

PERFORACIÓN POZO HORIZONTAL EXTENSIÓN 2400 M / 2600 M OH 6.125"

APELLIDO Y NOMBRE: Salcedo, Jose
Vera, Leonel
Calegari, Nicolás

EMPRESA: **YPF**

Contacto: gervasio.j.salcedo@ypf.com

Contacto: Leonel.vera@ypf.com

Contacto: ricardo.calegari@ypf.com

TEMARIO:

ID:

TITULO: Perforación Pozo Horizontal Extensión 2400 m / 2600 m OH 6.125"

TRABAJO TECNICO ASOCIADO:

NUMERO DE ORDEN:

SINOPSIS:

En el desarrollo de los yacimientos No Convencionales del área Loma Campana y El Orejano se perforaban pozos horizontales de extensión de 1500 m en diámetro Open Hole 6.1/8" a diferentes niveles productivos de la Formación Vaca Muerta. Actualmente el desarrollo del campo está tendiendo a un aumento de la extensión Horizontal de 2400 m a 2600 m.

La perforación de los pozos de extensión de 1500 m implica atravesar las formaciones Quintuco y Vaca Muerta con altas densidad de lodo, empleo de equipamiento Under Balance (UBD), motores de fondo (MDF) y/o sistemas Rotarios (RSS), en un entorno geológico-estructural complejo.

Las condiciones actuales del precio del barril de crudo impulso a la reducción de costos con el fin de hacer más viables los proyectos No Convencionales. La mejora consistió en aumentar la extensión horizontal a 2400 m / 2600 m con su correspondiente reducción en costo métrico y aumento en la producción de pozo.

En el siguiente trabajo se expondrá el análisis de factibilidad técnica, información de reducción de costos y resultados operativos de la experiencia.

1. INTRODUCCIÓN

El Yacimiento El Orejano se encuentra ubicado en el Centro Este de la Provincia de Neuquén, al NO del bloque de concesión Loma Campana.

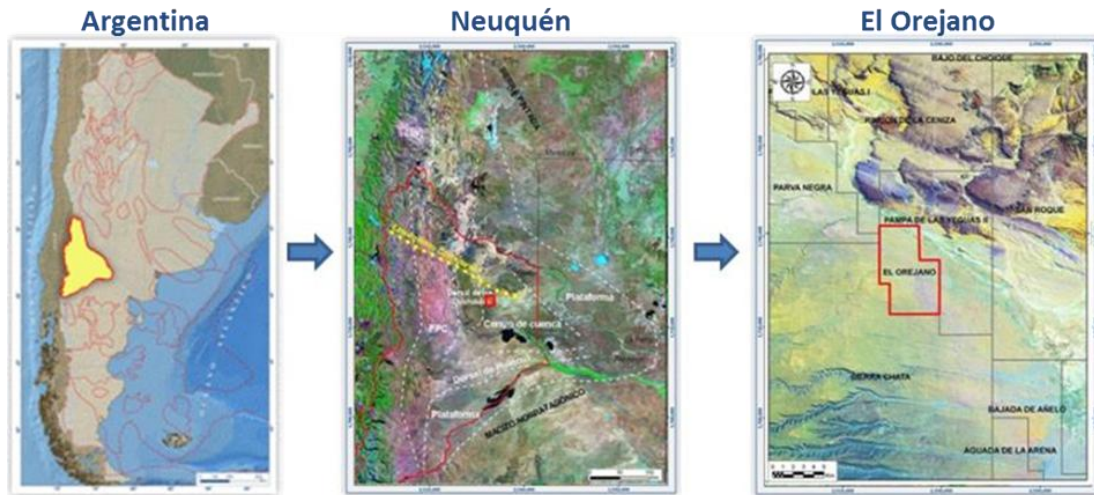


Ilustración 1: Mapa de ubicación del Bloque.

El bloque se encuentra emplazado en el flanco oriental del Dorso de los Chihuidos y presenta una suave pendiente homoclinal de menos de 2° hacia el NE.

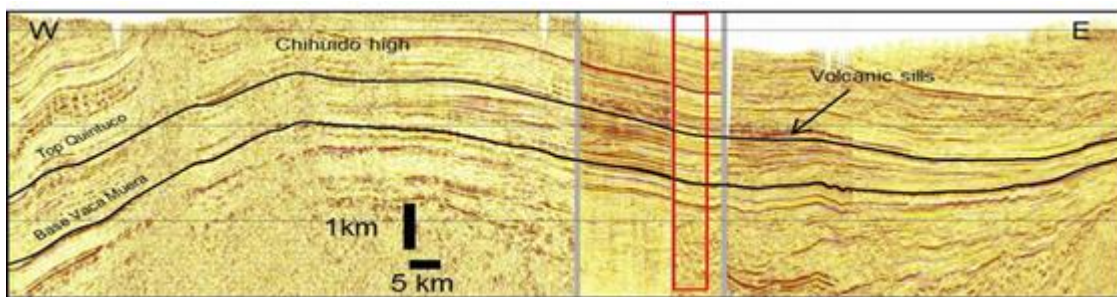


Ilustración 2: Corte de cubo sísmico, marco estructural.

La sección de interés de la Fm VM corresponde a los 180 a 240 m basales y puede dividirse en dos intervalos: Vaca Muerta Inferior (VMI) y Vaca Muerta Superior (VMS).

VMI (también denominado “La Cocina”) tiene un espesor promedio en torno a los 30 m y se caracteriza por su alto contenido orgánico, con valores de entre 5 y 8 % de COT. VMS comprende el resto de la sección estratigráfica (entre 150 y 210 m) y su contenido orgánico varía entre 2 y 5 %.

