

PERFORACIÓN CON CASING (DWC) – LECCIONES APRENDIDAS EN 5 AÑOS DEL USO DE LA TECNOLOGÍA EN ARGENTINA Y BOLIVIA.

C.M. Espinosa, S. Grill, D. Codega, C. Roldán, H. Guttner, A. Prieto, Tenaris

cespinosa@tenaris.com, sgrill@tenaris.com, dcodega@tenaris.com, caroldan@tenaris.com,

hfguttner@tenaris.com, aprieto@tenaris.com

Sinopsis

Más de 500 columnas de casing se han instalado en los últimos 5 años en Argentina y Bolivia. En este trabajo se resumen las experiencias incluyendo las lecciones aprendidas en estos años desde el punto de vista del fabricante de casing.

Dentro del trabajo se discutirán diversos casos donde se ha utilizado la tecnología de perforación con casing (DWC) en Argentina y Bolivia. Para cada caso se hará un resumen de los principales beneficios en la selección de la tecnología, los desafíos durante su implementación y las lecciones aprendidas. El foco estará puesto en lo referente a las conexiones de casing, incluyendo sus limitaciones y las herramientas y servicios desarrollados para su uso en campo.

En Argentina y Bolivia el uso de la tecnología de perforación con casing ha sido extensivo, tanto en campos maduros como en desarrollo de reservorios no convencionales. En todos los casos el objetivo fue mejorar eficiencia y reducir costos de perforación. Sin embargo, los beneficios no fueron idénticos, en algunos casos los problemas durante la perforación fueron más significativos; en otros el objetivo fue la eliminación de tiempos no productivos y aumento de eficiencia.

El análisis de los distintos casos indica que hay dos etapas críticas para estos proyectos: ingeniería y operación en campo. En la primera, el análisis de fatiga, torque y pandeo debe hacerse de manera adecuada para reducir riesgos, siendo la fatiga la menos conocida y más difícil de evaluar. Con respecto a la segunda, la experiencia mostró que una incorrecta manipulación y uso de las conexiones pueden llevar a fallas repentinas. A partir de estas experiencias se ha preparado una guía para la selección y utilización de conexiones para perforación con casing.

Además, las experiencias en el campo se han usado para el desarrollo de herramientas y servicios específicos para extender los beneficios de esta tecnología a otros campos y proyectos. De hecho, la información recolectada dará forma a la nueva generación de conexiones.

Introducción

El uso de la tecnología de perforación con casing (DWC) se ha extendido en los últimos 5 años desde 2011 a 2016 en Argentina y Bolivia. El mapa muestra las distintas cuencas con los operadores y tipo de tuberías de los principales proyectos de DWC en este periodo.

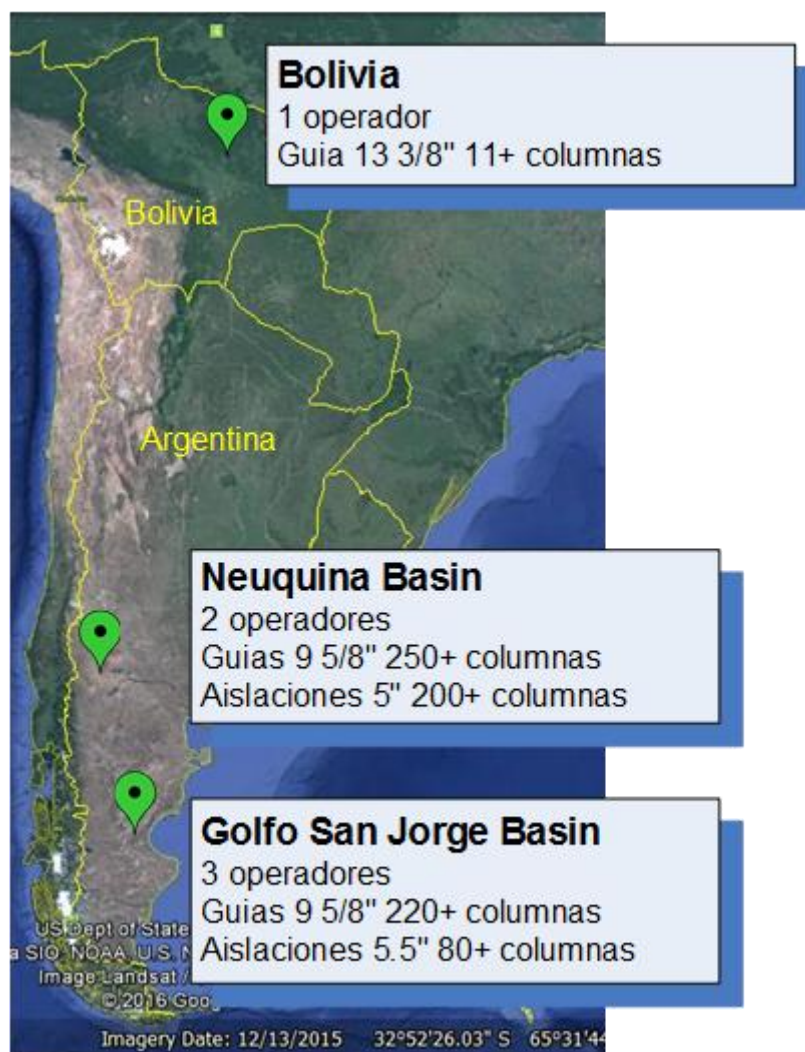


Figura 1: DWC en Argentina y Bolivia

En el periodo contabilizado el despacho de más de 1'400,000 mts, que representan unas 100,000 uniones, de casing para columnas asociadas a operaciones de perforación con casing (DWC) entre 2011 y 2016. En la siguiente imagen se detalla la evolución de estos envíos.

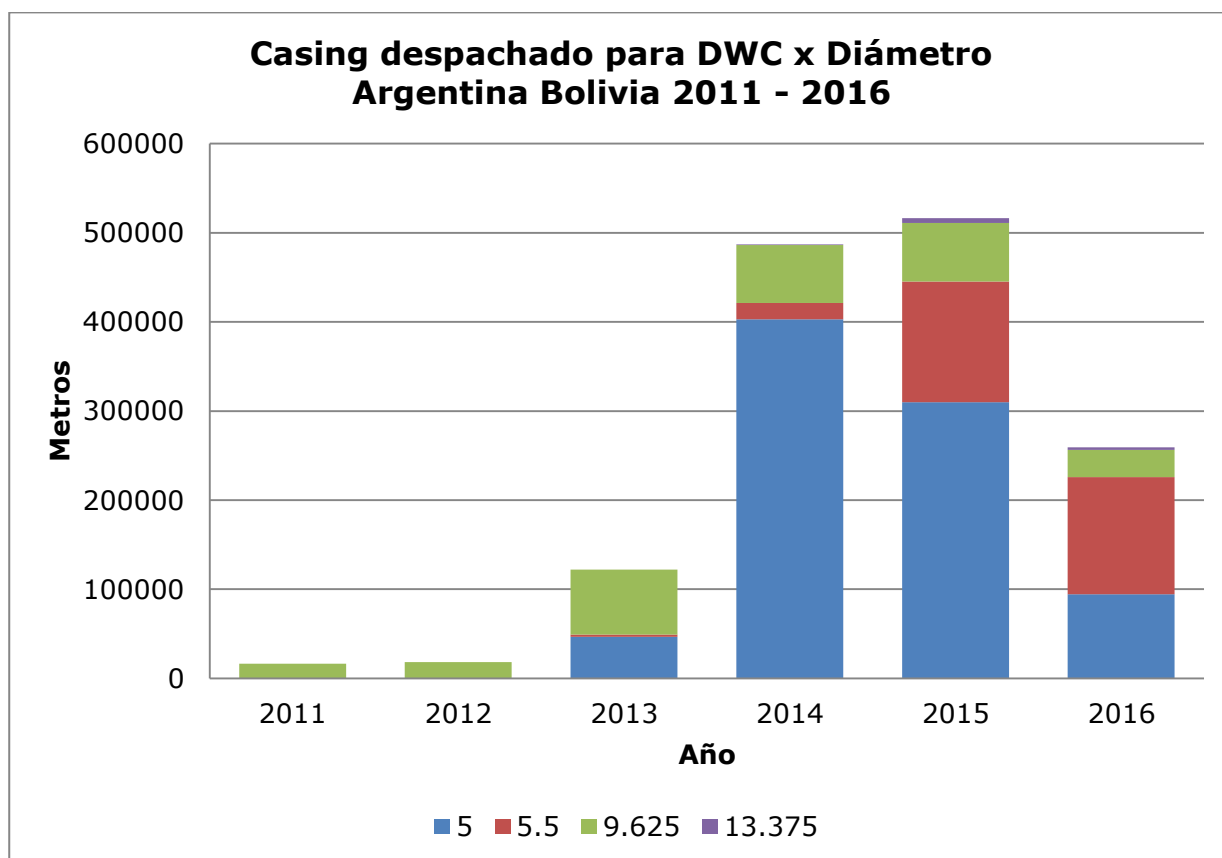


Figura 2: Casing despachado a pozo para proyectos 2011-2106

En los años 2014 y 2015 se alcanza el máximo de metros despachados para proyectos de DWC asociados mayormente a la entrega de casing de 5" de diámetro para aislaciones en proyectos shale en la cuenca neuquina.

