su aplicación en pozos de diseño más complejos y con mayor eficiencia, resultando en una alta tasa de éxito y sin requerimientos de equipos especiales como por ejemplo cable de alta potencia eléctrica. La confiabilidad del TuffTRAC[®] se debe a la utilización de alta tecnología en la transmisión de movimientos mecánicos y cuidados especiales tomados en su diseño para llegar a una herramienta de fácil mantenimiento, alta eficiencia en utilización de potencia (no requiere cable de alta potencia funcionando con los cables o guayas estándares utilizadas para registros eléctricos) y de transmisión de las fuerzas de tractoreo (ajuste en tiempo real de las fuerzas de los brazos en las unidades de tractoreo). La figura.2 ilustra un “tractor” (propulsor del cable eléctrico) de esta modalidad.

Tractorear en pozos horizontales es un concepto completamente distinto a registrar un pozo vertical con cable eléctrico. En el tractoreo se requiere la destreza de controlar un vehículo remotamente y monitorear y controlar las fuerzas que actúan en este vehículo.

La fricción en el cable eléctrico aumenta con la distancia tractoreada y puede fácilmente representar la mayor carga que el “tractor” tenga que manejar.

Independiente de su modalidad los “tractors” (propulsores del cable eléctrico) tienen la misma función y son basados en los mismos principios físicos donde la fuerza requerida para mover el conjunto cable eléctrico-tractor-sarta de registro/servicios con explosivos puede ser estimada a partir de la siguiente ecuación:

$$F_N = CD_N + \text{Peso}_N \times CF + CD_N$$

Donde:

F_N es la fuerza de tractoreo necesaria para mover todo el conjunto.

CD_N es la fuerza de fricción causada por la guaya o cable eléctrico.

Peso_N es el peso de la sarta completa incluyendo el “tractor”.

CF es el coeficiente de fricción para el conjunto de la sarta o herramientas. En general tiene un valor aproximado de 0,3

CD_N es la fuerza de fricción de cualquier centralizador que se encuentre en la sarta, cañones o herramientas. Un estimado muy crudo de esta fuerza queda entre 67N (15lbs) y 133N (30lbs).

Muchos creen que se puede mantener una fuerza de 4450N (1000lbs) a una velocidad de 1463m/h (4800pies/h), pero esto solo es posible en superficie donde no hay la fuerza del cable eléctrico actuando en el “tractor” (propulsor del cable eléctrico).

Para la computación de las fuerzas de tractoreo requeridas así como la fuerza necesaria para sacar la sarta de registro o cañón del pozo se necesita de informaciones de la geometría del cable y de las herramientas (su diámetro y peso por unidad de largo), una descripción de la trayectoria del pozo, el diámetro interno de la terminación (tubería, revestidores y restricciones) y coeficientes de fricción. Este último es difícil de estimar y las locaciones normalmente mantienen un banco de datos con los valores computados a través del mismo programa simulador de las fuerzas usando los datos adquiridos durante los registros. Estos valores pueden aplicarse normalmente como un primer estimado o punto de partida en un mismo campo o área.

Estos simuladores son necesarios para garantizar la practicidad de las operaciones, y por esto el plan de trabajo para servicios con “tractor” (propulsores del cable eléctrico) debe incluir la simulación de las fuerzas requeridas tanto para desplazar los servicios en el pozo cómo para sacar la sarta del pozo, pues en algunos casos la fricción de la guaya o cable eléctrico con la pared del pozo resulta en una fuerza (tensión) mayor que la que se puede aplicar, con seguridad, al cable en superficie.

La eficiencia del “tractor” (propulsor del cable eléctrico) se define como el porcentual de la energía requerida para mover las sargas o herramientas en el pozo que es efectivamente transformada en movimiento. Esta eficiencia depende del diseño del “tractor” (propulsor del cable eléctrico) y en su mayoría es de 10%. El diseño avanzado de los “tractors” (propulsores del cable eléctrico) de Schlumberger posibilita alcanzar eficiencias no menores a 45%. Los principales factores que determinan esta eficiencia son el tipo de agarre utilizado, la manera como se origina la fuerza de contacto del elemento de agarre con la pared del pozo, su ajuste o control durante el desplazamiento de la sarta y la eficiencia en el sistema de transmisión de movimientos mecánicos. El perfeccionamiento de estos factores incrementa la eficiencia total del “tractor” (propulsor del cable eléctrico).