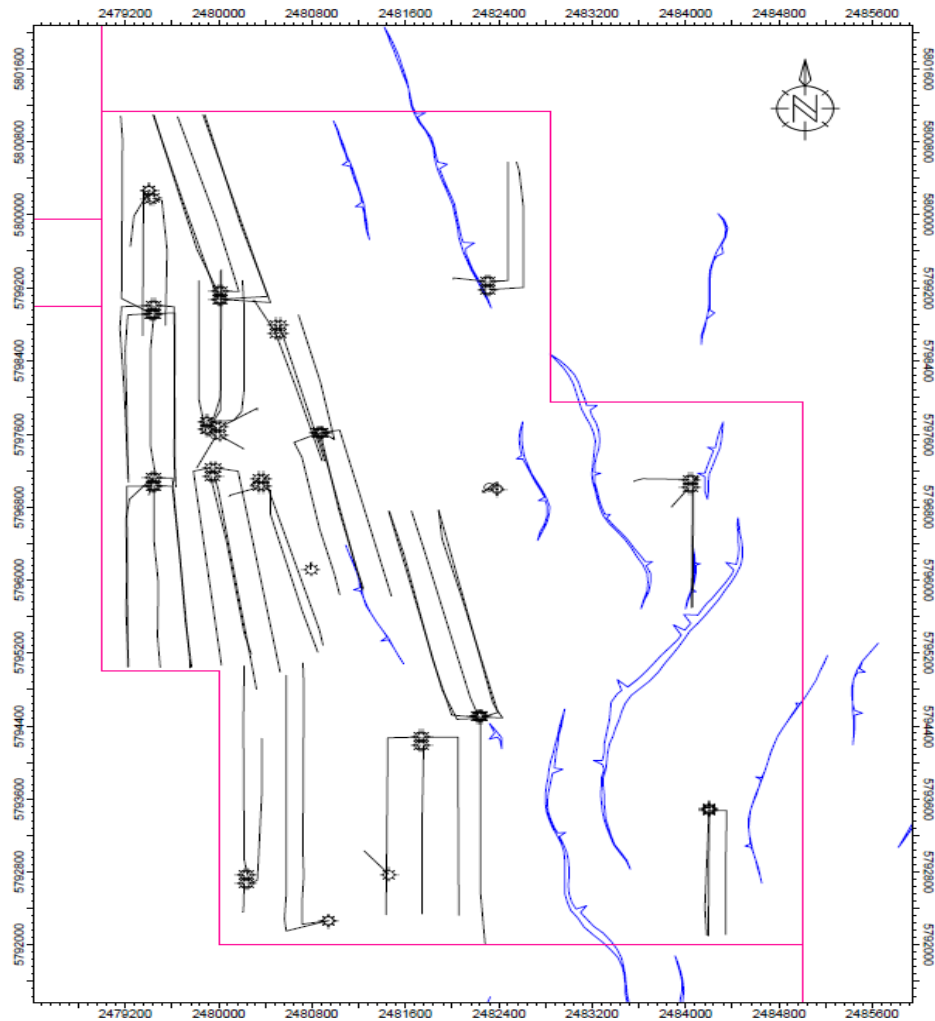


Ilustración 3: Desarrollo del yacimiento El Orejano, vista en planta.

Tal como se muestra en el mapa de arriba, el campo es desarrollado en su mayoría con pozos horizontales, distanciados en 400m para aquellos que navegan al mismo nivel y 200m entre aquellos de diferente nivel (a modo de evitar interferencias en perforación y/o terminación-fractura).

Inicialmente la extensión de los pozos era de 1500 m, pasando en la actualidad a extensiones mayores hasta 2600m.

Aumentar la extensión lateral de los pozos implica superar barreras técnicas de forma progresiva. Además el aumento gradual de la extensión lateral resulta en una disminución del costo métrico.

2. DISEÑO DE POZO

El esquema mecánico del pozo no sufrió modificaciones relevantes a excepción de la entubación de la fase aislación. Los cambios más importantes se dieron en materia de optimización, contemplando: trayectoria, herramientas de perforación, propiedades de los fluidos, equipo de UBD y operaciones de cementación.

2.1. ESQUEMA MECÁNICO

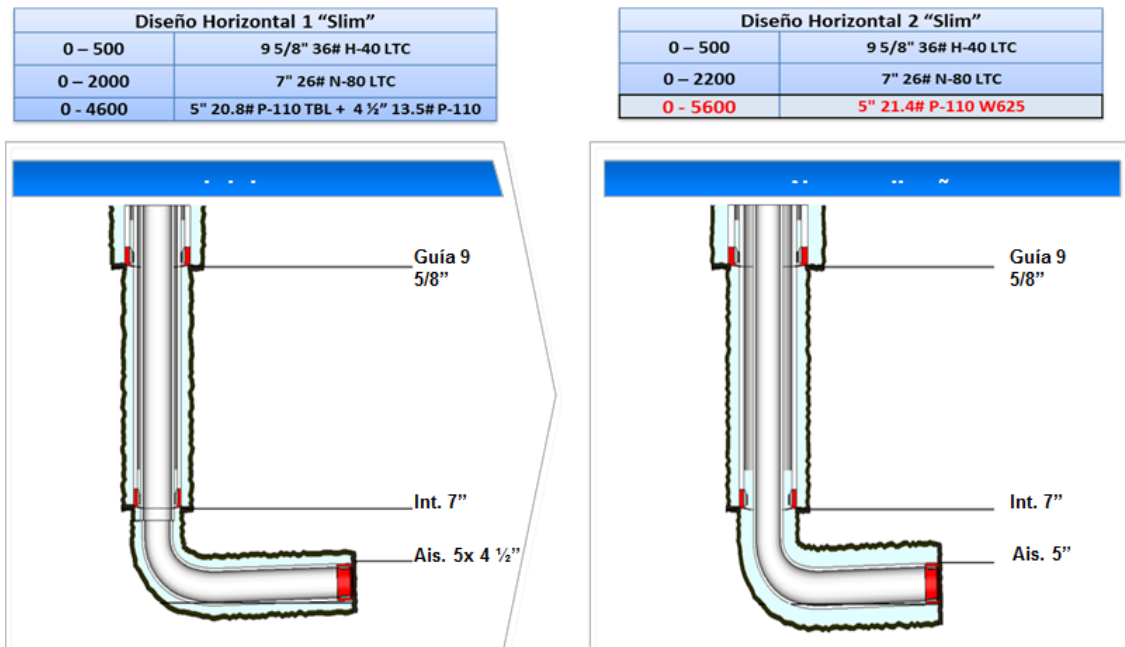


Ilustración 4: Esquema de pozo; izquierda diseño original, derecha diseño actual.

El esquema mecánico consta de 3 cañerías:

- La fase guía en diámetro 9 5/8" se extiende en formación Grupo Neuquén hasta 500mbdp, con el objetivo de cubrir, aislar y proteger los acuíferos.
- La siguiente etapa, intermedia de 7" @2000m, tiene su asentamiento 40m en formación Quintuco de manera de conceder la integridad necesaria para la perforación del intervalo Quintuco-Vaca Muerta en la fase aislación.
- El diseño original para extensiones de 1500m, era optimizado en costo con cañería combinada de 5" P110 20,8# prem cuplada x 4 1/2" 18# P110 Premiun Cuplada. Para garantizar el caudal aplicable a todas las etapas de fractura y optimizar la potencia hidráulica necesaria, se migró a un diseño monobore en 5". Adicionalmente el cambio de tipo de conexión conllevó a la obtención de mejoras en tiempos de entubación.