Desde 2014 se ve un incremento en los despachos de material 5.5" de diámetro usados como aislaciones en campos maduros.

Los despachos de guías en 9 5/8" y 13 3/8" se mantienen relativamente constante desde el año 2013.

Alcance

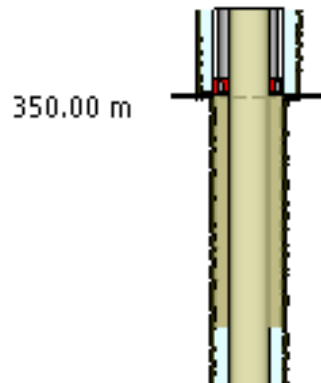
Este trabajo busca resumir las experiencias de DWC en Argentina y Bolivia en los últimos 5 años, desde la perspectiva de un fabricante de casing. Por esta razón el foco de este documento son las conexiones de casing, su utilización en campo y su performance. El resultado de estas experiencias incluye una guía de selección de uniones para DWC y recomendaciones para su manipuleo en campo.

Experiencias de DWC

En las siguientes secciones resumiremos los diferentes proyectos de DWC, y en los casos que estén disponible, datos sobre los principales logros.

Cuenca del Golfo San Jorge

Caso GSJ1 - Operador 1 – Aislación 9 5/8"



Aislación

9 5/8" 36# K55 TXP BTC

Profundidad: 300 – 350 m

200+ columnas

Descripción

El objetivo principal en este proyecto fue la reducción de tiempos no productivos especialmente los asociados a los viajes con la sarta de perforación. La profundidad final de estas guías oscilaba entre 300 y 350m, los cuales se llegaron a alcanzar en solamente 16 horas usando tecnología de DWC (Bazan, 2012). Después del proyecto piloto esta técnica fue definida como estándar por el operador. (Gigera, 2011)

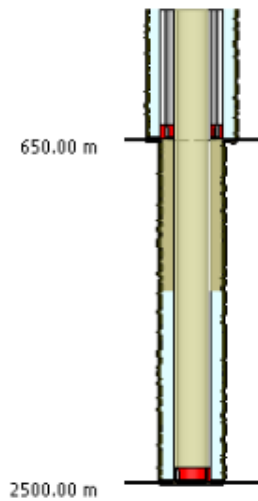
Conexión

Los primeros pozos utilizaron conexiones BTC con anillos de torque, pero las dificultades operativas y el poco conocimiento de su comportamiento a fatiga obligó al uso de conexiones Premium y semi-premium con hombro de torque. La solución óptima desde el punto de vista de costo y performance fue el uso de una conexión semi-premium con hombro, en la sección de las conexiones se la describe en detalle.

Resultados

Desde 2011 hasta 2015 más de 200 columnas fueron instaladas usando DWC sin fallas de conexiones registradas. El costo promedio de cada sección fue reducido en un 10% con una reducción del tiempo de perforación del 30% (Bazan, 2012). En 2015 por temas contractuales se reemplazaron los equipos automáticos por equipos convencionales con mesa rotary, y DWC se dejó de utilizar.

Caso GSJ2 - Operador 1 – Aislación 9 5/8"



Guías

9 5/8" 36# K55 TXP BTC
12.250" trépano
Profundidad: 370 – 620 m
25 columnas

Intermedias

9 5/8" 36# K55 TXP BTC
12.250" trépano
Profundidad: 1500 m
2 columnas

Descripción

Al igual que en el caso anterior el proyecto apunta a reducir el tiempo de perforación al reducir los viajes con la columna de perforación. En el caso de las cañerías intermedias profundas (@1500m), se esperaban zonas difíciles para perforar con pérdidas de fluido y posibles pegas.

Conexiones

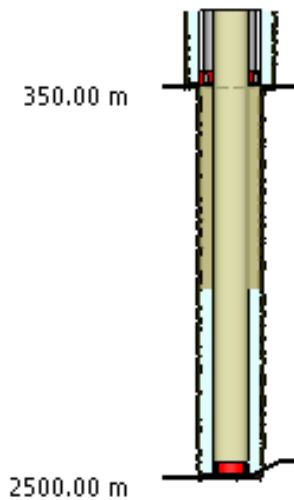
Todas las columnas usaron conexiones semi-premium con hombro de torque, no se registraron problemas con las uniones.

Resultados

La tecnología demostró su capacidad para alcanzar las profundidades y las ROP requeridas. Sin embargo, el análisis de la economicidad del proyecto indica que la tecnología trae beneficios en columnas más profundas.

Caso GSJ 3 – Operador 2 y 3 – Aislaciones

Aislaciones



5.5" 15.5# K55 TXP BTC
5.5" 17# L80 TXP BTC
5.5" 17# K55 TSH WEDGE 563
5.5" 17# K55 TSH WEDGE XP
Trépano 7 7/8"
+80 columnas
Profundidad 1600 – 2500 m

Descripción

Existen proyectos de recuperación secundaria en la cuenca del Golfo San Jorge (CGSJ) desde hace más de 30 años. Actualmente la mayoría de los yacimientos tienen proyectos de recuperación secundaria en funcionamiento, cuya contribución representa más del 40% de la producción de la cuenca. (Hirschfeldt, 2012). La cuenca está compuesta por reservorios multicapa de reducida extensión lateral, en algunos casos se tienen pozos produciendo e inyectando desde/hasta 30 capas en simultaneo (Hirschfeldt, 2006). Además están presentes arcillas reactivas. La perforación en estas condiciones tiene que superar muchos desafíos, en la misma columna se pueden encontrar alternadas formaciones en inyección con altas presiones a continuación de zonas depletadas. Estos aspectos se traducen en varios problemas durante la perforación: pérdidas severas, influjos, inestabilidad de pozo y problemas de pega diferencial. El objetivo de usar DWC es minimizar todos estos problemas, a través de dos efectos:

- Eliminar los viajes de calibración necesarios para operaciones de perfilaje y entubación
- Reducir problemas de pérdidas de circulación por el efecto de "fratachado" de la tecnología. (R.M Tessari, 1999)

Conexiones

Para los proyectos de perforación con casing de aislaciones se han utilizado tres tipos de conexiones:

- Semi-premium con hombro de torque
- Premium de paso variable con perfil tipo cuña
- Premium de paso variable con perfil tipo cuña y hombro pin-pin

En la sección de las conexiones se discute en mayor detalle los atributos de cada una.

Cuenca Neuquina

Caso NQN 1 – Guías 9 5/8” – Operador 1

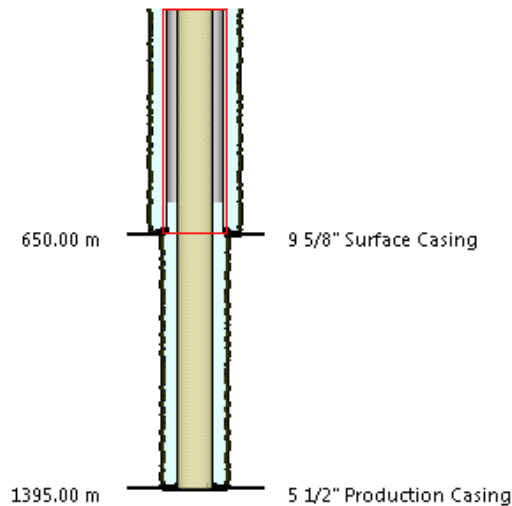
Guías

9 5/8” 36# K55 TXP BTC

12.250” trépano

Profundidad: 600 m

+100 columnas



Descripción

Un operador muy importante en la Cuenca neuquina tuvo varios problemas durante la perforación de las guías de pozos con objetivos de tight gas. Entre los problemas más recurrentes se encontraban la pérdida de circulación severa y pega diferencial de sartas de perforación.

