

OPTIMIZACIÓN OPERACIONAL Y REDUCCIÓN DE COSTOS BLOQUE SEÑAL PICADA-PUNTA BARDA FOCALIZANDO ESTANDARES DE MEDIO AMBIENTE, SEGURIDAD Y SALUD

Cristian Adzo, cristian.adzo@dls-archer.com, DLS FLUIDOS; Camila Lamela, camila.lamela@dls-archer.com, DLS FLUIDOS; Anahí Marín Morán, anahi.marin@ypf.com, YPF SA; Fernando Orozco, fernando.orozco@ypf.com, YPF SA

SINOPSIS

Las campañas de perforación de pozos productores e inyectores en el bloque de reservorios Señal Picada-Punta Barda, Catriel Rio Negro, contemplan diversas problemáticas propias de cada una de las formaciones presentes en el yacimiento. Las mismas radican en la inestabilidad de paredes para los primeros metros de pozo con presencia de canto rodado, seguido de la alta actividad química de las arcillas, constituidas principalmente por el grupo de las Esmectitas fuertemente hidratables y por último la posibilidad inminente de admisiones parciales a severas de fluidos de perforación en la profundización final.

Esto conduce a la sensibilidad operacional y económica de cada proyecto, a la hora de recabar la información del reservorio, a los tiempos no productivos (NPTs) por dificultad en maniobras y operaciones de revestimientos, como así también al manejo excesivo de fluidos para los aspectos medioambientales y de seguridad del lugar.

Este trabajo presenta el mecanismo de optimización empleado para satisfacer las necesidades operativas y económicas del bloque, a partir del diseño del fluido de perforación y estrategias de aplicación, en función de las características de cada formación, la adaptación de la herramienta de fondo (BHA) y la configuración del esquema de pozo para cada yacimiento constituyente. Los satisfactorios resultados posibilitan avanzar con la optimización operacional y con la consecuente disminución de costos en lodos (-42,5%) a partir del proyecto de recuperación de lodos fundado en utilizar el mínimo volumen activo (-58,5%, incluyendo las contingencias tradicionales) y la reducción del volumen evacuado a valores mínimos (-90%). De ésta manera se consigue concluir la campaña con indicadores récords logrando mantener los principios fundamentales de operación, seguridad, salud y medio ambiente.

INTRODUCCIÓN

El Bloque Señal Picada-Punta Barda es un yacimiento productor de petróleo con recuperación secundaria, a través de la perforación de pozos inyectores de Agua. Está ubicado aproximadamente a 30 kilómetros al noroeste de la Ciudad de Catriel, en la provincia de Río Negro.

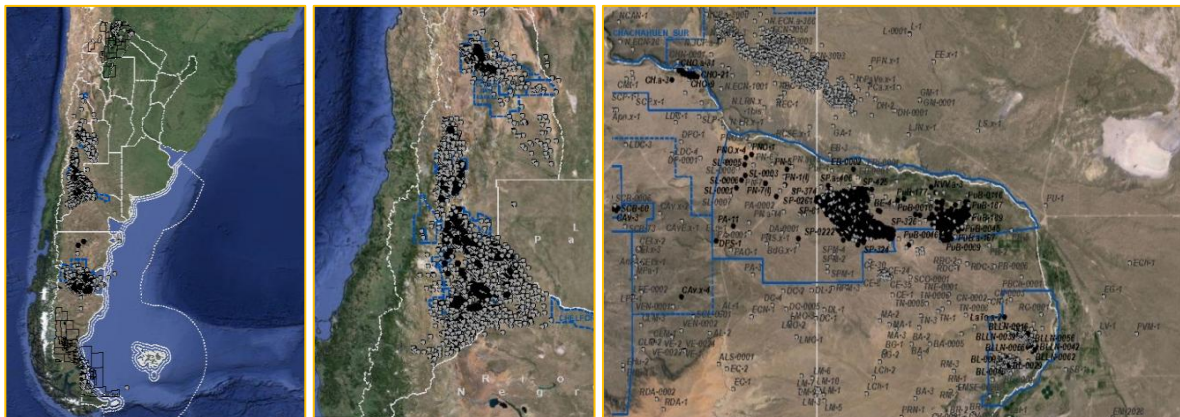


Fig.1: Ubicación Física y Geográfica – Bloque de reservorio Señal Picada-Punta Barda.

En el periodo 2015 se perforaron 10 pozos, de los cuales se identificaron problemáticas predominantes como inestabilidad de paredes, arcillas reactivas, y admisiones parciales. Durante este tiempo se estudiaron oportunidades de mejora, tratando de minimizar los problemas característicos del yacimiento y buscando la disminución en tiempos y costos.

El presente trabajo muestra las soluciones que se implementaron para resolver los problemas que presenta la perforación de pozos en el área, como también los resultados obtenidos. La reducción en tiempos y costos de perforación, así como la reducción en el consumo de materiales (agua, productos de lodo) y de efluentes provenientes de la actividad de perforación.

ANTECEDENTES

Esquema de Pozo

El diagrama de pozo para el yacimiento Señal Picada y Punta Barda consta de dos tramos: Guía y Aislación.

La sección Guía definida principalmente para aislar Acuíferos superficiales.

Los primeros metros al iniciar la fase se perfora con trepano tricono y el lodo base Agua en elevadas propiedades de acarreo, debido a la presencia de canto rodado. Luego se continua la perforación del tramo con trepano PDC hasta la profundidad final de asentamiento en 250 metros.

La sección Aislación definida para aislar el objetivo primario formación Loma Montosa Superior e Inferior.

La fase aislación se perfora con trepano PDC y lodo base Agua formulado por complejo aluminico e inhibidor Potásico (K), debido a que las formaciones están compuestas mayoritariamente de

Arcillas. Las profundidades finales rondan entre 800 a 1100 metros dependiendo la ubicación del pozo.

En la Fig. 2 se puede observar las unidades estratigráficas, esquema de cañerías, lodo y trépanos empleados por fase.