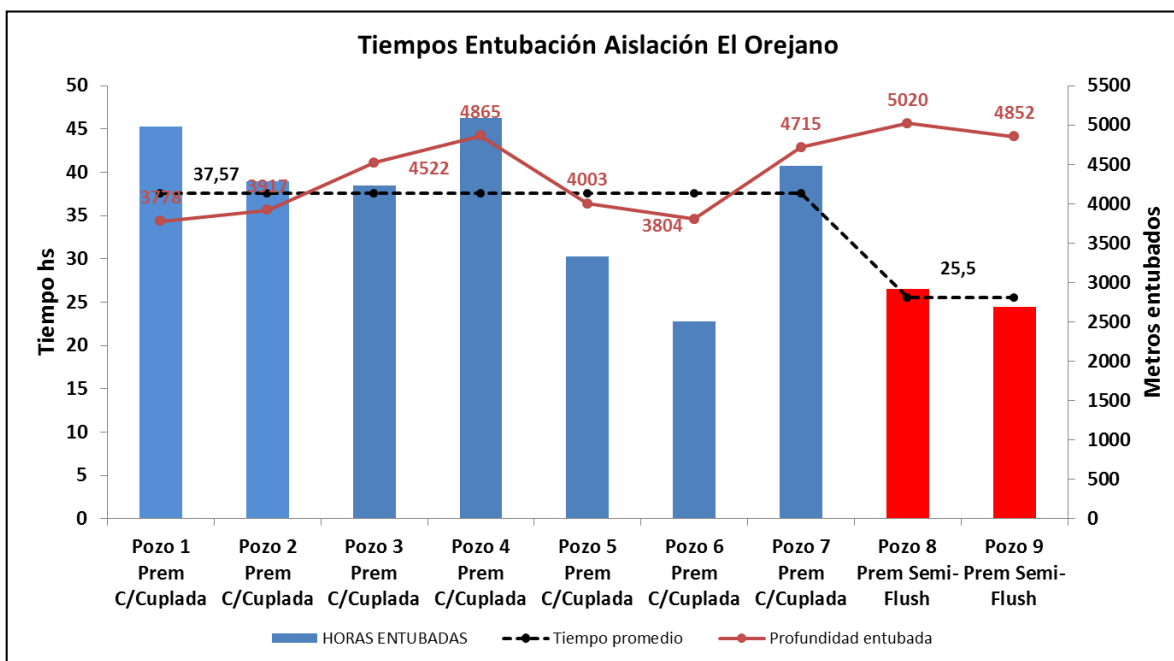


Ilustración 5: Tiempos de entubación fase aislación. Comparación entre pozos con cañería 5” W625 vs cañería combinada.

Los pozos P8 Conexión Premium Semi-flash y P9 Conexión Premium Semi-flash (barras enmarcadas en color rojo), corresponden a las primeras experiencias de entubación de casing 5” OD premian Semi-flash en pozos 6 1/8” “open hole” (OH). Parte de la reducción de tiempo se debe al tipo de conexión “semiflush” que se optó por utilizar. La misma verifica tiempos de conexión y bajada más rápidas que para la conexión Premium Cuplada, debido a que no se requiere control de torque y al menor OD máximo, respectivamente.

2.2 TRAYECTORIA

El desarrollo del campo se realiza con locaciones de múltiples pozos, eso conlleva a la construcción de trayectorias direccionales desde la etapa intermedia para posicionarlos lateralmente. Luego en la fase aislación se construye la sección curva y rama horizontal.

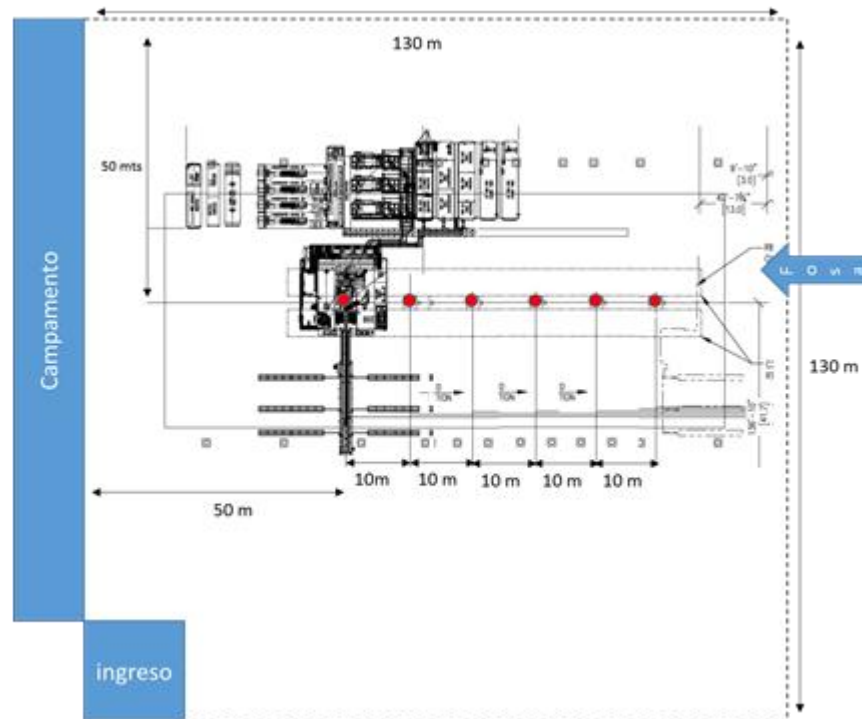


Ilustración 5: Esquema de locación, 6 pozos en línea.

El esquema diseñado en la ilustración 6 tiene dos ventajas importante la primera está relacionada con la optimización en la cantidad de fluido de perforación a preparar y la segunda es relacionada con la aplicación de la cementación OFFLINE (cementación sin equipo de perforación) este en la sección guía y en la sección aislación.

El diseño de las trayectorias inicialmente contaban con una tasa de construcción de ángulo (build) en la curva de $3^{\circ}/30\text{m}$ en una sección de pozo de 900m. Debido a los rendimientos de las herramientas utilizadas se logró pasar a un build de $7^{\circ}/30\text{m}$ y 385m de sección curva. Esto representó un acortamiento de 515m en la construcción posibilitando extender la sección lateral.

Adicionalmente esto permite posicionar el “punto de inicio de la curva” (KOP) más profundo, aumentando la perforación en modo de rotario, proporción de sección vertical y ROP. Otra ventaja de este diseño es: al acercar punto de aterrizaje (LP) a la boca de pozo (bdp) que permitió sumar más etapas de fractura y drenar mayor área de drenado.

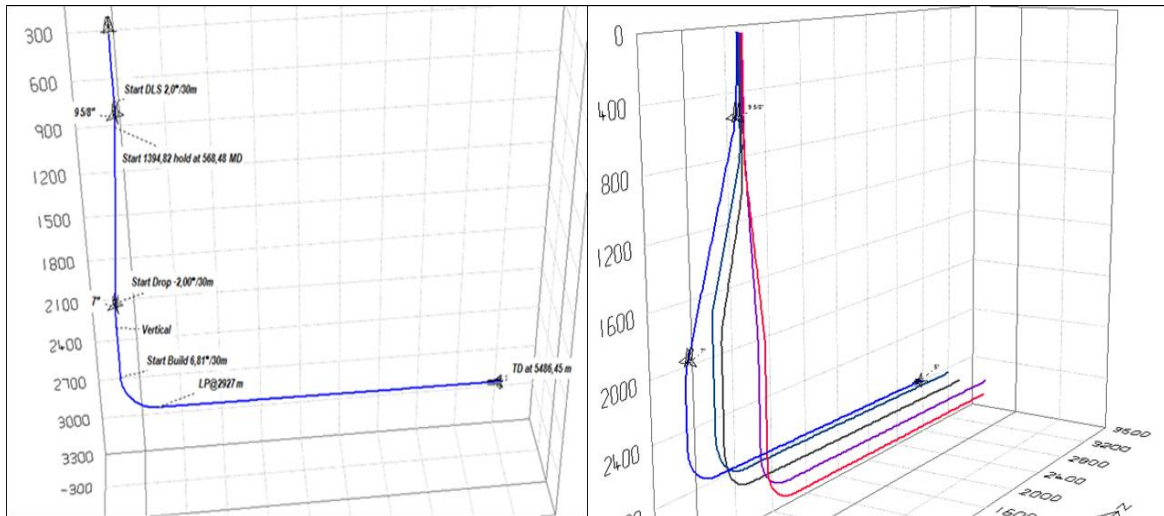


Ilustración 6: Trayectoria de pozo tipo (izquierda) y trayectorias de pozos de la locación (derecha)

Adicionalmente las fases intermedias pueden ser trayectorias tipo S o J, S para los pozos centrales de la locación y J para los pozos a los extremos.