Caso de éxito

El primer pozo candidato se encontraba desactivado por la baja probabilidad de éxito en las operaciones con cable eléctrico y carencia o alto costo de otros medios de desplazamiento de los servicios requeridos, ya que el pozo es de difícil acceso con los medios convencionales.

En este primer pozo se requirieron servicios para el diagnóstico de la cementación, preparación para cementación secundaria (squeeze) y cañoneo (punzado).

El candidato fue seleccionado, y a partir de informaciones como por ejemplo, desviación, diseño mecánico, fluidos en el pozo, profundidad, temperatura, etc., se corrieron simulaciones para determinar la fuerza necesaria para llevar las herramientas, cañones y otros servicios hasta la profundidad requerida.

Esta simulación de la fuerza de empuje o “tractoreo” es necesaria para la determinación de la configuración del “tractor” que mejor se aplique al escenario del trabajo, así como para asegurar que la intervención sea práctica y físicamente ejecutable.

La figura.3 ilustra el diagrama del pozo y su desviación.

La figura.4 ejemplifica los resultados de la simulación para el pozo ORI-222 que confirmó la practicidad del servicio de cañoneo (punzado) con la configuración del TuffTRAC® con dos secciones de fuerza o “tractoreo”.

Durante las operaciones en este primer pozo surgió un segundo candidato donde el intento de bajar un registro de evaluación de cementación resultó infructífero después de varios intentos con cable eléctrico. El resultado del primer trabajo le dio al cliente la seguridad de que el “tractor” (propulsor del cable eléctrico) pudiera ser la solución más inmediata y directa.

El segundo trabajo fue panificado para que el “tractor” pudiera aplicar una fuerza de hasta 600 lb adicionales para ayudar a bajar las herramientas de registro, ya que la desviación máxima del pozo era de 65° y aparentemente la dificultad en bajar por gravedad debería estar relacionada con la tortuosidad del azimut del pozo o alguna deformación en su construcción.

En el primer pozo ORI-222 se hicieron 8 bajadas con el TuffTRAC® para desplazar diferentes servicios, incluyendo calibración del pozo, un registro para evaluación de cementación, 5 bajadas de cañones para cementación secundaria “squeeze” y dos bajadas con 20 pies de cañones de 4.5” HDS cada una. Un acumulado de 8000 pies fue tractoreado durante esta operación, todos con el mismo “tractor” (propulsor del cable eléctrico), ya que su diseño incluye la especificación de robustez necesaria para los servicios con explosivos.

En el segundo pozo ORI-211 se bajó el registro de evaluación de cementación, necesitando de la asistencia del “tractor” (propulsor del cable eléctrico) por 1800 pies para poder llegar a la profundidad de registro. Esto representa el cumplimiento del 100% de los servicios requeridos en ambos pozos y la validación de la tecnología de “tractor” (propulsor del cable eléctrico) para desplazar servicios de cable eléctrico, como un vehículo para incrementar el número de candidatos a re-activación e incremento de producción, incluyendo proyectos más arrojados de recuperación mejorada (recuperación asistida) y/o secundaria.

Conclusiones

Los niveles de confiabilidad, robustez y eficiencia del TuffTRAC® son esenciales para viabilizar operaciones en locaciones con limitaciones en el acceso a equipos especiales, tales como los cables especiales de alta potencia (corriente eléctrica) y donde no se logra aprobación para operaciones si no hay una alta probabilidad de éxito. Esto es el caso del área oriental de Venezuela, donde se logró adquirir la información necesaria para diagnosticar el problema de los pozos desactivados y realizar los servicios remediales para re-activarlos de manera justificable por su costo-beneficio y confiabilidad.