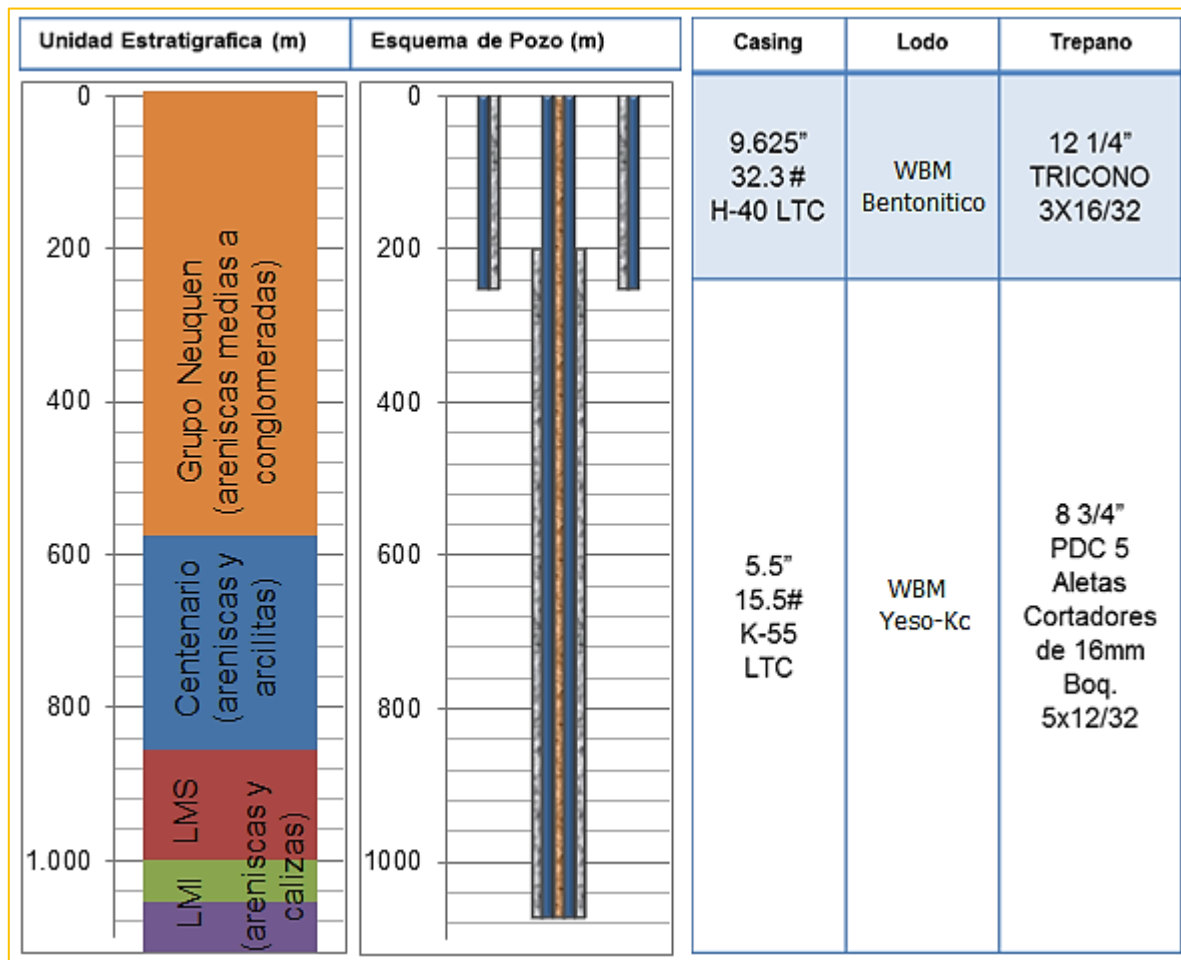


Fig.2: Diagrama de Pozo

DESCRIPCION DE LA PROBLEMÁTICA

Set up de sonda de perfilaje

En el año 2015, se perforaron 10 pozos a una profundidad aproximada de 1000 m en los cuales se observaron los siguientes problemas predominantes correspondientes a la fase Plana de la Sección Aislación:

- Set up de la sonda de Perfilaje en las formaciones Grupo Neuquén, Rayoso y Centenario.
- Exceso de tiempo por maniobras de calibre para normalizado de pozo.
- Perdida de Información de Perfil por carreras canceladas después de set up.

A continuación se muestran las curvas de avance de los pozos perforados en 2015 donde se observa la duración de la fase plana de aislación, la cual es afectada en la mayoría de los casos por los problemas antes mencionados. (Fig.3)