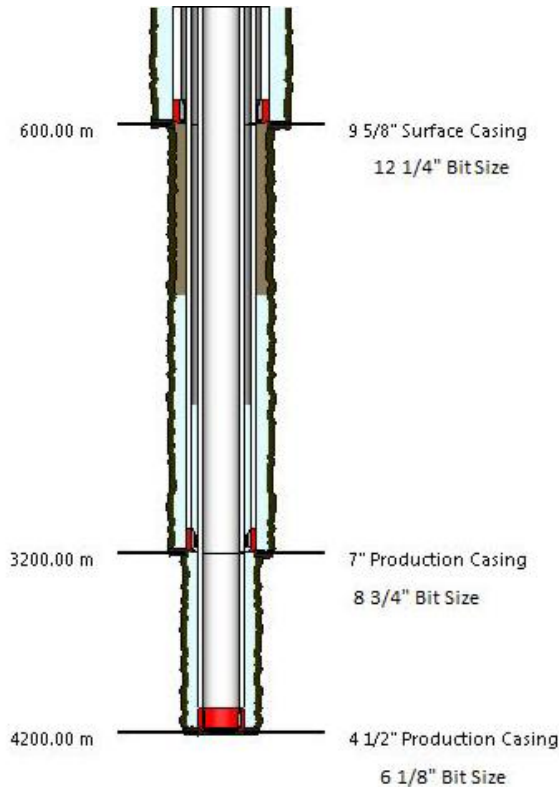
Conexiones

El proyecto inicialmente contempló el uso de uniones API BTC con anillos de torque instalados en campo. Debido a las complejidades operativas y los riesgos asociados a los anillos la operadora decidió evolucionar hacia una conexión semi-premium con hombro de torque. (Giordano, 2010)

Resultados

Se instalaron con esta tecnología más de 120 columnas, donde solamente se registró una falla en condiciones de pérdida total de circulación.

Caso NQN 2 – Guías 9 5/8” – Operador 2



Guías

9.625” 36# K55 TXP BTC

Trépano 12 1/4”

+40 columnas

Perforación 600 m

Descripción

La tecnología de DWC es utilizado por una operadora en uno de los yacimientos de tight gas más importantes de la cuenca neuquina. Su utilización se enmarcó dentro de un plan general de reducción de costos y optimización de tiempos de perforación para el proyecto. El objetivo primario fue la reducción de tiempos no productivos asociados a viajes de la columna de perforación.

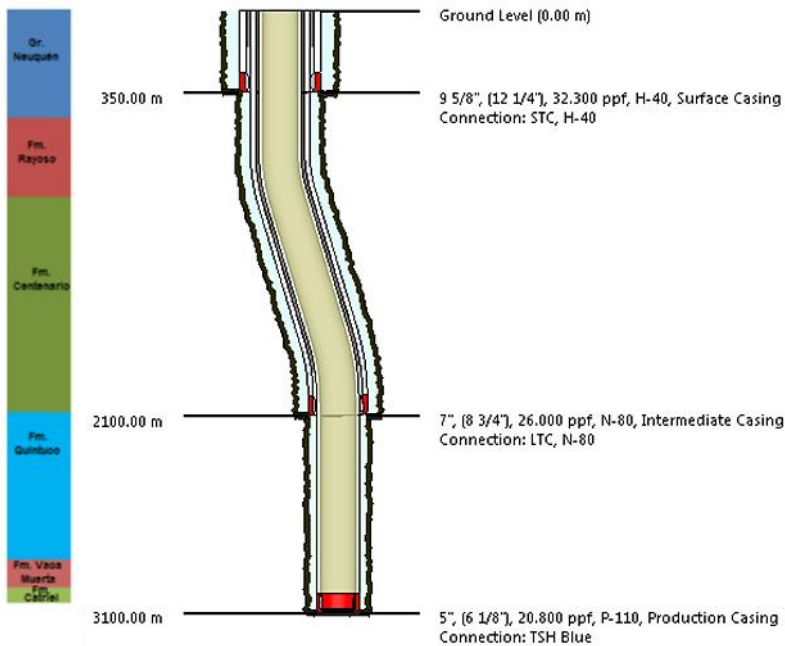
Conexiones

La primera operación involucró el uso de anillos de torque, pero ocurrió una falla. A raíz del incidente el operador decidió migrar a una conexión semi-premium con hombro de torque.

Resultados

El uso de DWC permitió contribuir a la reducción del costo y tiempo de perforación de los pozos del proyecto. (Fernandez, Ojeda, Fontana, Romero Vazquez, & Shaj, 2015). En el momento de la preparación del trabajo más de 40 columnas se han instalado con esta técnica.

Caso NQN 3 – Aislaciones 5” – Operador 1



Aislaciones

5.00” 20.8ppf P110 TSH BLUE

Trepano 6 1/8”

+200 columnas

Perforación: 3100 m

Descripción

El desarrollo de la formación shale de Vaca Muerta en el área de Loma Campana comenzó con pozos verticales como los que se muestran en la figura anterior. La perforación de las formaciones de Quintuco y Vaca Muerta presenta desafíos grandes al cruzar zonas naturalmente fracturadas y sobre presionadas. El margen de densidad de lodo es muy limitado, y se incorporó desde etapas tempranas el uso de métodos de perforación bajo balance (UBD) o de presión controlada (MPD). Pero estos métodos presentaban un problema en el momento de entubar y cementar los pozos. Estos problemas se tradujeron en el uso de DWC junto con UBD/MPD. (Hechem, Caprini, & Abraham, 2015). El uso de ambas técnicas combinadas se tradujeron en varios beneficios (Romero Mc Intosh, Medina, Calegari, & Martin, 2015):

Mejor control de pozo al atravesar zonas fracturadas

Eliminación de tiempos no productivos necesarios para ahogar el pozo previo al perfilaje y la entubación

Aumento de los márgenes de presión para métodos de UBD gracias al espacio anular reducido de DWC

Conexiones

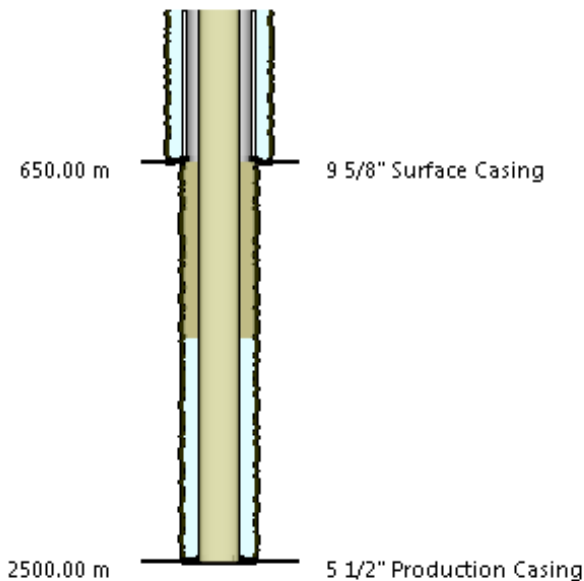
El diseño de estos pozos demandaba una conexión Premium con sello metal-metal, hombro de torque y 100% de eficiencia para resistir las cargas durante la terminación, especialmente los esfuerzos durante la fractura hidráulica y operación del pozo. En el momento que se decidió realizar DWC, se verificó la aptitud de la conexión desde el punto de vista de torque y fatiga para estas operaciones.

Resultados

Desde 2013 hasta 2015 se perforaron 214 pozos con esta técnica. El operador hizo un análisis de los ahorros derivados de utilizar esta técnica, donde se reportó la reducción del 52% en el tiempo de perforación de la sección y una reducción del 42% del costo. (Romero Mc Intosh, Medina, Calegari, & Martin, 2015). Actualmente con la migración a pozos horizontales para el desarrollo de shale se ha dejado de utilizar esta tecnología.

Caso NQN 3 y 4 – Guías 9 5/8 y Aislaciones 5.5” – Operador 1

Guías



9.625" 36# K55 TXP BTC

Trépano 12 1/4"

6 columnas

Profundidad 200-470 m

Aislaciones

5.5" 15.5# K55 TXP BTC

5.5" 17# K55 TSH WEDGE
XP

Trépano 7 7/8"

Profundidad 680-820m

Descripción

El operador decidió utilizar la tecnología de DWC para reducir tiempos nos productivos asociados al viaje de la columna de perforación, acondicionamiento del pozo y en algunos casos por pérdidas de circulación.

Conexiones

Desde el primer momento el operador utilizó conexiones semi-premium con hombro de torque basado en los resultados exitosos en otros campos. Hacia finales de 2016 se realizó un piloto con una conexión nueva de paso variable pin-pin, la cual se detallará más adelante.

Resultados

El proyecto comenzó con 3 pozos donde se validó la tecnología y los servicios. En particular la herramienta make-up quill se utilizó para conectar el top drive del equipo a la columna directamente. Los resultados fueron exitosos con tiempos de unión promedio de 4 minutos y sin incidentes. Hacia finales del 2016 más de 11 columnas de 5.5" y 6 columnas de 9 5/8" se habían perforado con esta tecnología, incluyendo dos pozos donde ambas secciones se perforaron con DWC.