2.3. TECNOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS DE PERFORACIÓN

Las tecnologías de perforación utilizadas desde inicio del desarrollo del yacimiento a la actualidad son Motores de Fondo (MDF) y Sistemas Rotarios (RSS). Originalmente los MDF estaban destinados a la perforación de la fase intermedia y sección curva de la fase aislación, en diámetros de pozo abierto de 8 $\frac{3}{4}$ " y 6 $\frac{1}{8}$ " respectivamente. La rama horizontal, se perforaba exclusivamente con RSS, debido a que a nivel general ésta tecnología provee mejor transferencia de peso, mayor direccionalidad y ROP que los MDF.

En función de lo mencionado, la fase aislación se planificaba en dos carreras. La construcción de la curva hasta alcanzar LP insumía entre 150 y 170 horas de perforación, debiendo realizar un viaje a superficie por cambio de BHA (límite de vida útil de MDF estándar). La extensión con sistema rotario implicaba 150 horas aproximadamente para alcanzar el punto final (EP) del

pozo.

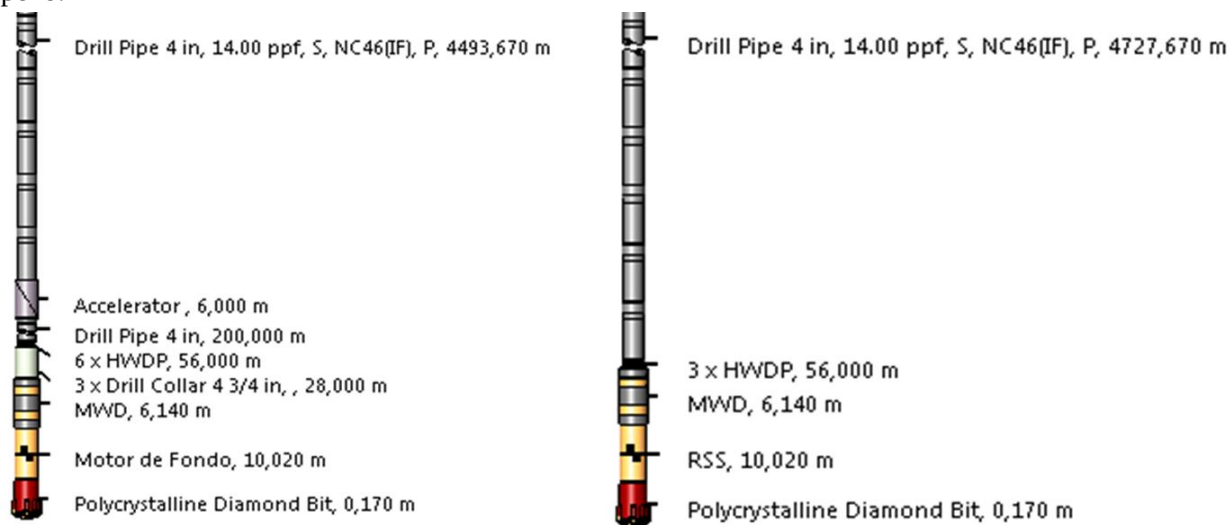


Ilustración 7: BHA para MDF (izquierda) y RSS (derecha) en pozos de 1500m de extensión horizontal.

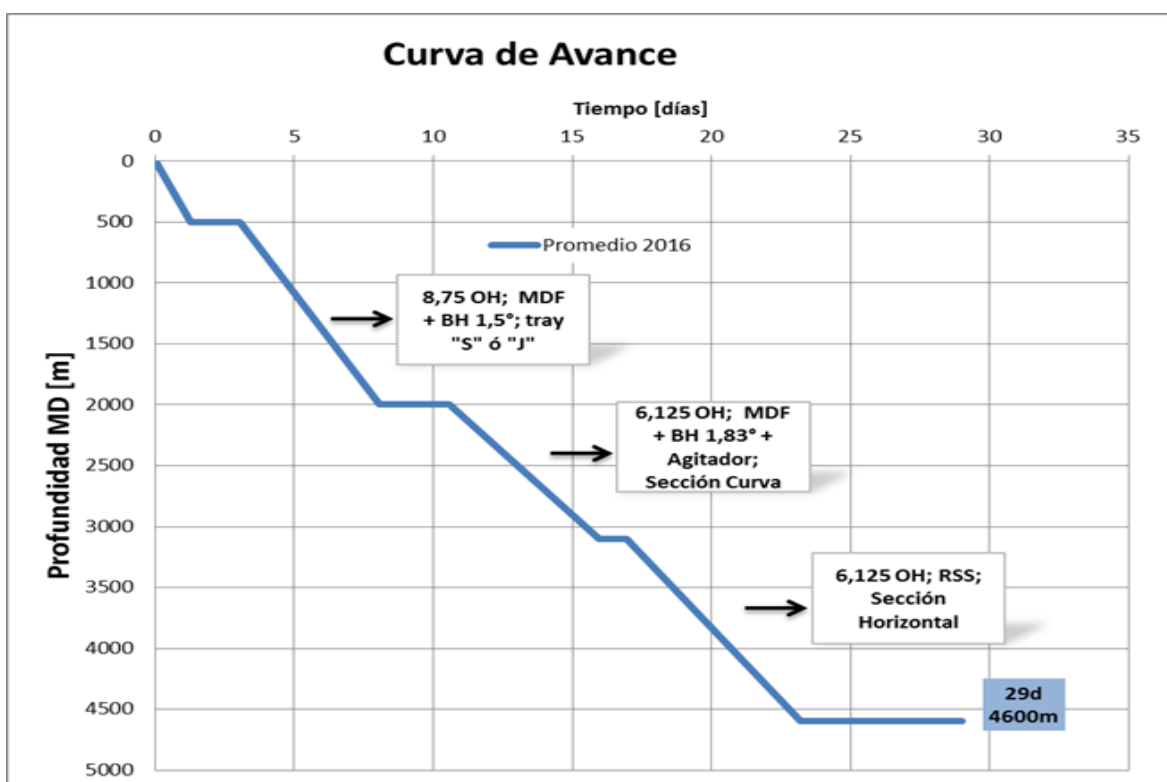


Ilustración 8: Curva de avance promedio. Pozos horizontales de 1500m de extensión.

2.4. FLUIDOS DE PERFORACIÓN

Las propiedades de lodo aplicadas en los primeros pozos del yacimiento eran las siguientes:

INTERVALO (m MD)	OH (in)	DENSIDAD (SG)	VE (sec/qt)	VP(cp)	YP (lb/100ft ²)	LGS (%)	OWR
1900-4500	6 1/8"	1800-2100	50-75	25-35	12-18	< 5	90/10

Tabla 1: Propiedades de fluido de perforación OBM típica.