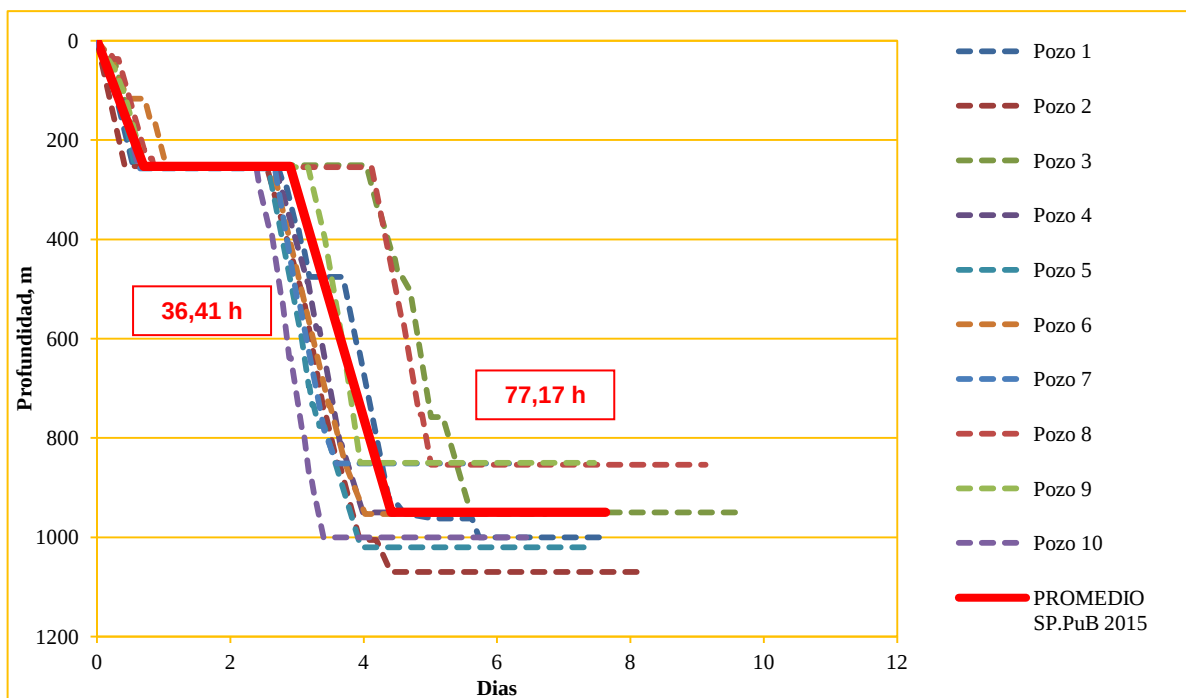


Fig.3: Curva Tiempo vs Profundidad – Periodo 2015

Por lo que se puede observar, el mayor tiempo de ejecución de pozo se debe a los problemas en las maniobras luego de terminada la perforación obteniendo el siguiente promedio de tiempos por fase:

	Días Fase Guía Real	Días Plana Guía Real	Días Fase Aislación Real	Días Plana Aislación Real	Días s/DTM
Tiempos Promedios	0,70	2,19	1,52	3,22	7,63

Tabla 1: Tiempos promedio por fase

Además del desvío en tiempos en el normalizado de pozo, el mayor problema es la imposibilidad de cumplir con la correcta y completa toma de datos a través del perfilaje a pozo abierto. Esto es producto de que las formaciones a atravesar están compuestas principalmente de arcillas reactivas, que producen el cerramiento del pozo.

En la siguiente tabla se detallan los Set Up de los pozos ya mencionados.

Pozos	TD Final	N° de Carreras Prog	N° de carreras Realizadas	Set Up	Set Ups	N° carrera del Set Up	Profundidad	Formación	Litología	Horas Adicionales
Pozo 1	1000	2	1	SI	1	2	307	G. NQN	Arcilla	13,25
Pozo 2	1070	2	2	NO	0					0
Pozo 3	950	3	3	SI	1	1	550	Cent Sup	Arcilla	50,5
Pozo 4	950	3	2	SI	1	2	215	G. NQN	Arcilla	25,25
Pozo 5	1020	3	3	NO	0					0
Pozo 6	953	2	1	SI	1	2	332	G. NQN	Arcilla	12,5
Pozo 7	850	3	0	SI	1	1	299/480	G. NQN	Arcilla	33,75
Pozo 8	850	3	2	SI	1	1	660	Cent Inf	Arcilla	43,75
Pozo 9	850	4	0	SI	2	1	618/602	Cent Inf	Arcilla	51,5
Pozo 10	1000	3	0	SI	1	1	275	Rayoso	Arcilla	35,75

Tabla 2: Set up y Horas Adicionales – Periodo 2015

Por lo que, se pudo detectar una incidencia del 83% en Set Up y del 72% en carreras de perfilajes canceladas. A continuación se detallan los tiempos adicionales producto de los set up de perfil en cada uno de estos pozos.



Fig. 4 Horas Adicionales por Set Up

Disposición de fluido de perforación

Se detectó que una importante cantidad de lodo utilizado para la perforación del pozo terminaba siendo descartado, generando los siguientes problemas:

- Aumento de volumen de residuos a tratar por el activo.
- Aumento de costos en productos de lodo y transporte de agua