Bolivia

Caso BOL1 – Aislaciones 13 3/8” – Operador 3

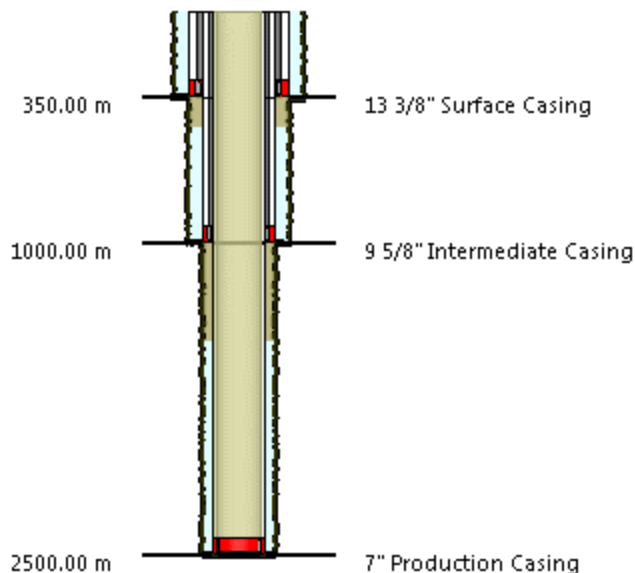
Aislaciones

13 3/8” 54.5 K55 TXP
BTC

Trépano 16”

Profundidad 350m

+10 columnas



Descripción

En los campos del norte de Bolivia se presentan desafíos en la perforación del tramo de aislación. En estos tramos hay problemas de pérdidas de circulación e influjos de agua somera. En muchos casos esto se traduce en tiempos no productivos para controlar el pozo.

Conexiones

En una primera etapa del proyecto se utilizaron conexiones API BTC con anillos. Sin embargo, por sus ventajas operativas y performance previa en DWC la operadora decidió migrar a conexiones semi-premium con hombro.

Resultados

De acuerdo a información publicada, el uso de DWC ha permitido un ahorro de 200 KUSD y reducción del 68% del tiempo de perforación de los tramos de las guías. Entre unos de los factores de éxito se incluye la reducción de caudal gracias a anulares menores que se convirtieron en menores problemas de pérdidas de circulación. (Campos Pinto, Dominguez Mendez, Toro Ibañez, & Badani Aguirre, 2015). Los resultados hicieron que la técnica de DWC para la guía se estandarice para los pozos del norte de Bolivia para este operador. En 2016 se hizo la primera instalación de DWC en una columna intermedia hasta los 1800m, lo cual estableció un record para esta tecnología en la cuenca.

Conexiones para Perforación con Casing

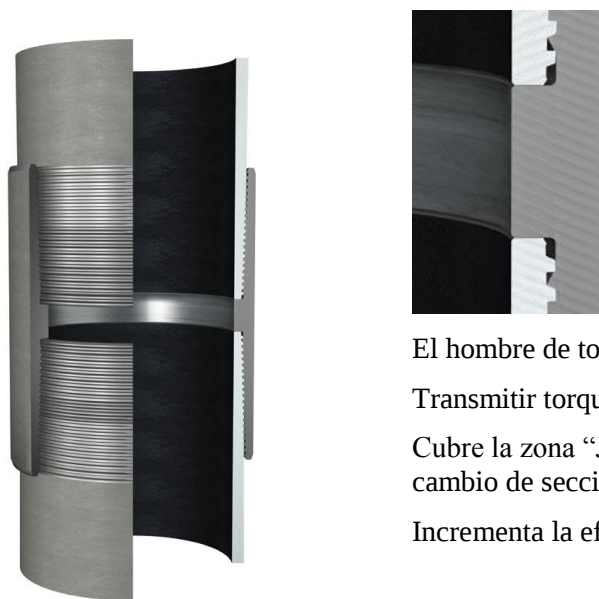
A continuación se describen los atributos principales de las conexiones utilizadas para perforación con casing en Argentina y Bolivia

Conexión cuplada semi-premium con hombro de torque

Tenaris desarrolló una conexión cuplada semi-premium con hombro de torque con el objetivo de compensar algunas de las limitaciones de la conexión API BTC para ser utilizada en operaciones con rotación de casing y/o con altas cargas de compresión. La performance a la fatiga de la conexión fue validada con un programa extenso de ensayos a plena escala.

Esta conexión es la estándar utilizada en proyectos de DWC para guías en 9 5/8 y 13 3/8. Adicionalmente ha sido utilizada en casos de DWC de aislaciones de 5.5”.

A continuación se muestra un esquema de la conexión con su hombro de torque.



El hombro de torque incorporado en la cupla permite:

Transmitir torque

Cubre la zona “J” reduciendo los riesgos de erosión por cambio de sección

Incrementa la eficiencia de compresión al 100%

Figura 3: Conexión cuplada semi-premium con hombro de torque

En la siguiente imagen se puede ver varios tubos con esta conexión en bancales de un equipo durante operaciones de DWC en la cuenca neuquina.

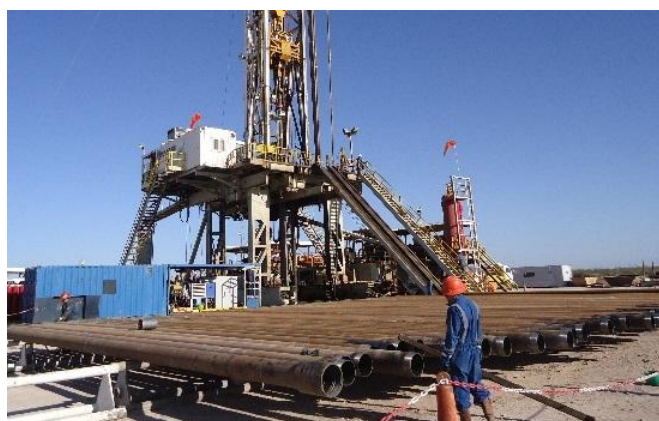


Figura 4: Conexión semi-premium en operaciones de DWC

Conexión cuplada Premium con sello metal-metal

Como se mencionó anteriormente, para los proyectos de pozos shale se utilizó una conexión cuplada Premium con sello metal-metal. Esto es necesario para garantizar estanqueidad durante las operaciones de fractura hidráulica a alta presión y en operación de los pozos. El comportamiento del sello ha sido validado por extensivos ensayos a plena escala de acuerdo a las normas más exigentes de la industria. Además, y en línea con la conexión anterior, se han realizado números ensayos a plena escala para validar la resistencia a la fatiga.



Hombro de torque y sello metal-metal

Sello metal-metal de forma toroidal con performance validada por el protocolo ISO 13679:2002 CAL IV

Hombro de torque

Resistencia a la fatiga validada con ensayos a plena escala

Figura 5: Conexión premium con sello metal-metal y hombro de torque

En la siguiente imagen se muestran tubos con esta conexión en una operación de DWC.

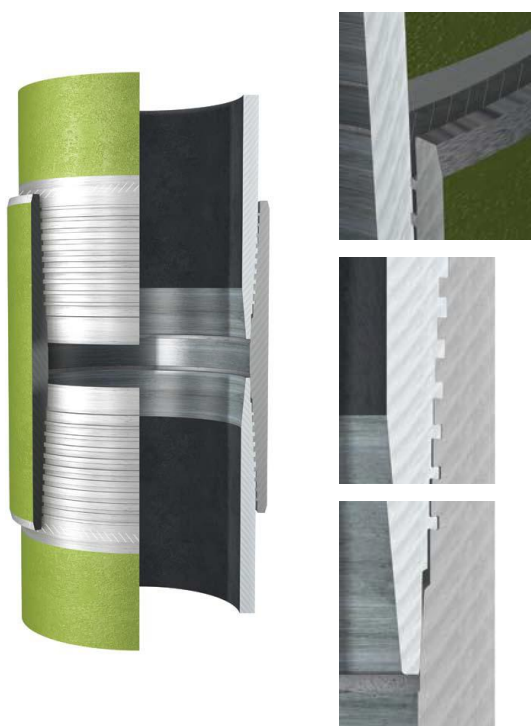


Figura 6: Conexión premium con sello metal-metal y hombro en campo

Conexión Premium de perfil variable tipo cuña

Para tubulares de reducido espesor donde las conexiones con hombro presentan límites en el torque que pueden transmitir, o en aplicaciones donde el torque es muy alto se han utilizado conexiones de perfil

variable tipo cuña que permiten transmitir torques mucho más altos. Esta conexión además incluye un sello metal-metal, el cual no era necesario para las aplicaciones utilizadas.



Banda para confirmación de ensamblaje correcto

Alta conicidad y paso basto que permite un enrosque sencillo en campo.