La densidad del fluido es alta tanto para aplicación en sobre balance o en desbalance (UBD) debido a la sobrepresión de formación del intervalo Quintuco-Vaca Muerta. Como consecuencia directa la reología era lo suficientemente elevada y muy cerca del límite de presión del sistema de bombeo del equipo (4800 psi) en el EP.

Bajo estas condiciones la capacidad de perforación era de 1500 m de extensión con problemas de limpieza (como consecuencia de reducción de caudal para evitar altas presiones de superficie), alto torque y ROP reducida. También se presentaban problemas de tracciones en maniobras de viajes de BHA como así también en maniobras de entubación.

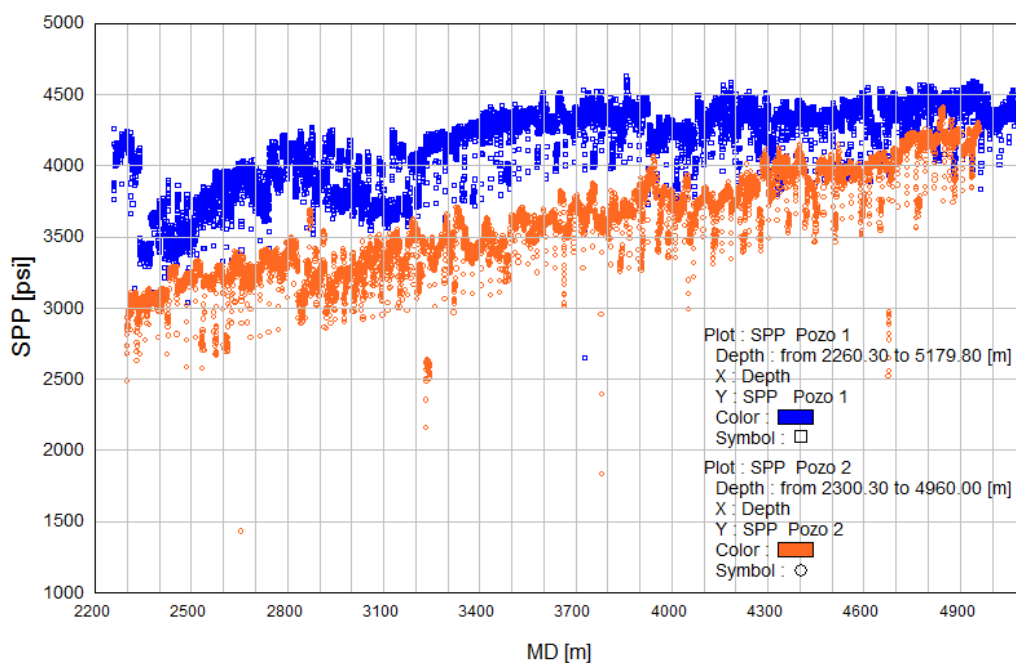


Ilustración 9: presión de bombeo (SPP, stand pipe pressure) vs profundidad de perforación. Pozo de 1500m de extensión (azul) vs pozo con baja reología (naranja).

2.5. EXTENSIÓN DE LA RAMA HORIZONTAL A 2600 METROS

El enfoque principal para alcanzar extensiones de 2600 m se centró en los siguientes puntos:

- desarrollo de trépanos.
- implementación de motores de alto rendimiento.
- mejoras en la reología de los fluidos OBM de alta densidad.
- uso de un agitador de menor caída de presión en el BHA.
- utilización de sistemas rotarios (RSS) aplicado en la parte final con el fin de extender la longitud de la rama.

Respecto del primer punto, en pozos de 1500m se utilizaban dos trépanos de diferentes diseños para aplicación en la sección curva con BHA (MDF) y otro para la sección horizontal con BHA (RSS). En este sentido el diseño de trepano para la primera carrera contaba con estabilidad torsional para la construcción de la curva y agresividad para una perforación eficiente (ROP). El diseño correspondiente a la segunda carrera, contaba con características de diseño para proveer más eficiencia en la perforación (más agresivo que el primero) sin perder control torsional para las posibles desviaciones laterales (características de la formación Quintuco y Vaca Muerta).

Con el fin de evitar la carrera por cambio de BHA, el desarrollo de trépanos tendió a optimizar los diseños del primero de modo de ganar un poco más de agresividad sin perder estabilidad torsional, en base a esto el cambio principal se dio en el Back Rate de los cortadores del cono.

Con respecto al diseño del trepano para la carrera final con RSS, los cambios se orientaron a ganar agresividad con diferente configuración de cortadores.

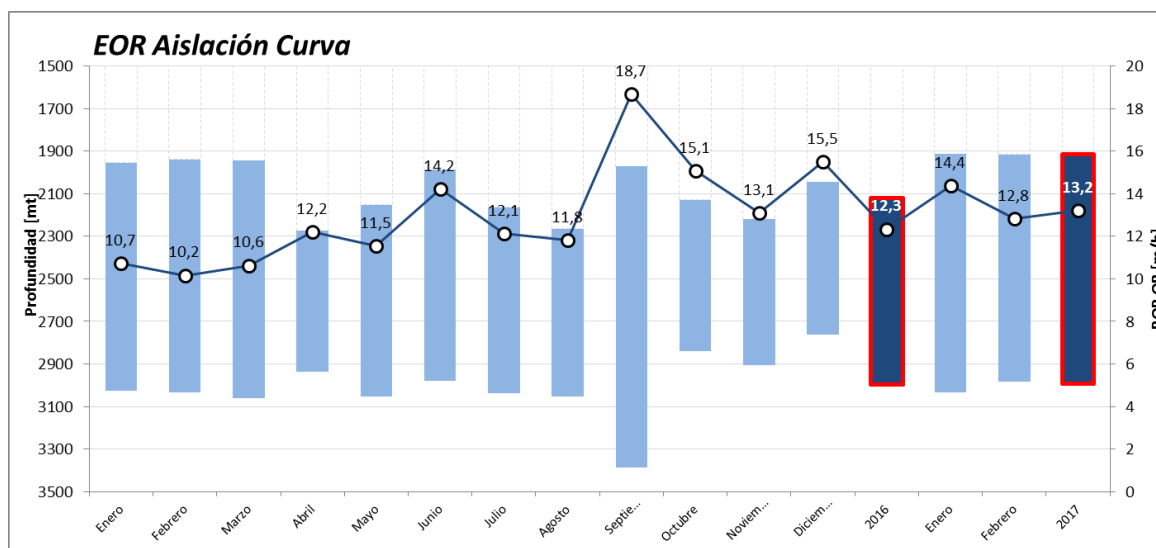


Ilustración 10: promedio mensual de ROP, secciones “curvas” en pozos de El Orejano