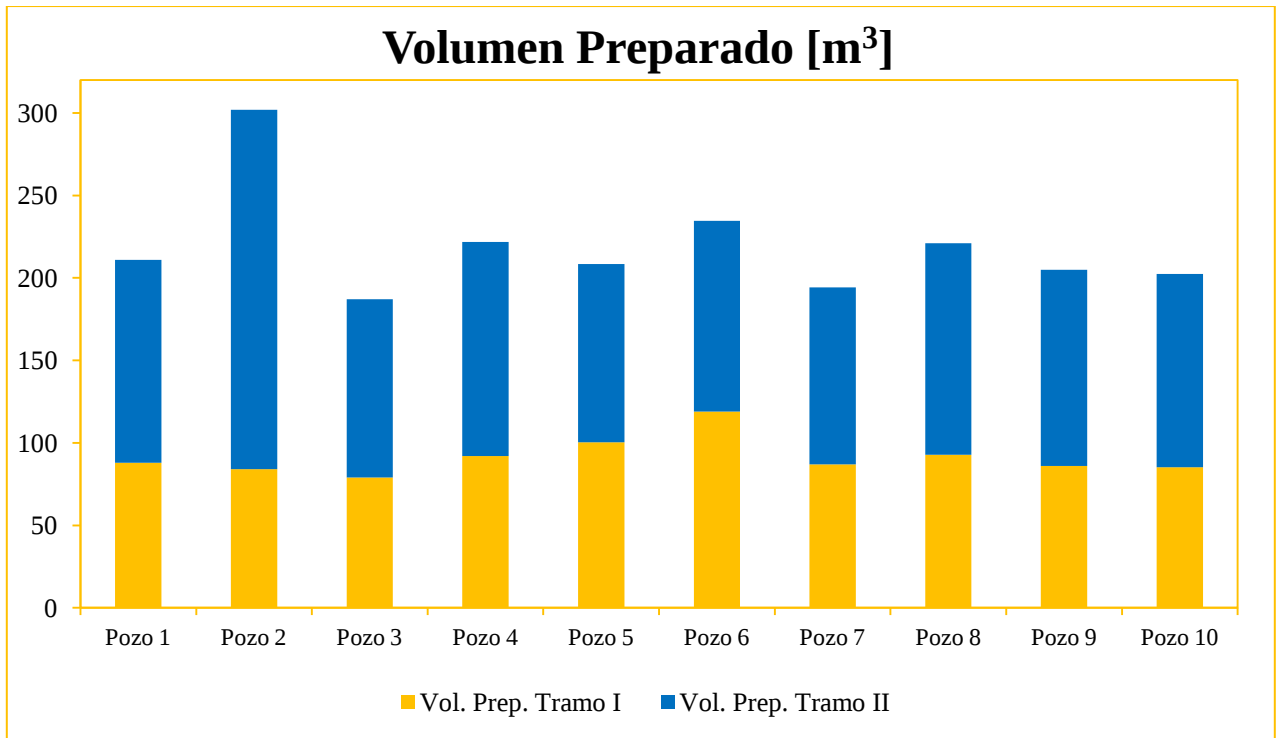


Fig 5. Volumen Preparado de Lodo por Pozo

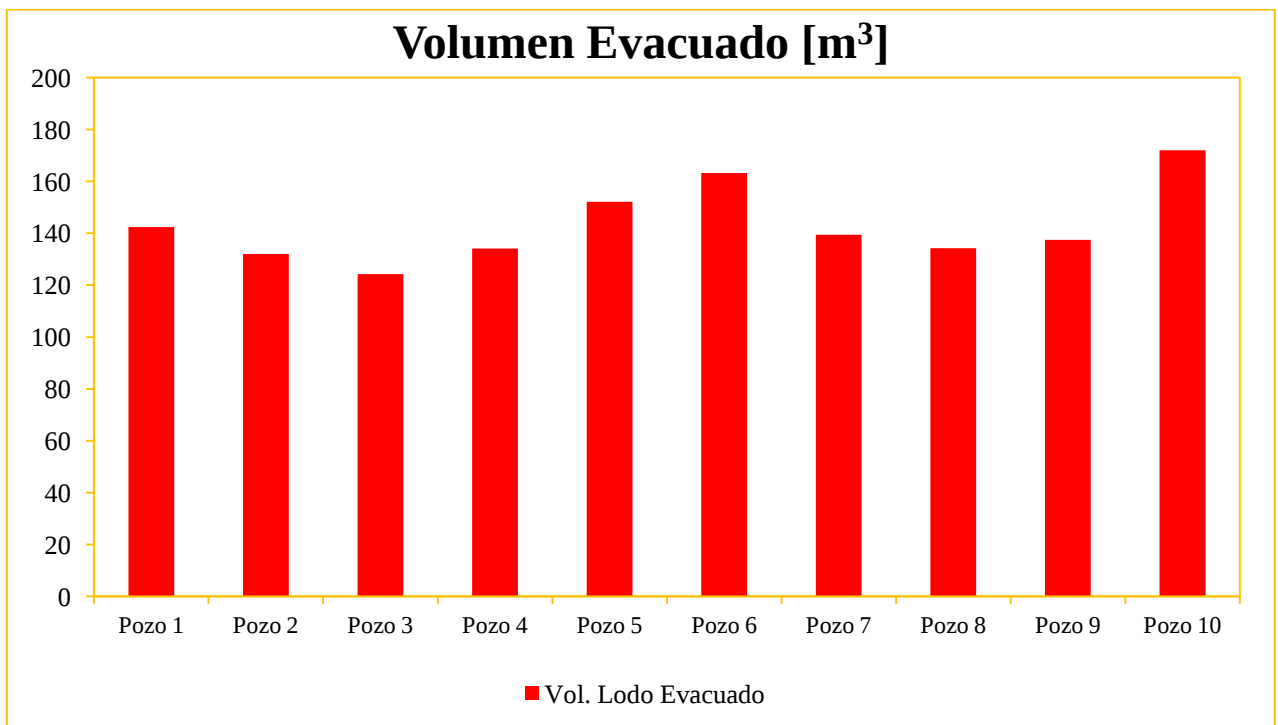


Fig 6. Volumen evacuado de Lodo por Pozo

SOLUCIONES IMPLEMENTADAS

Diseño de fluido de perforación y de BHA

En base a los problemas de set up de perfil causado por la actividad de arcillas reactivas se planteó revisar el diseño de lodo de perforación con el fin de reducir la actividad de las arcillas presentes en el yacimiento y del BHA con el objetivo de realizar un trabajo mecánico sobre las paredes de pozo.

Diseño de Fluido de perforación

En cuanto al diseño de lodo se definieron los siguientes pasos:

- Caracterización de arcillas

Se enviaron muestras de cutting a ser analizadas a la Universidad del Comahue para la identificación de minerales mayoritarios y semicuantificación por Difracción de Rayos X. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

	Muestra: SP 350 m	Muestra: SP 550 m	Muestra: SP 850 m			
Mineralogía de Roca Total	Presencia principalmente de minerales arcillosos mas mica. En menor cantidad aparece cuarzo y feldespato de tipo potásico y plagioclasa. En escasa proporción se presenta calcita. Hay traza de dolomita y anhidrita.	Presencia principalmente de minerales arcillosos mas mica y cuarzo y feldespato de tipo potásico y plagioclasa. En escasa proporción se presenta calcita y dolomita. Hay traza de ceolita.	Presencia principalmente de calcita. En menor cantidad aparece minerales arcillosos mas mica. En escasa proporción se presenta cuarzo y feldespato de tipo potásico y plagioclasa. Hay traza de dolomita.			
	Minerales arcillosos mas mica	62	%	Calcita	76	%
	Cuarzo	18	%	Minerales arcillosos mas mica	16	%
	Feldespato potásico	13	%	Cuarzo	3	%
	Plagioclasa	4	%	Feldespato potásico	3	%
	Calcita	3	%	Plagioclasa	2	%
Mineralogía de Arcillas	En la fracción arcilla se identificaron los siguientes Minerales arcillosos: Esmeclita e Illita.	En la fracción arcilla se identificaron los siguientes Minerales arcillosos: Esmeclita y Caolinita.	En la fracción arcilla se identificaron los siguientes Minerales arcillosos: Interestratificado Illita/Esmeclita (50I/50Sm, o 50%capas fijas/50%capas expansivas), Caolinita, e Illita.			
	Esmeclita	92	%	Illita/Esmeclita	61	%
	Illita	8	%	Caolinita	30	%
				Illita	9	%