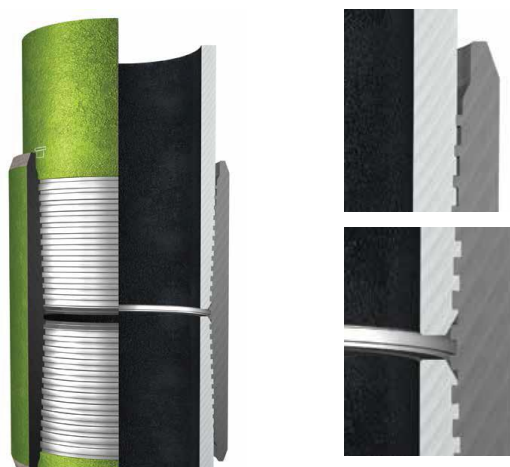
Alta Resistencia al torque gracias al ensamble simultaneo de los flancos de la rosca con perfil variable.

Sello metal-metal.

Figura 7: Conexión premium con perfil de rosca variable tipo cuña

Conexión de perfil variable tipo cuña y contacto pin-pin

Conexión de reciente lanzamiento pensada para combinar los mejores atributos del perfil variable tipo cuña con torque adicional provisto por el contacto pin-pin. Además fue diseñada para un ensamble fácil y sencillo en campo. La conexión fue utilizada por un operador en dos pozos de DWC en CGSJ y en la cuenca neuquina; en particular el trabajo en GSJ permitió lograr un record de profundidad de DWC para la operadora en la cuenca.



Confirmación visual de apriete adecuado

Apriete sencillo sin control torque-vuelta

Torques superiores a cualquier otra conexión gracias al perfil variable tipo cuña y la contribución adicional del contacto pin-pin



Figura 8: Conexión con perfil de rosca variable y contacto pin-pin

La siguiente fotografía muestra las uniones durante la operación en GSJ.



Figura 9: Conexión con perfil de rosca variable tipo cuña y contacto pin-pin

Fallas

El número de fallas en las conexiones ha sido muy bajo comparado con el total de uniones instaladas, las fallas catastróficas representan menos del 0.002% de las conexiones enviadas al campo. Sin embargo, por sus consecuencias es importante hacer el análisis de estas fallas para prevenir futuros incidentes.

Rotura de casing de superficie 9 5/8"

El siguiente ejemplo resume el análisis realizado sobre una muestra de casing 9 5/8 con conexión semi-premium que se rompió en operaciones de DWC. En particular la conexión falló en operaciones con pérdidas totales de circulación donde se registraron altísimos torques en superficie.

Muestras

En las siguientes imágenes se puede ver la condición de las muestras disponibles. El daño que se registra en la muestra D ocurrió durante la operación de pesca.



Figura 10: Muestras de columna con falla

Análisis de Falla

Las muestras fueron caracterizadas utilizando análisis mecánicos, químicos y microscopía electrónica. A continuación se describen los análisis realizados con descripción de los hallazgos más relevantes.

El pin y el box de la conexión con falla muestran deformaciones plásticas en la zona del hombro, probablemente asociadas a altos torques, como los que fueron registrados en superficie.

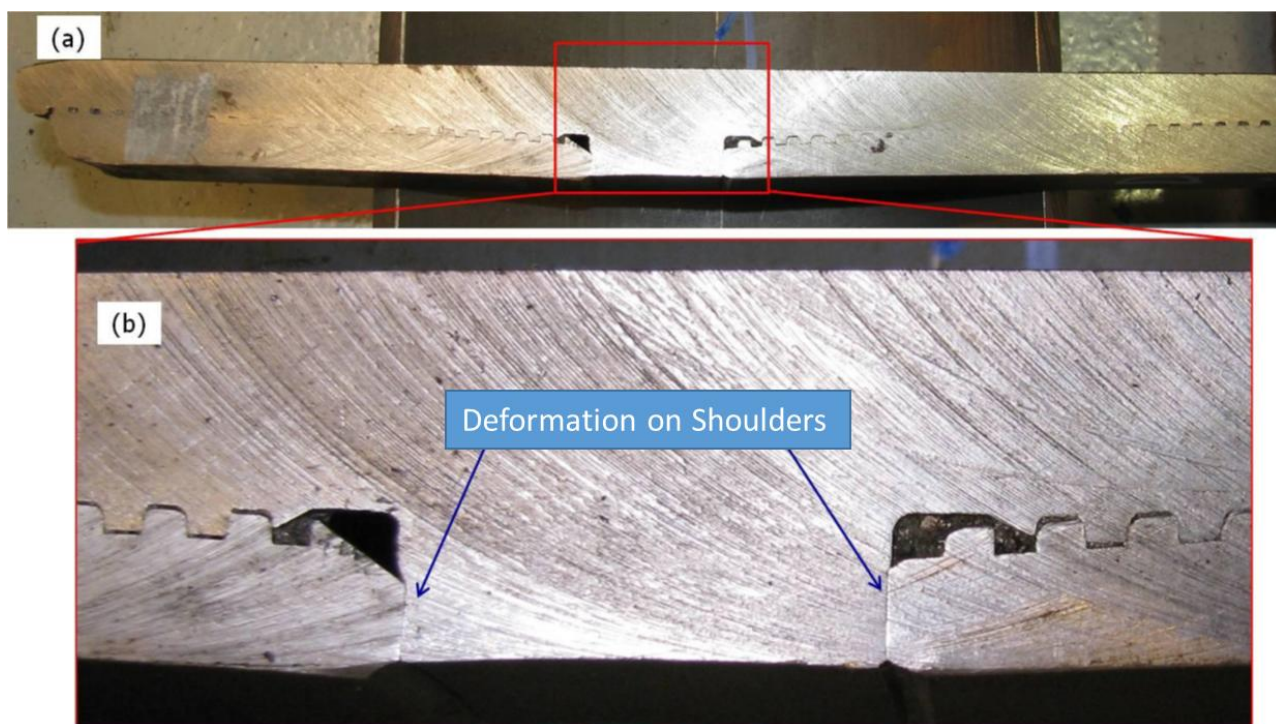


Figura 11: Corte de muestra D

En una de las secciones se encontraron indicaciones de posibles fisuras al utilizar inspección por partículas magnéticas en vía húmeda.

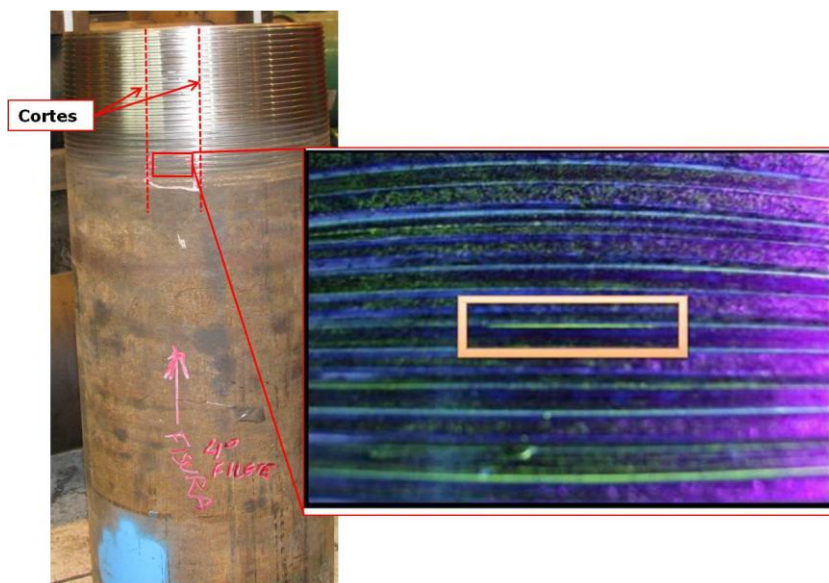


Figura 12: Resultados de inspección por partículas magnéticas

Con técnicas adecuadas se pudo abrir la fisura preservando la superficie.

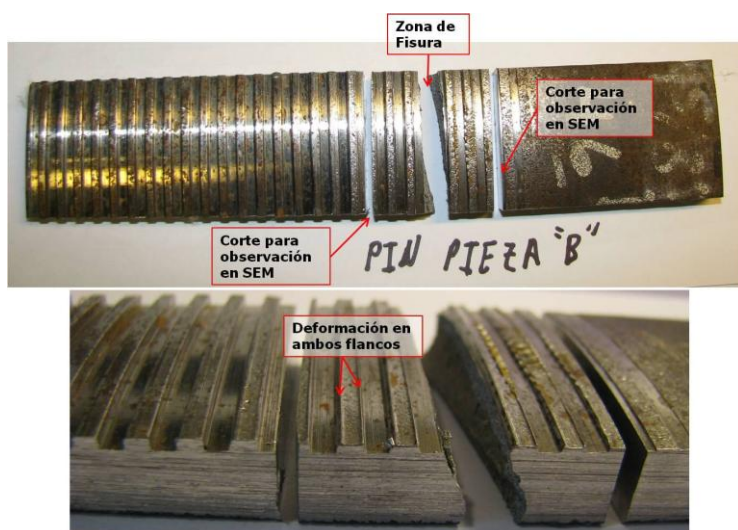


Figura 13: preparación de muestra con fisura

Al analizar esta superficie al microscopio se pudo ver claramente las marcas de “línea de playa” (ratchet marks) típicas de fallas por fatiga.