Los servicios de cable eléctrico tienen sus aplicaciones extendidas a pozos de alta desviación y horizontales.

La eficiencia en requerimientos de potencia resulta en una mayor fuerza de tractoreo y velocidad sin requerir equipos especiales y se traduce en menos costo en términos de tiempo de taladro y renta de equipos.

Actualmente se encuentran en la fase de evaluación y preparación varias campañas de re-activación de pozos en el Este de Venezuela, gracias a la disponibilidad de esta tecnología en el área.

Bibliografía

1. Bruce Henderson, Chris Hopwood, Cameron Hamilton and Jim Garies “Cost Saving Benefits of Using a Fully Bi-directional Tractor System”, SPE 65467, presented at SPE/Petroleum Society of CIM International Conference on Horizontal Well Technology held in Calgary, Alberta, Canada, 6-8 November 2000.
2. ToolPlanner programa de Schumberger para simulación de parámetros para registros con cable eléctrico de pozos, incluyendo las fuerzas de tractoreo y de tensión en la cable eléctrico.
3. A. McSpadden, P. Brown, and T. Davis “Field Validation of 3-dimentional drag model for tractor and cable-conveyed well intervention”, SPE 71560, presented at SPE Annual Technical Conference and Exhibition held in New Orleans, Louisiana, 30 September – 3 October 2001.
4. M.K. Hashem and S.M. Al Dossari, Saudi Aramco, and A.R. Marhaba and M. Zeybek, Schlumberger “Evaluation of Wireline Tractor Performance in Various Well Completions in Saudi Arabia”, IPTC 10186, presented at the International Petroleum Technology Conference held in Doha, Qatar, 21-23 November 2005.
5. Mohammed Badri , Ahmed Al-Hashani, Mohammed Al-Masroori, SPE, PDO and Alan Salsman, Mohd Shafie Jumaat, Haposan Situmorang, SPE, Schlumberger “Perforating Long Horizontal Section with Tractor Brings Significant Gains in Completion Efficiency”, presented at the Society of Petroleum Engineers Middle East Oil and Gas Show and Conference held in Manama, Bahrain, 25-28 September 2011.