Fig. 7 Identificación mineralógica sobre muestras de pozo

- Determinación de Capacidad de Intercambio Ionico (CEC)

Se realizó un análisis para determinar la capacidad de Intercambio iónico (C.E.C) y así evaluar su reactividad. Dando como resultado, los siguientes valores de CEC:

Profundidad (m)	Valor de C.E.C (meq/g)
50	11,5
100	23
250	15
300	9
500	10,5
700	5
850	9

Tabla 3. Profundidad vs CEC

- Análisis de formulaciones de lodo

Se elaboraron diferentes formulaciones de lodo y se analizaron en laboratorio

PRODUCTO:	Formiato de K	KCl	Yeso/K	Comple	Yeso	Agua de pozo
	kg-l/m ³					
Bentonita	20	20	10	20	10	Agua sin inhibidor
TANUS XGD	9	1	2	2	2	
Soda Caustica	pH=9	pH=9	pH=9	pH=11	pH=9	
TANUS A-30	8	-	-	5	-	
TANUS Pac Plus	-	9	9	-	9	
Formiato de Potasio	45	-	-	-	-	
Cloruro de Potasio	-	45	-	-	-	
TANUS K-Drill	-	-	12	12	-	
Yeso	-	-	30	-	30	
TANUS Complex	-	-	-	15	-	
TANUS Block –L	10	-	-	-	-	
TANUS Extra Surf	25	25	25	25	25	
TANUS Extra Lube BD	10	-	-	-	-	
TANUS Graf Sil	-	-	-	8	-	
TANUS Caliper	-	-	-	4	-	

Tabla 4. Formulaciones propuestas

PROPIEDAD: REOLOGIA	VALORES INICIALES: Temperatura, 50 °C					
	Formiato de K	KCl	Yeso/K	Comple	Yeso	Agua de Pozo
Lectura 600 rpm	49	34	26	31	39	-
Lectura 300 rpm	37	22	16	22	26	-
Lectura 200 rpm	33	17	21	18	21	-
Lectura 100 rpm	26	11	14,5	13	14,5	-
Lectura 6 rpm	12	2	3,5	4	3,5	-
Lectura 3 rpm	12	1,7	2,7	3	2,7	-
Viscosidad Plástica, cP	12	12	10	9	13	-
Punto de Fluencia, lb/100 pie ²	25	10	6	13	13	-

Tabla 5. Propiedades reológicas por cada formulaciones propuestas

Se evaluó el porcentaje de hinchamiento de las pastillas de cutting preparadas con muestras de pozo frente a las distintas formulaciones, como se puede observar en las siguientes Fig.8 y Fig. 9:

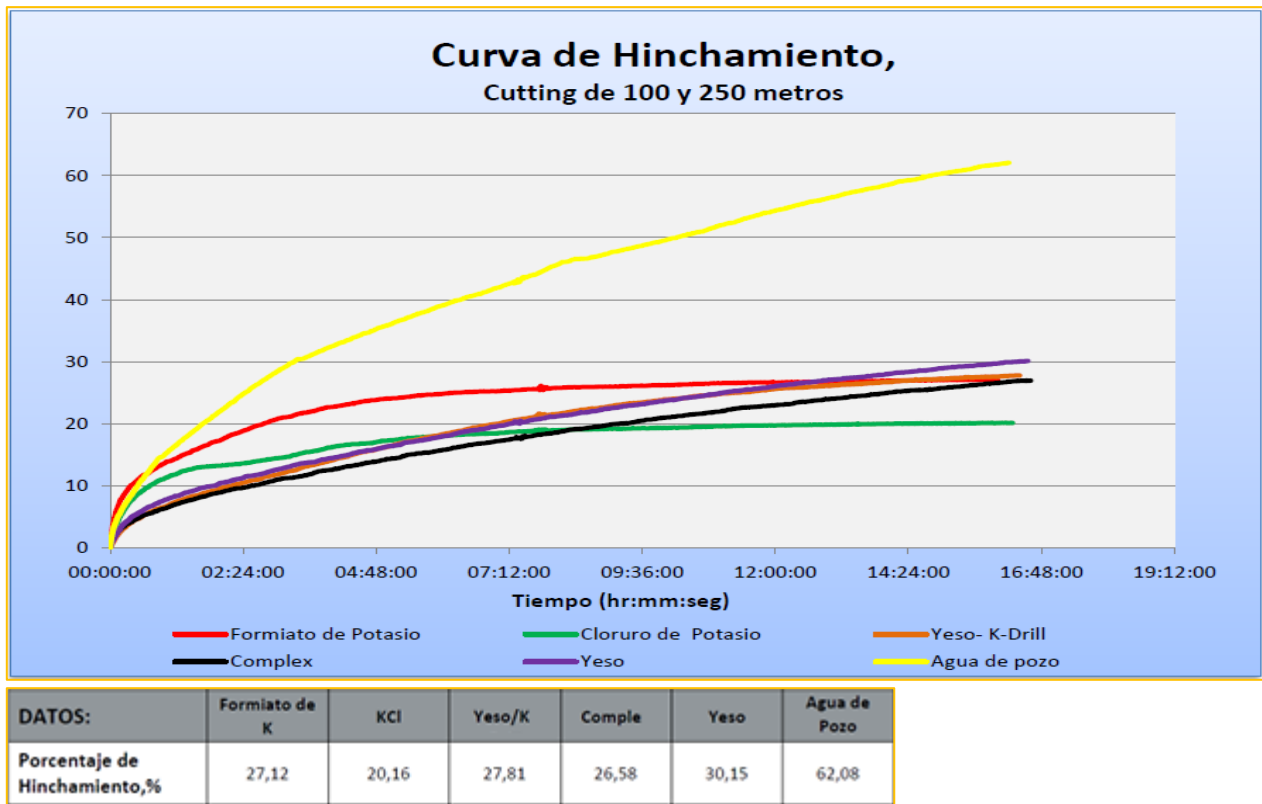


Fig.8: Curva Hinchamiento con Muestras 100-250 m

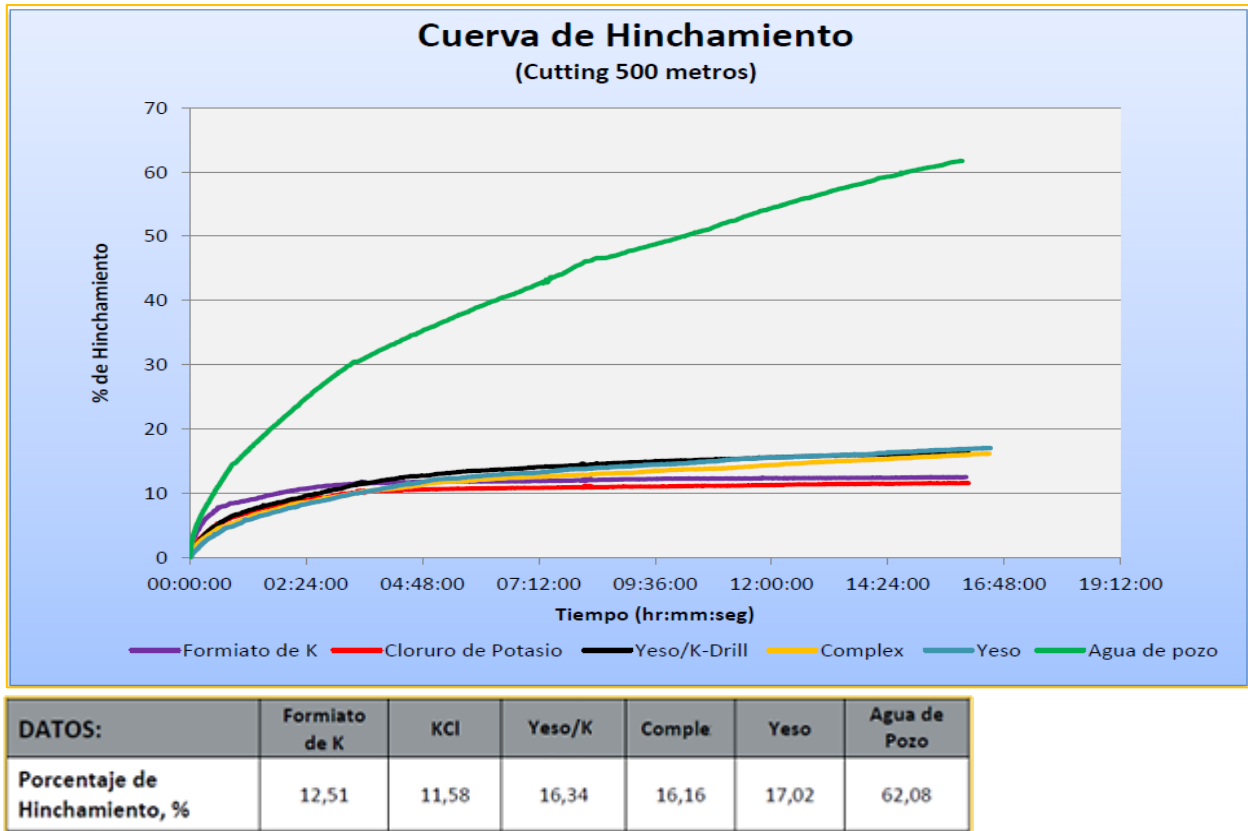


Fig.9: Curva Hinchamiento con Muestras 500 m

- Selección de formulación de lodo

El valor de C.E.C de las formaciones a atravesar rondan en un rango de 25 meq/100gr a 15 meq/100gr, aproximadamente hasta los 800 metros de profundidad.

Basado en esta condición de pozo más desfavorable (presencia de arcillas reactivas), se determinó el uso de la formulación compuesta por Sistema Yeso/K-drill debido a que el hinchamiento de las pastillas en contacto con este sistema de lodo es disminuido entre un 55,15 % a un 73,65% en relación con el hinchamiento de la pastilla de cutting en contacto con agua de pozo sin inhibidor.

Por otro lado, este sistema muestra valores reológicos más estables frente a los otros sistemas, $VP = 10$ $PF = 6$, asegurando una buena limpieza del pozo. Además posibilita la reutilización de lodo, siendo fácil su manipuleo y disposición.

Diseño de BHA

En cuanto al diseño de BHA se incorporó al conjunto un escariador de rodillos para paredes de pozos que permitiera de una forma mecánica minimizar el cerramiento del pozo en las zonas con arcillas reactivas.

La ubicación estratégica del escariador se basó en las estadísticas que indican en que profundidad se observó cerramientos de pozos, en el caso de Señal Picada en 650 mbbp y en Punta Barda en 550 mbbp.

Considerando la ubicación, se planeo un BHA Liso sin estabilizadores y se colocó el escariador en la sarta de perforación, además por sobre y por debajo del escariador se colocó Barras extra pesadas Heavy Weight de manera de mantener la columna equilibrada con respecto a los diámetros.

En la siguiente Fig.10 se visualiza la migración de BHAs.