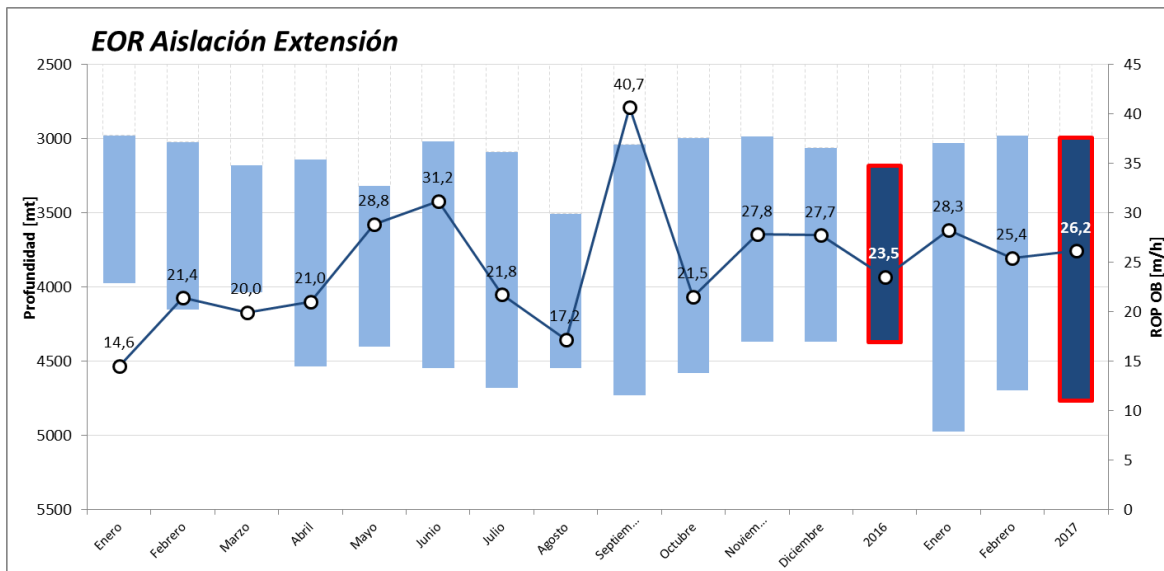


Ilustración 11: promedio mensual de ROP, secciones “horizontales” en pozos de El Orejano

Las barras enmarcadas en rojo representan las ROP promedio y metros perforados para ambas secciones: curva y extensión. Como puede apreciarse se ha mejorado la tasa de penetración entre un 10% y 20%.

De forma casi simultánea la implementación de los motores de fondo de alto rendimiento comenzó a partir del año 2016, posibilitando la operación de los MDF en un rango de 600 a 1300 psi de presión diferencial.

El resultado final convergió en mayores ROP permitiendo la extensión de cada carrera (abandonando la barrera adoptada de aplicar un BHA solamente para la construcción de la curva) y continuando con la perforación de parte de la extensión horizontal hasta 1800 / 2000 m. A tal punto de que en algunos casos se completó toda la sección aislación con un solo BHA. Además este tipo de motores de fondo poseen mayor prestación respecto de los motores estándar pudiendo disponer de hasta 300 horas de circulación.

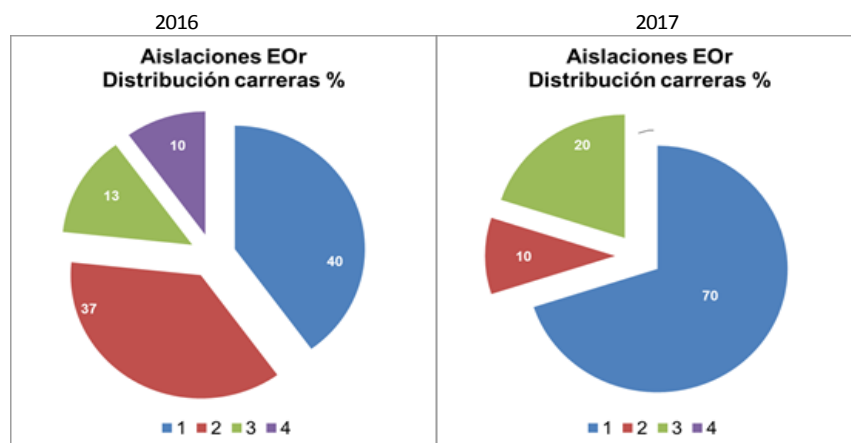


Ilustración 12: cantidad de carreras de fase aislación 2016 vs 2017.

Otro aporte importante en el BHA con motor de fondo y MWD fue la utilización del agitador de sarta de menor caída de presión que los utilizados.

La principal desventaja de este BHA es la elevada SPP (Stand Pipe Pressure) cerca del límite, lo que obliga a disminuir el caudal antes de EP y con la posibilidad de afectar la correcta limpieza de pozo.

En base a lo mencionado, el equipo de especialista de lodo de YPF trabajó en la implementación de mejores propiedades reológicas de los fluidos OBM de alta densidad en pos de reducir el Punto de Fluencia (YP) y obtener menores SPP, mayor caudal de perforación y mejores condiciones de limpieza.

En la tabla que sigue se listan las modificaciones sobre las propiedades del lodo:

INTERVALO (m MD)	OH (in)	DENSIDAD (SG)	VE (sec/qt)	VP(cp)	YP (lb/100ft ²)	LGS (%)	OWR
1900-5400	6 1/8"	1800-2100	50-75	25-35	6-10	< 5	90/10

Tabla 2: Propiedades de fluido OBM, ajustadas para extender la rama horizontal.

Consecuencias del ajuste:

- Aumento del caudal de perforación.
- Mayor limpieza de pozo.
- Mayor ROP (mayor presión diferencial que se puede aplicar).
- Reducción en los tiempos de viaje a superficie.
- Reducción de Factores de fricción.
- Reducción de tiempos en maniobras de entubación.

- Posibilidad de operar en sobrebalance (menores ECD), siempre y cuando la ventana de operación no sea estrecha.

La aplicación de sistemas rotarios (RSS) en la parte final del pozo (extensiones mayores a 2000m) a menores SPP respecto de BHA con MDF permitió alcanzar extensiones horizontales de 2600m. La otra ventaja del BHA con sistema rotario es la opción de perforar a mayor RPM en superficie (160 a 180) evitando el depósito de cutting en la cara baja del pozo.