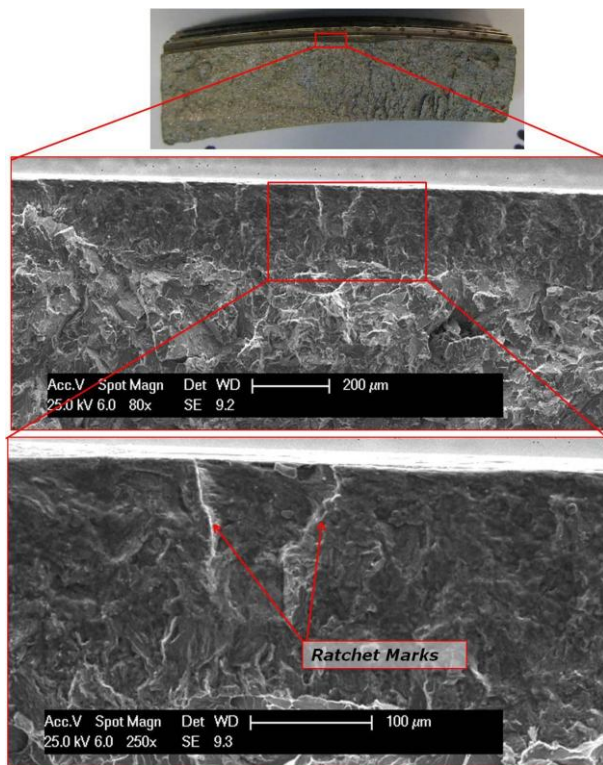


Figura 14: Superficie de la fisura

El análisis concluyó que las condiciones de servicio tan severas con pérdidas de circulación y alto torque provocó una falla prematura por fatiga.

Sobre torque conexiones 5.5” semi-premium

Durante la terminación de pozos cuya sección de aislación fue instalada usando DWC se encontraron restricciones para el pasaje de herramientas en la zona de uniones. La evaluación de la forma y localización de las fallas indicaron que el origen de estos problemas es el sobre torque de las uniones y la consecuente deformación de la nariz del pin y el hombro de torque. Este sobre torque pudo haberse originado por varias razones:

- Prácticas inapropiadas en el campo (Tenaris, 2017)
- Fuerzas dinámicas aplicadas por el Top Drive (Abrahamsen, 2008)
- Vibraciones torsionales (Spanos, Politis, Esteve, & Payne, 2009)

La imagen mostrada a continuación muestra el efecto de sobre torque en una unión con hombro.



Figura 15: Conexion con sobre torque

Junto a la operadora se trabajó en los dos primeros puntos con el objetivo de reducir la incidencia de estos problemas. En el momento de escribir este trabajo se habían reducido los problemas y además se había migrado a una conexión más robusta desde el punto de vista de torque.

Lecciones Aprendidas

Basados en la experiencia en campo y los ensayos de laboratorio se resumen las lecciones aprendidas en dos partes:

- Guía de selección de conexiones para DWC
- Recomendaciones para operación en campo

Guía de selección de conexiones para DWC

Lo primero que es importante entender es que las tuberías de casing que se usan en DWC son expuestas a cargas diferentes y adicionales a los que se consideran en el diseño tradicional de casing. En particular a los temas asociados a la rotación a las que son sometidas las tuberías durante la instalación, de hecho las conclusiones sobre DWC aplican a cualquier tubería de casing y tubing que se rote, por ejemplo durante la entubación.

En la siguiente tabla se muestran las distintas cargas a las que son sometidas las columnas de casing en operaciones convencionales y cuando hay rotación.

Tipo de Servicio	Service Conditions	Axial Load	Burst	Collapse	Torque	Fatigue
Estatico	As installed	○	○	○		
	Drilling next section	○	○	○		
	Well Control	○	○	○		
	Completion	○	○	○		

	Production	○	○	○		
	Running in hole (w/o rotation)	○				
Dinamico	Reaming in/out	●			●	●
	Drilling	●			●	●
	Cementing	●			●	●

○: Conventional casing design – ●: Casing design for rotating strings

La tabla muestra la necesidad de evaluar el torque y la fatiga. En las siguientes secciones profundizaremos sobre estos puntos.

Torque y Arrastre

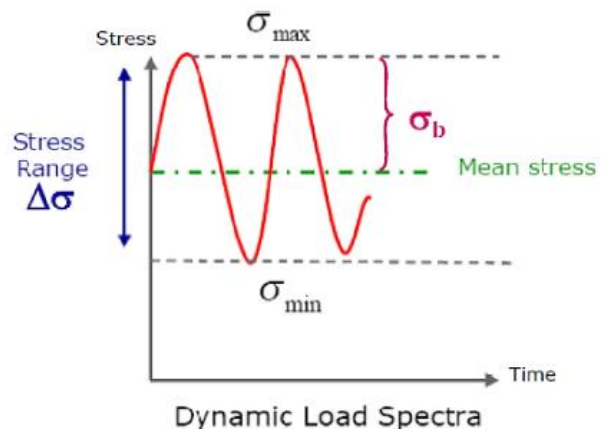
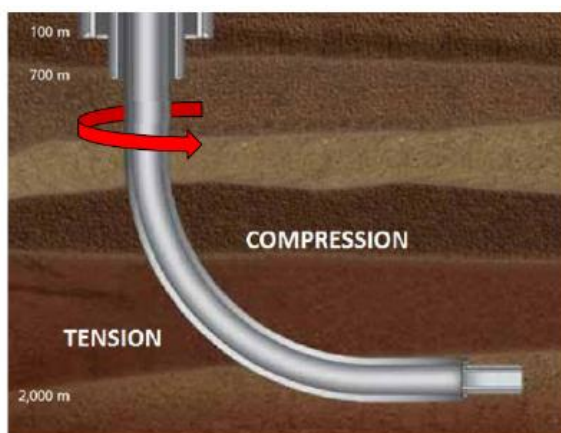
En las operaciones de DWC la columna de casing que se rota estará sujeta a esfuerzos originados por el movimiento de la sarta, como también por la interacción con las paredes del pozo y los fluidos. Es de absoluta importancia evaluar correctamente estas fuerzas en la etapa de planificación del pozo por dos razones principales:

- **El torque** puede alcanzar valores que superen los torques operativos de las conexiones. De hecho, uno de los aspectos críticos para seleccionar la conexión es su capacidad para transmitir el torque necesario para rotar la tubería.
- **Pandeo.** Varios autores coinciden que las columnas con pandeo helicoidal no deberían ser rotadas ya que los efectos de desgaste y la fatiga exceden los límites aceptables (Mitchell, 2006), provocando fallas prematuras. (Rodriguez Jordan, Grittini, Mazzaferro, & Urdaneta, 2014)

En la actualidad existen varios modelos que intentan simular la condición del pozo, aunque es importante entender que tienen limitaciones. Existe mucha información sobre la aptitud de los distintos modelos de Torque y Arrastre para simular la realidad, pero están fuera del alcance de este trabajo. (Mitchell & Robello, 2009)

Fatiga

Toda columna de casing que está sometida a rotación en un pozo con tortuosidad tiene potencial de tener daño por fatiga. Durante la rotación el cuerpo y las conexiones de casing son expuestos a cargas alternativas que podrían provocar una falla, aun cuando el esfuerzo nominal sea menor a la fluencia.



La resistencia a la fatiga de las conexiones de casing es un ámbito de investigación relativamente reciente para los fabricantes de conexiones. (Rodriguez Jordan, Grittini, Mazzaferro, & Urdaneta, 2014) (Rodriguez

Jordan, Merliahad, Grittini, & Mazzaferro, 2014). Las principales conclusiones de estas investigaciones son:

- La fatiga en conexiones de casing es un problema complejo
- El uso de elementos finitos y factores de concentración de tensiones tienen aplicación limitada para predecir falla
- El único método disponible actualmente es el de construir curvas Esfuerzo-Ciclos (S-N) basados en ensayos a plena escala. (Rodríguez Jordan, Grittini, Mazzaferro, & Urdaneta, 2014)

Tenaris ha realizado numerosos ensayos de plena escala en sus conexiones propietarias, lo que ha permitido construir curvas S-N validadas por estos ensayos. Es importante hacer una evaluación de daño por fatiga de las uniones durante la etapa de ingeniería con los datos más reales posibles para reducir los riesgos durante la fase operativa.