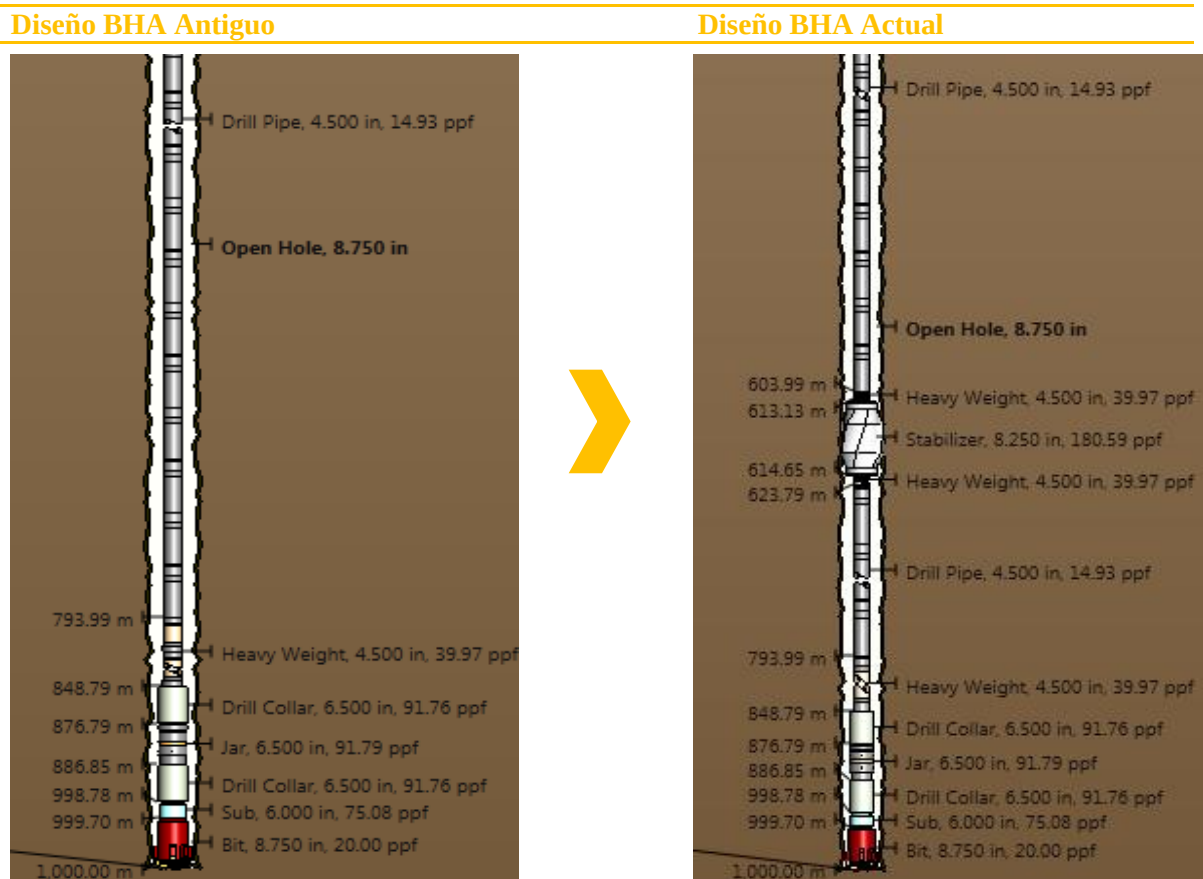


Fig 10. Diseño BHA Antiguo vs Actual

Sistema de Recuperación de Lodo

Se implementó un Sistema de Recuperación de Lodo con los siguientes objetivos

- Minimizar volúmenes evacuados de las actividades de Perforación.
- Disminuir uso y dependencia de camiones para acumulación y evacuación de fluidos.
- Generar una disminución importante en el impacto ambiental
- Disminuir el volumen de residuos tratados en repositorio por el descarte de fluidos de perforación.
- Lograr los objetivos anteriores, sin impactar en los costos y tiempos totales de pozo.

Secuencia Operativa de Trabajo

Al finalizar la perforación de cada pozo, el fluido de perforación debía ser procesado para poder ser recuperado para el siguiente pozo. Parte del fluido era procesado con centrifugas del equipo de control de sólidos, en caso de no alcanzar los parámetros requeridos se realizaba floculación o dewatering de acuerdo al estado del lodo presente en el circuito activo.

Se definieron valores de referencia que debía cumplir el fluido luego de ser floculado o realizado el dewatering para ser enviado al próximo pozo:

Parámetros	Valores
Densidad (g/l)	1005 a 1010
MBT (kg)	< 35
Solidos (%)	1

Tabla 6. Valores de Referencia para Reutilizar Lodo

Se definió un layout para la ubicación del equipamiento necesario. Según se muestra en la siguiente figura Fig.11:

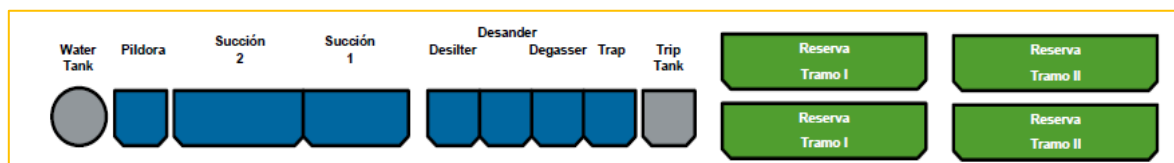


Fig. 11 Esquema de Distribución Equipo de perforación

Se definieron Roles y Responsabilidades para el control del fluido, compartido entre el personal de Control de Sólidos y la Cía. de Fluidos. De esta forma, como las secciones del pozo tienen propiedades reológicas diferentes se dispusieron 2 piletas para sección Guía y 2 piletas para sección Aislación.

Además, se coordinó para que la locación siguiente a donde se debía ir a perforar esté lista y en condiciones para realizar el traslado de piletas y volúmenes antes de que se terminara la perforación del pozo en ejecución, de tal manera de asegurar el acondicionamiento del lodo antes de largar a perforar cada fase. Es por este motivo que el servicio de contratación de piletas constaba en su

inicio de Usinas para que se autoalimentaran y no debieran depender del equipo perforador, adelantado así la operación.