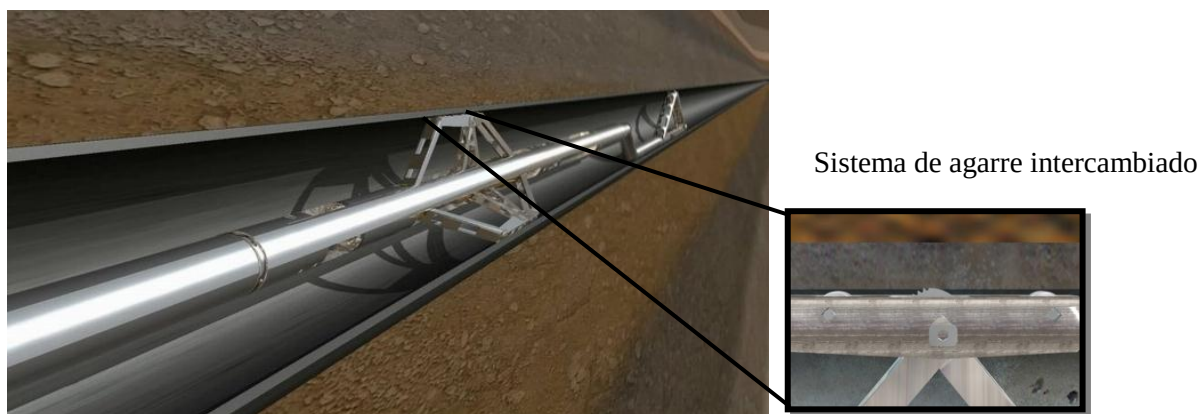


Figura.1- “Tractor” con sistema de agarre alternado



Figura.2 – “Tractor” con sistema de agarre continuo

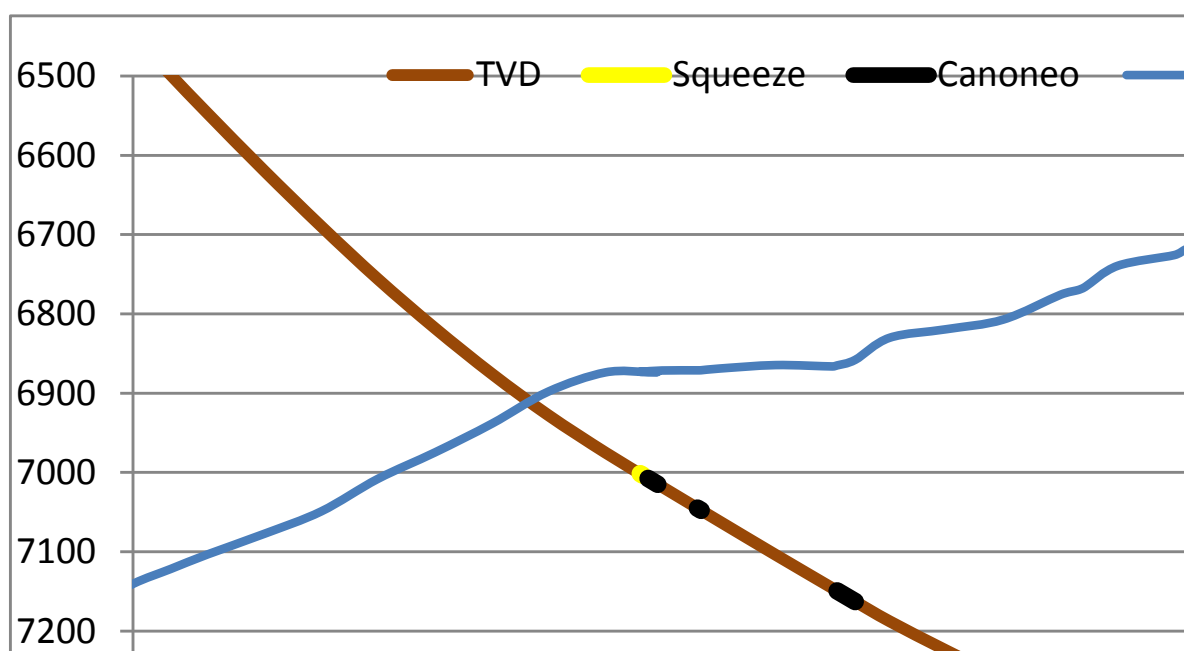
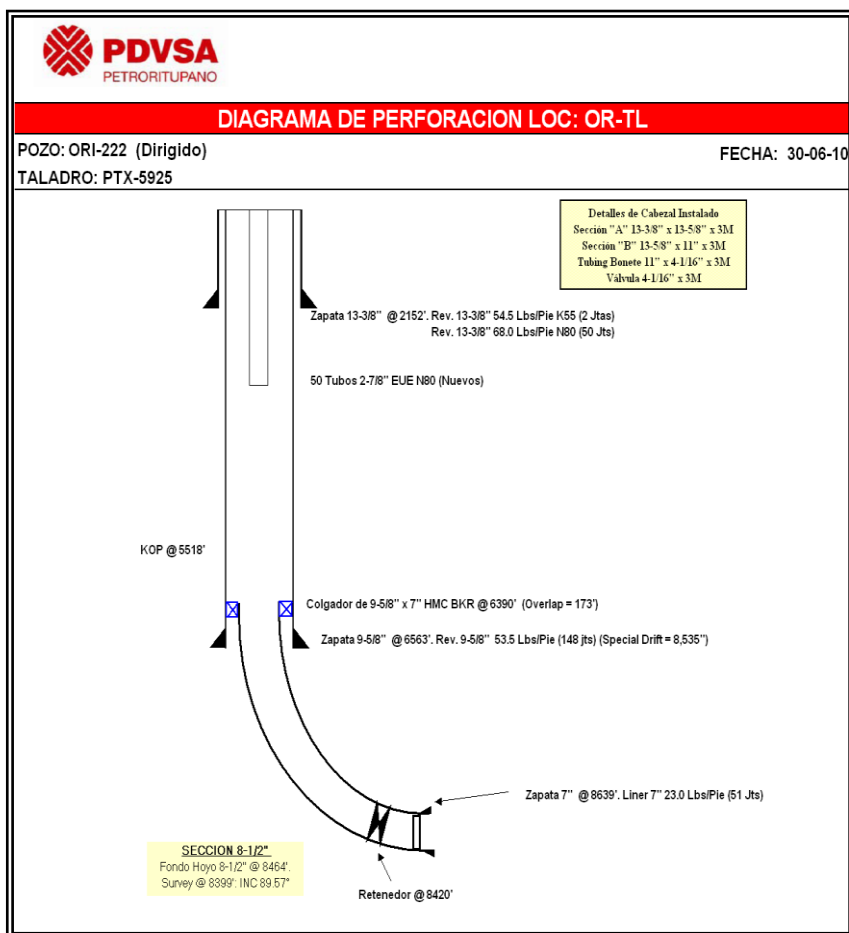