Incertidumbre y Limitaciones

En las secciones anteriores se menciona las limitaciones de los modelos de Torque y Arrastre para reflejar la realidad en el pozo. Así mismo los modelos para simular fatiga tienen importantes limitaciones para simular las condiciones reales del pozo, agregando incertidumbre a los cálculos. Las limitaciones más importantes se pueden listar a continuación:

Variación de parámetros operativos: Los valores reales de rpm, torque, peso en el gancho, y peso en el trépano no se conocen con anticipación. Si estos valores superan los umbrales definidos para la conexión es probable que haya daño y se traduzcan en fallas prematuras.

Verdadera trayectoria del pozo y propiedades de la formación. La verdadera trayectoria, las dimensiones del pozo y las propiedades de la formación pueden ser diferentes de casos previos. Una alta tortuosidad que ocurre de manera inesperada, y no sea detectada puede provocar fallas prematuras.

Vibraciones y efectos transitorios. Está documentado (Spanos, Politis, Esteva, & Payne, 2009) que durante la perforación las vibraciones pueden afectar la performance y en algunos casos llevar a fallas prematuras de barras de sondeo y portamechas. Estos mismos efectos pueden provocar fallas prematuras en conexiones de casing, que son menos robustas que las utilizadas en sargas de perforación convencional.

Verdadera condición de pandeo. La estimación del pandeo en la columna asume muchos datos que pueden diferir de las condiciones del pozo. El pandeo excesivo también puede contribuir a fallas prematuras

En definitiva, aunque es muy importante hacer análisis de Torque y Arrastre, y Fatiga, existen incertidumbres debido a las limitaciones de los modelos y de la información disponible. Las reglas del buen arte de perforación se deben seguir también en perforación con casing para minimizar los riesgos.

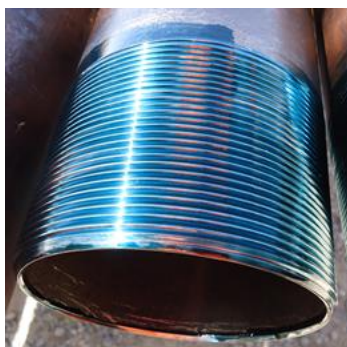
Operación en el Campo

En conjunto con una sólida evaluación de ingeniería y planificación, es necesario y muy importante cumplir con las mejores prácticas operativas en el campo. En particular aquellas asociadas a un correcto ensamble de las conexiones de casing. Los efectos de manipuleo y operación inadecuados se magnifican exponencialmente en operaciones de DWC, considerando que las conexiones se exponen a miles de ciclos de rotación.

Preparación de conexiones

Como se indican en la norma API 5C1 y los manuales de running de las empresas fabricantes de conexiones (Tenaris, 2017), la remoción correcta de la grasa de almacenaje es mandatorio para un armado correcto. Una diferencia clave en operaciones de DWC es que esta etapa de preparación no puede hacerse mientras se está perforando, como ocurre en operaciones convencionales, porque forman parte de la columna de perforación. En el anexo 1 se pueden ver conexiones con grasa de almacenaje y limpias.

En algunos casos, para maximizar los ahorros de tiempos de DWC las conexiones se envían limpias y listas para usar, incluso con medidas del largo efectivo como se muestra en las siguientes fotografías.



Ensamble

El ensamble correcto de las conexiones es una de las operaciones más críticas para asegurar el éxito de los proyectos de DWC. Dentro de las actividades más importantes se encuentran:

- **Prevenir daño en el manipuleo.** Los perfiles de rosca dañados pueden ser fuente de concentración de esfuerzos y ser sujetos a fallas prematuras.
- **Aplicación correcta de grasa.** En el Anexo 1 se muestran ejemplos de prácticas incorrectas de aplicación de grasa de enrosque. El uso de grasas inadecuadas y/o su aplicación errónea puede provocar engranes en las uniones, que luego se convierten en zonas de concentración de tensiones o de capacidad de tensión reducida, provocando fallas prematuras.
- **Aplicación correcta del torque de apriete.** La performance de la conexión en todas sus facetas: tensión, compresión, sellabilidad, fatiga, depende de que durante el armado se haya aplicado el torque apropiado a la unión. Bajos valores de torque pueden resultar en conexiones “flojas” afectando su resistencia a la fatiga. Por otro lado, conexiones con excesivo torque pueden tener hombros deformados que afecten la terminación del pozo y/o que se traduzcan en fallas prematuras como se muestra en la sección fallas de este mismo trabajo. La experiencia en campo muestra que las mediciones de torque de top drive pueden tener errores significativos, y por eso es importante realizar una calibración correcta. Además los efectos dinámicos de los Top Drive pueden convertirse en sobre torque en las uniones. (Abrahamsen, 2008)

Conjunto de Fondo (BHA) y accesorios

En la etapa de planificación es de absoluta importancia relevar correctamente todos los elementos del BHA y los accesorios necesarios para la operación: trepano, collares flotadores, pup joints, camisas de circulación, etc. Si una conexión en el trépano y/o en otros accesorios es diferente al del resto de la columna, es probable que se necesiten cross overs que algunas veces no están disponibles rápidamente, o en algunos casos estas conexiones pueden tener limitaciones de torque/fatiga.

Make-up Quill

En el 2014 había un pico de actividad de perforación en el mundo entero empujado por los altos precios del petróleo. Muchas herramientas y servicios eran escasos y costosos. Varios de las operadoras pidieron a Tenaris el desarrollo de una herramienta para solucionar la baja disponibilidad de asign running tolos (CRT). En respuesta a este pedido, Tenaris desarrolló el make-up quill, que consiste en un cross over que permite conectar el top drive (típicamente rosca NC50) con el casing del proyecto, y permite aplicar torque y circular fluido. Las conexiones de esta herramienta se diseñaron para soportar muchos enrosques y desenrosques sin afectar las conexiones del casing. La presencia de un especialista en la operación asegura que los límites de la herramienta no se superan, asegurando una correcta capacidad de tiro. En las siguientes imágenes se muestran algunas fotos de esta herramienta en un equipo:

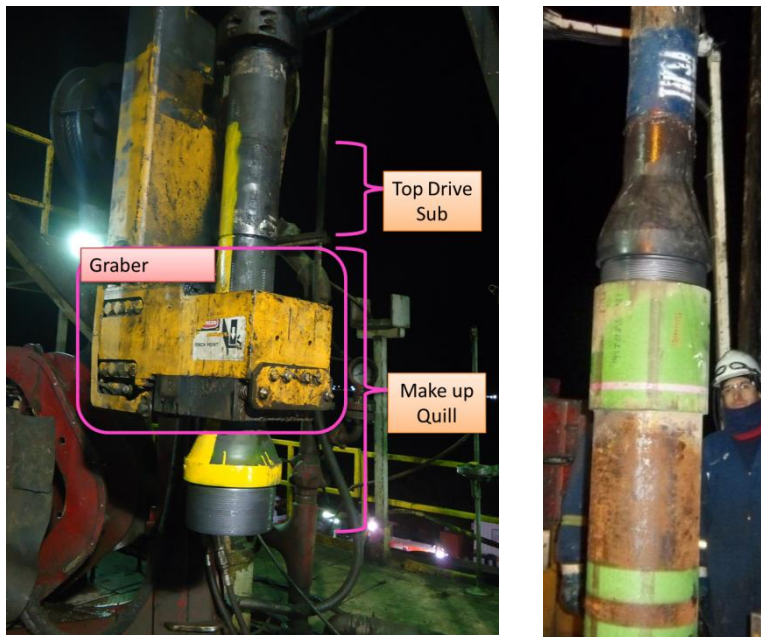


Figura 16: Make-up Quill

Durante la operación, las ventajas que se destacaron fueron:

- **Rápida instalación en el equipo**, menos de 20 minutos. La herramienta típicamente se conecta con al topdrive con las llaves del equipo. No se necesitan conexiones hidráulicas ni eléctricas
- **Cero restricciones de caudal**. La herramienta es de pasaje pleno, así que las restricciones de caudal solamente la impone el topdrive y la conexión usada en él.
- **Tiempo de armado comparable**. Con prácticas adecuadas de los maquinistas en el equipo se llegaron a tiempos de armado similares a los registrados con casing running tolos.

Glosario

DWC: Perforación con Casing

BHA: Conjunto de Fondo

S-N: Curvas Esfuerzo – Ciclos a fatiga

NPT: tiempos no productivos

Conclusiones

La tecnología de perforación con casing se ha validado en múltiples proyectos en Argentina y Bolivia en los últimos 5 años. Más de 1'400,000 metros de casing ha sido enviado a proyectos de DWC, lo cual representan más de 500 columnas.

Los beneficios principales de DWC son la reducción de tiempos no productivos y control de pozo mejorado en zonas complicadas para la perforación convencional.