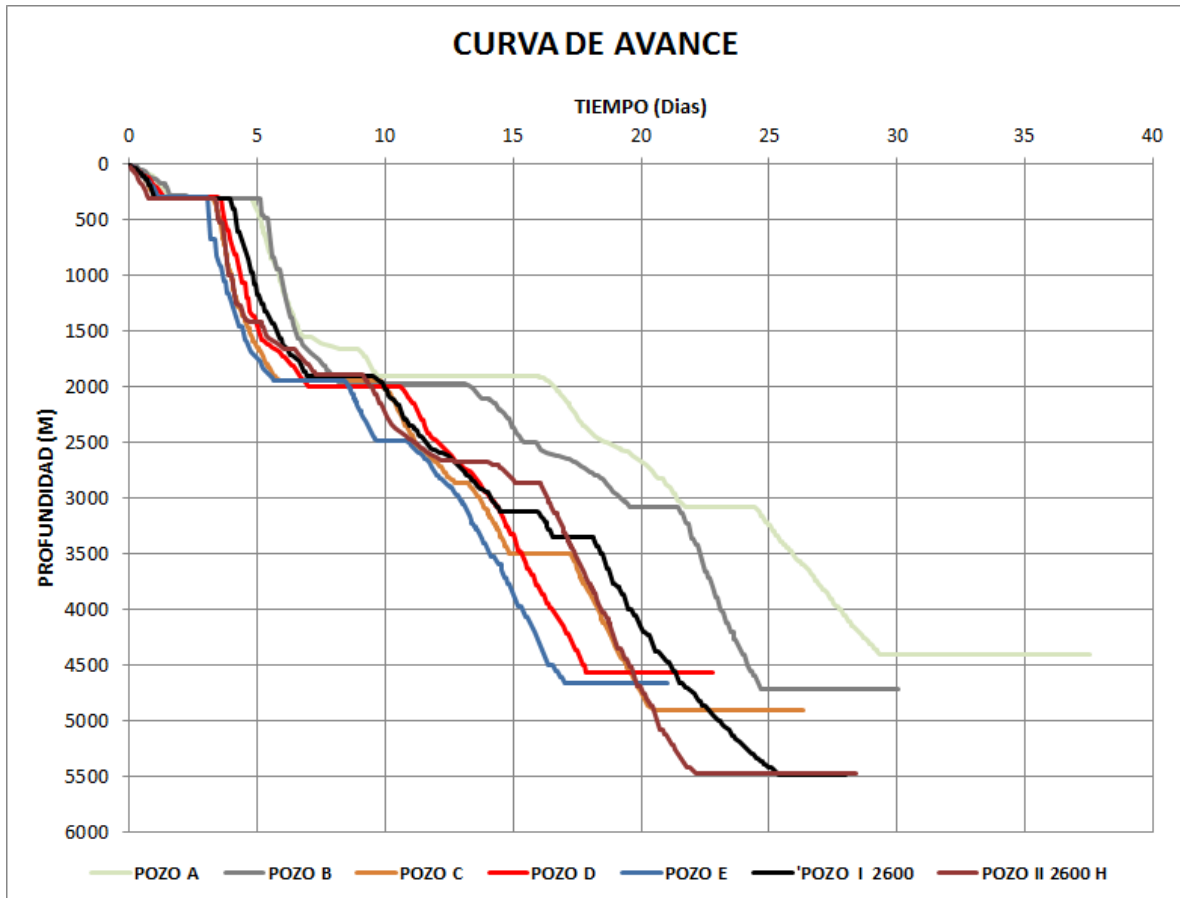


Ilustración 13: Curva de avance promedio; pozos de 1500m de extensión horizontal vs 2000-2500m de extensión horizontal.

Es para destacar la evolución del tiempo de construcción del pozo y aumento de la extensión del pozo, como consecuencia de las diferentes mejoras aplicadas.

En la siguiente ilustración se puede observar el proceso de aumento de los metros perforados por día de forma cronológica.

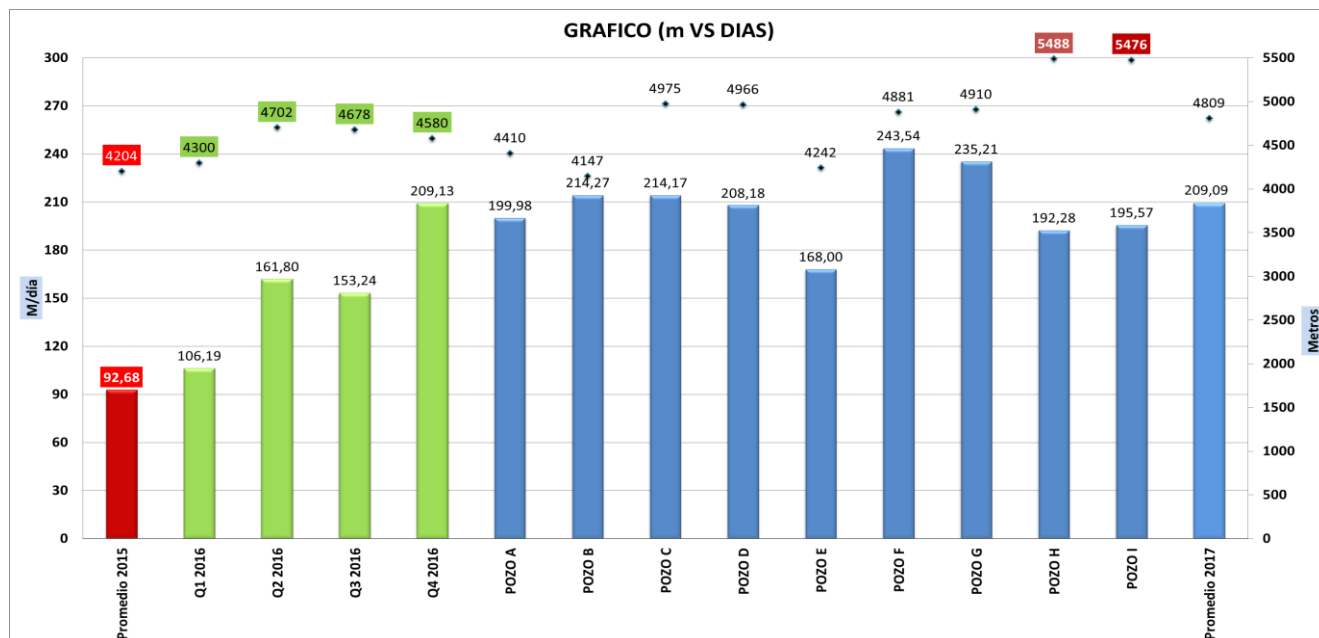


Ilustración 14: Evolución de los metros perforados por día, producto de las mejoras.

La comparación entre los metros perforados por día denota un aumento del 51% interanual.

3. CONCLUSIONES

Estas mejoras e implementaciones evidencian el alcance de los siguientes resultados:

- Entubación de casing de 5” conexión “semiflush” en pozos de 6 1/8” OH.
- Aumento en la extensión horizontal desde 1500m hasta 2500m.
- Reducción del costo métrico en 53% respecto del promedio Q1 2016.