Figura.3 – Diagrama y desviación del pozo ORI-222

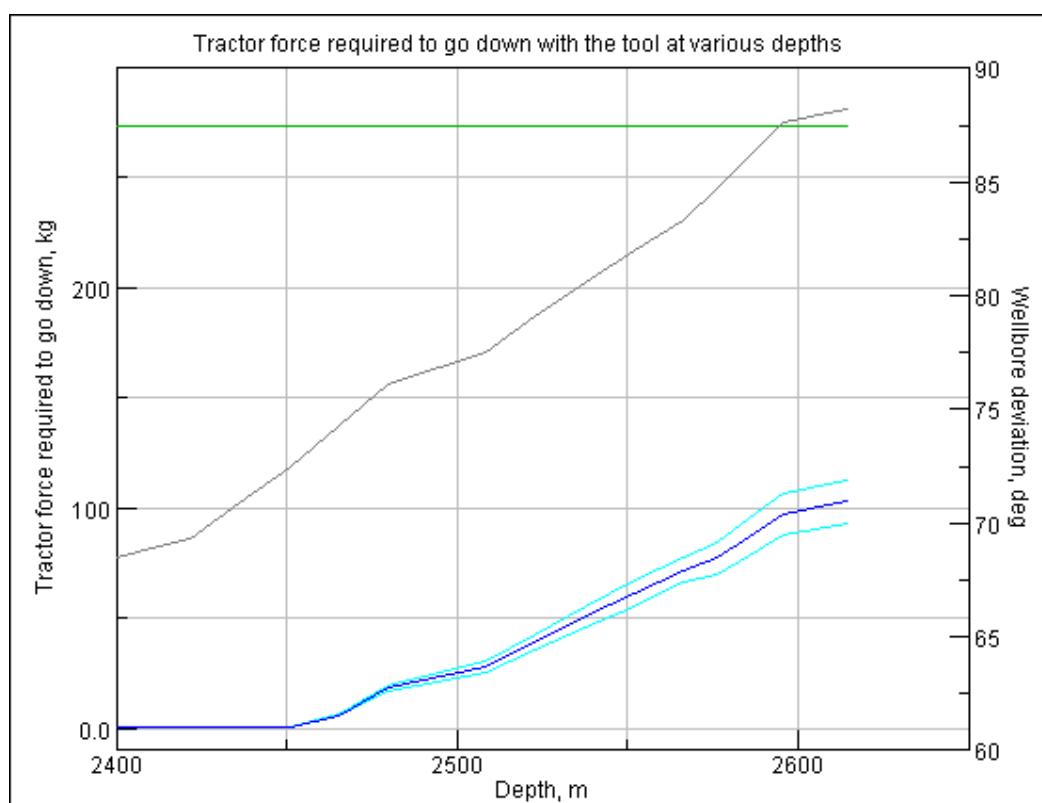


Figura.4 – Fuerzas de tractoreo requeridas para bajar 6m de cañones de 114mm, alrededor de 105Kg, lo que se puede lograr con dos secciones de tractoreo del TuffTRAC®