La tecnología de DWC se ha usado en guías y aislaciones, tanto en proyectos de campos maduros como shale y tight; en las dos cuencas más importantes de Argentina y en los campos del norte de Bolivia.

Las conexiones semi-premium han sido elegidas mayoritariamente en los proyectos de perforación con casing, en los casos donde no era necesaria la sellabilidad al gas y/o altas presiones.

Las conexiones Premium con sello metal-metal y hombro se usaron extensivamente en un proyecto de DWC para aplicaciones shale.

El éxito de proyectos de DWC requiere de prácticas sólidas de ingeniería. Un aspecto crítico es la selección adecuada de conexiones que incluye el análisis de condiciones adicionales a las que se utilizan en diseño de casing convencional. Estos análisis incluyen Torque y Arrastre, y daño por fatiga.

Es mandatorio el uso de prácticas operativas correctas para asegurar la performance de las uniones, incluyendo la preparación y el ensamble.

Aun con las mejores prácticas de ingeniería disponibles a la fecha existen incertidumbres y riesgos debido a las diferencias entre las simulaciones y las condiciones reales del pozo. Al igual que en perforación convencional, se requiere seguir las mejores prácticas para perforación. Pérdidas severas de circulación, peso excesivo en el trépano, sobre torque y vibraciones pueden reducir la vida a la fatiga de uniones de casing.

Bibliografía

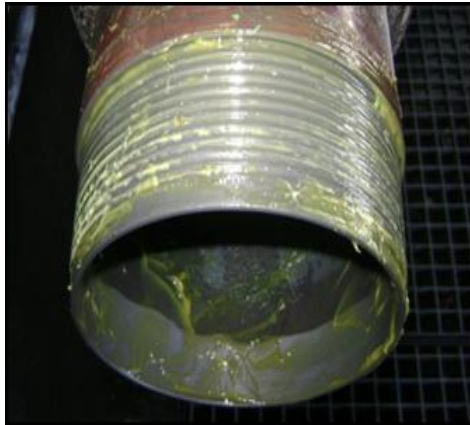
- Abrahamsen, E. (2008). Dynamics and Torque Considerations Involved in Top Drive Casing Running Operations. En IADC/SPE (Ed.), *IADC/SPE Asia Pacific Drilling Technology Conference and Exhibition*. IADC/SPE 115875. Jakarta, Indonesia: IADC / SPE. doi:<http://dx.doi.org/10.2118/115875-MS>
- Bazan, M. (2012). Perforación con casing Secciones de Superficie - Cañerías Guía. *Congreso Latinoamericano y del Caribe de Perforación, Terminación, Reparación y Servicio de Pozos*. Buenos Aires, Argentina: IAPG. Obtenido de <http://www.iapg.org.ar/congresos/2012/perforacion/Presentaciones/presentaciones.pdf>
- Campos Pinto, J., Dominguez Mendez, M., Toro Ibañez, J., & Badani Aguirre, E. (2015). Aislamiento de problemas de pérdidas de circulación, influjo de agua y estabilidad de pozo a través de la aplicación de la tecnología de perforación con casing perforando dos secciones continuas, ahorrando hasta 5 días de perforación en los campos del Norte de. *2do Congreso Latinoamericano y del Caribe de Perforación, Terminación, Reparación y Servicio de Pozos*. Buenos Aires, Argentina: IAPG. Retrieved from <http://www.iapg.org.ar/congresos/2015/perforacion/Presentaciones/trabajos.pdf>
- Fernandez, F., Ojeda, I., Fontana, A., Romero Vazquez, F., & Shaj, C. (2015). Rediseño De Pozos Profundos Con Objetivo Tight Gas Y Su Impacto En La Reducción De Costo Y Tiempo De Ejecución. *2do Congreso Latinoamericano y del Caribe de Perforación, Terminación, Reparación y Servicio de Pozos*. Buenos Aires, Argentina: IAPG. Retrieved from <http://www.iapg.org.ar/congresos/2015/perforacion/Presentaciones/trabajos.pdf>
- Gigera, M. (2011). Perforación con Casing en Secciones de Superficie de la CGSJ. *Jornadas de Perforación, Terminación y Reparación de Pozos*. Comodoro Rivadavia, Argentina: IAPG. Obtenido de <http://www.iapg.org.ar/seccionalsur/Perfo.pdf>
- Giordano, H. (2010). Proyecto Casing Drilling Yac. Chihuido de la Sierra Negra. *Jornada de Perforación*. Mendoza: IAPG. Obtenido de <http://www.iapg.org.ar/sectores/eventos/eventos/listados/trabajosPerfo/2JUEVES/11.00/Lardapide/Jornadas.ppt>
- Hechem, J., Caprini, J., & Abraham, F. (2015). Combination of Managed Pressure Drilling and Casing While Drilling Techniques: Comparison, Advantages and Operational Challenges. *2do Congreso Latinoamericano y del Caribe de Perforación, Terminación, Reparación y Servicio de Pozos*. Buenos Aires, Argentina: IAPG. Retrieved from <http://www.iapg.org.ar/congresos/2015/perforacion/Presentaciones/trabajos.pdf>
- Hirschfeldt, M. (2006). Artificial Lift in Mature Fields Case Study of the Golfo San Jorge Basin, Argentina. *Artificial Lift Conference*. Jakarta, Indonesia. Obtenido de <file:///C:/Users/13805/Documents/TESA/DwC/Paper%20LACPEC%202017/MatureFieldsGolfoSanJorgeBasinJakarta2006.pdf>
- Hirschfeldt, M. (2012). Water Management Experience in Mature Basin in South Argentina. Case Study of Golfo San Jorge Basin, Argentina. *3rd Annual World Congress of Well Stimulation and EOR*. Xi'an, China: BIT Congress Inc., China. Retrieved from <http://oilproduction.net/cms3/files/PresentacionHirschfeldt-China2012.pdf>
- Mitchell, R. (2006). Tubing Buckling - The State of the Art. *Annual Technical Conference and Exhibition* (págs. 24-27 September). San Antonio, TX: SPE. doi:<http://dx.doi.org/10.2118/104267-MS>
- Mitchell, R., & Robello, S. (2009, March). How Good Is the Torque/Drag Model? (S. o. Engineers, Ed.) *SPE Drilling & Completion*, 62-71. doi:<http://dx.doi.org/10.2118/105068-PA>
- R.M Tessari, G. M. (1999). Casing Drilling - A revolutionary Approach to Reducing Well Costs. *SPE/IADC Drilling Conference*. Amsterdam: SPE/IADC.

- Rodriguez Jordan, G., Grittini, S., Mazzaferro, G., & Urdaneta, E. (2014). Rotating Casing Strings: Overview of Fatigue Assessment Methodology Based in Full Scale Lab Testing, and Application Case Stories. *IADC/SPE Drilling Conference and Exhibition. SPE-168008-MS*. Fort Worth, Dallas: IADC/SPE. doi:<http://dx.doi.org/10.2118/168008-MS>
- Rodriguez Jordan, G., Merliahad, M., Grittini, S., & Mazzaferro, G. T. (2014). Fatigue Analysis of OCTG Premium Connections: Theory, Laboratory Testing and Application. *Offshore Technology Conference Asia. OTC-24805-MS*. Kuala Lumpur: Offshore Technology Conference. doi:<http://dx.doi.org/10.4043/24805-MS>
- Romero Mc Intosh, C., Medina, J., Calegari, N., & Martin, R. (2015). Perforacion con Casing en Pozos Shale. *2do Congreso Latinoamericano y del Caribe de Perforacion, Terminacion, Reparacion y Servicio de Pozos*. Buenos Aires, Argentina: IAPG. Retrieved from <http://www.iapg.org.ar/congresos/2015/perforacion/Presentaciones/trabajos.pdf>
- Spanos, P., Politis, N., Esteva, M., & Payne, M. (2009). 3.2 Drillstring Vibrations. In C. I. Aadnoy Bernt S., *Advanced Drilling and Well Technology* (pp. 117-156). Richardson, TX: Society of Petroleum Engineers.
- Tenaris. (2017). *Tenaris Running Manual*. Recuperado el 21 de Feb de 2016, de Tenaris Brochures and Catalogues: <http://www.tenaris.com/en/MediaAndPublications/BrochuresAndCatalogs/RunningManual.aspx>
- Tenaris. (10 de Jun de 2017). *YPF finds a perfect fit for drilling with casing operations using the new TenarisHydril Wedge XP™ connection*. Obtenido de TenarisHydril Wedge XP: <http://www.tenaris.com/en/Products/PremiumConnections/WedgeSeries/WedgeXP.aspx>

Anexo 1 – Preparación de Conexiones

Limpieza

Este anexo da ejemplos de prácticas correctas de limpieza de conexiones



Aplicación de Grasa