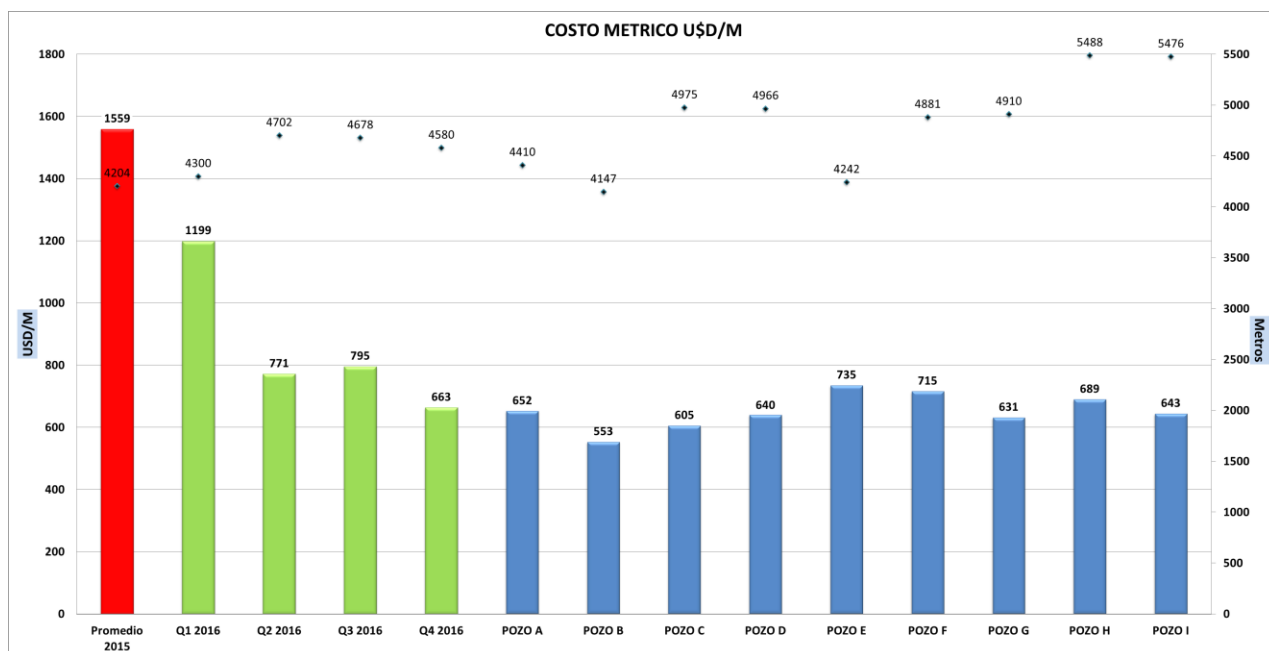


Ilustración 15: Evolución de costo métrico

- Aumento de los metros perforados por día del 51% anual (Ilustración 13).
- Reducción del tiempo de construcción de pozo en 63% respecto del promedio Q1 2016.

El contexto actual de mercado ha exigido una curva de aprendizaje rápida, prácticamente de un año.

Como consecuencia directa, la construcción de un pozo más extenso, barato y rápido, el proyecto de desarrollo del yacimiento se ha vuelto rentable y eficiente.

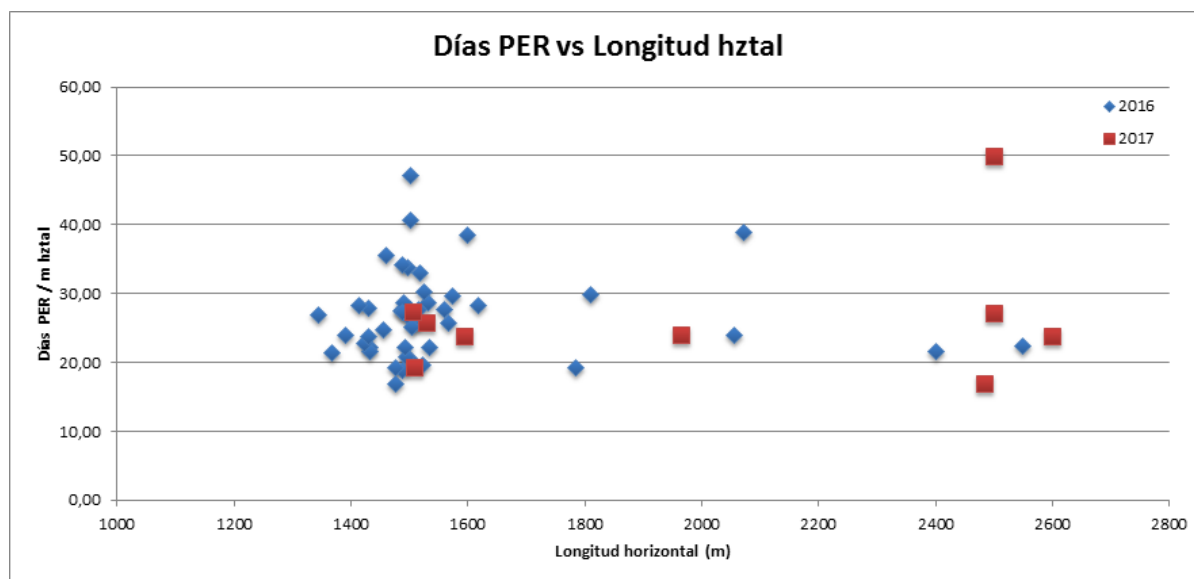


Ilustración 16: Evolución de la profundidad final y tiempo de construcción de pozos EOr.

RICARDO NICOLÁS CALEGARI

NACIONALIDAD: **Argentino**

FECHA NACIMIENTO: **08/11/1982**

LUGAR DE RESIDENCIA: **Neuquén, Argentina**

ESTUDIOS DE GRADO: **Ingeniero en Electrónica (Universidad Nacional del Comahue, 2010)**

ESTUDIOS DE POST-GRADO: **Master E&P YPF, Especialidad Perforación, 2011**

PAPERS, PUBLICACIONES, ETC.: **Perforación con Casing y UBD en pozos Shale, Congreso IAPG 2015 (Co-Autor)**

EXPERIENCIA EN AÑOS EN LA INDUSTRIA DE O&G: **7**

POSICION ACTUAL: **Jefe de Ingeniería de Perforación, Regional NOC**

COMPAÑÍA ACTUAL: **YPF S.A.**

REGIONES EN LAS QUE TRABAJO: **Cuenca Neuquina, CGSJ, Cuenca Austral (TDF), Cuenca Cuyana.**

GERVASIO JOSE SALCEDO

NACIONALIDAD: **Argentino**

FECHA NACIMIENTO: **30/04/1976**

LUGAR DE RESIDENCIA: **Neuquén, Argentina**

ESTUDIOS DE GRADO: **Ingeniero Mecánico (Universidad Tecnológica Nacional)**

EXPERIENCIA EN AÑOS EN LA INDUSTRIA DE O&G: **11**

POSICION ACTUAL: **Ingeniero de Perforación, Regional NOC**

COMPAÑÍA ACTUAL: **YPF S.A.**

POSICION ANTERIOR: **Ingeniero en Perforación Direccional, Wellplanner, Desk Engineer en Total**

COMPAÑÍA ANTERIOR: **HALLIBURTON**

REGIONES EN LAS QUE TRABAJO: **Cuenca Neuquina, Cuenca Austral (TDF), Santa Cruz, Brasil y Colombia.**

LEONEL NATALIO VERA

NACIONALIDAD: Argentino

FECHA NACIMIENTO: 30/08/1984

LUGAR DE RESIDENCIA: Neuquén, Argentina

ESTUDIOS DE GRADO: Ingeniero en Electrónica (Universidad Nacional del Comahue, 2010)

EXPERIENCIA EN AÑOS EN LA INDUSTRIA DE O&G: 7

POSICION ACTUAL: Ingeniero de Perforación, Regional NOC

COMPAÑÍA ACTUAL: YPF S.A.

REGIONES EN LAS QUE TRABAJO: Cuenca Neuquina,