RESULTADOS

Set up de sonda de perfilaje

Mediante los cambios realizados en la formulación de lodo y diseño de BHA se obtuvieron los siguientes resultados:

Pozos	TD Final	N° de Carreras Prog	N° de carreras Realizadas	Set Up
Pozo 1	1000	3	3	NO
Pozo 2	1000	3	3	NO
Pozo 3	1013,2	3	3	NO
Pozo 4	1010	4	4	NO
Pozo 5	1101	3	3	NO
Pozo 6	1046,5	3	3	NO
Pozo 7	855	3	3	NO
Pozo 8	803	4	4	NO
Pozo 9	783	4	4	NO
Pozo 10	1000	3	3	NO
Pozo 11	980	3	3	NO
Pozo 12	1000	3	3	NO
Pozo 13	1048	3	3	NO
Pozo 14	969	3	0	SI
Pozo 15	960	3	3	NO
Pozo 16	960	3	3	NO
Pozo 17	830	3	3	NO
Pozo 18	830	3	3	NO
Pozo 19	828	3	3	NO
Pozo 20	807	3	3	NO
Pozo 21	818	3	3	NO
Pozo 22	825	3	3	NO
Pozo 23	880	3	3	NO
Pozo 24	854	3	3	NO
Pozo 25	885	3	3	NO

Tabla 7. Resultados frente a la problemática de Set Up

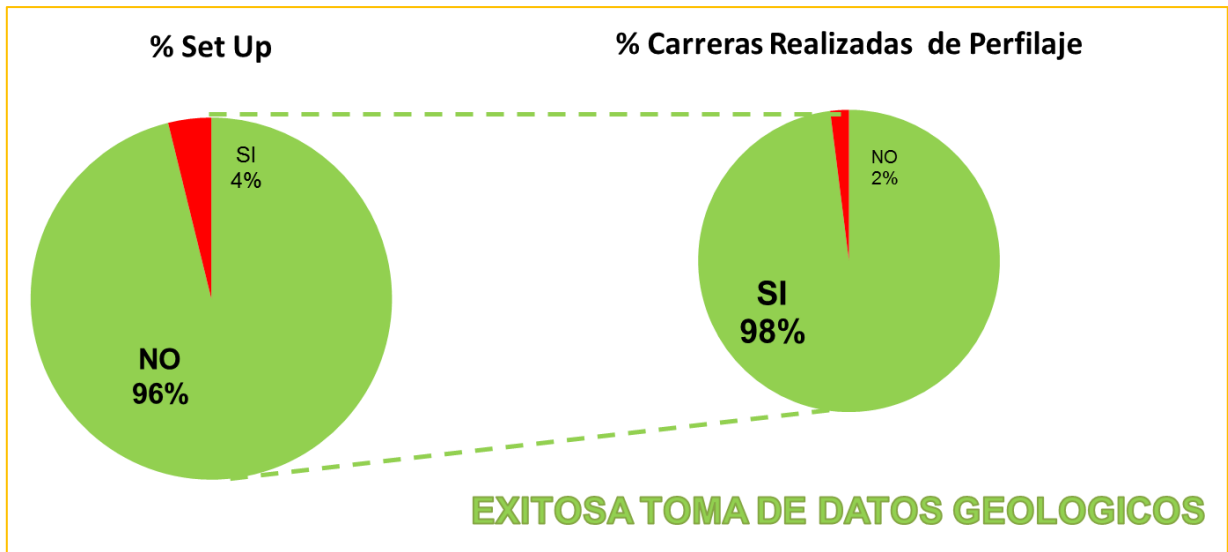


Fig. 12 % Set Up vs % Carreras Realizadas

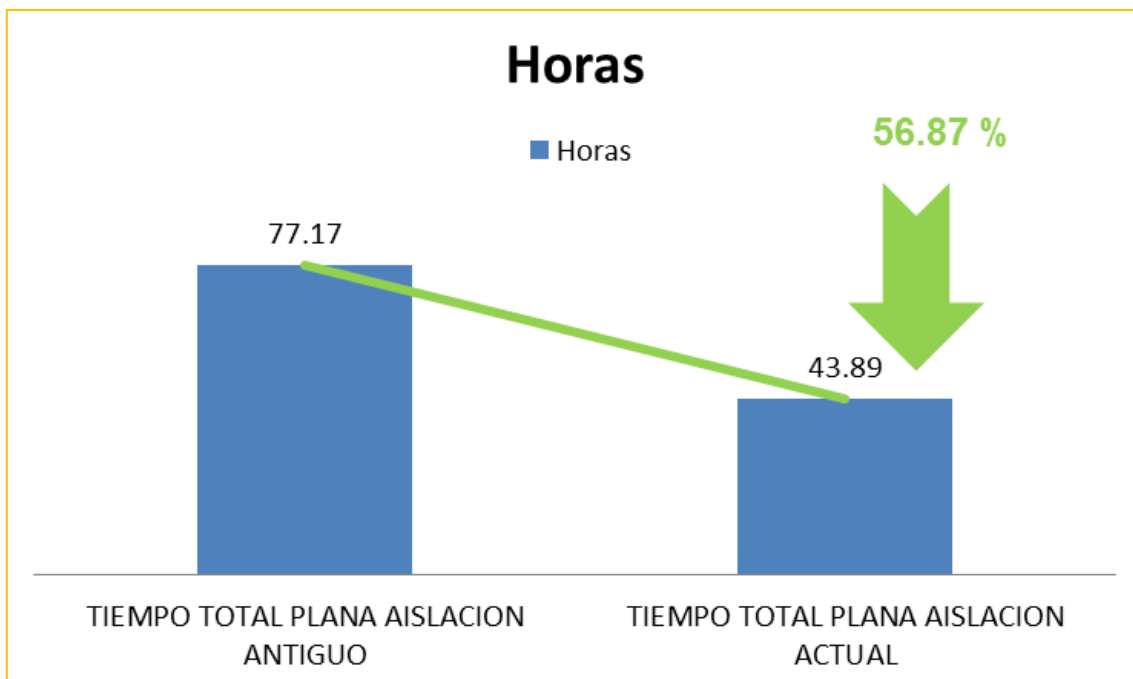


Fig 13. Tiempos Promedios en Plana Aislación Antiguo vs Actual

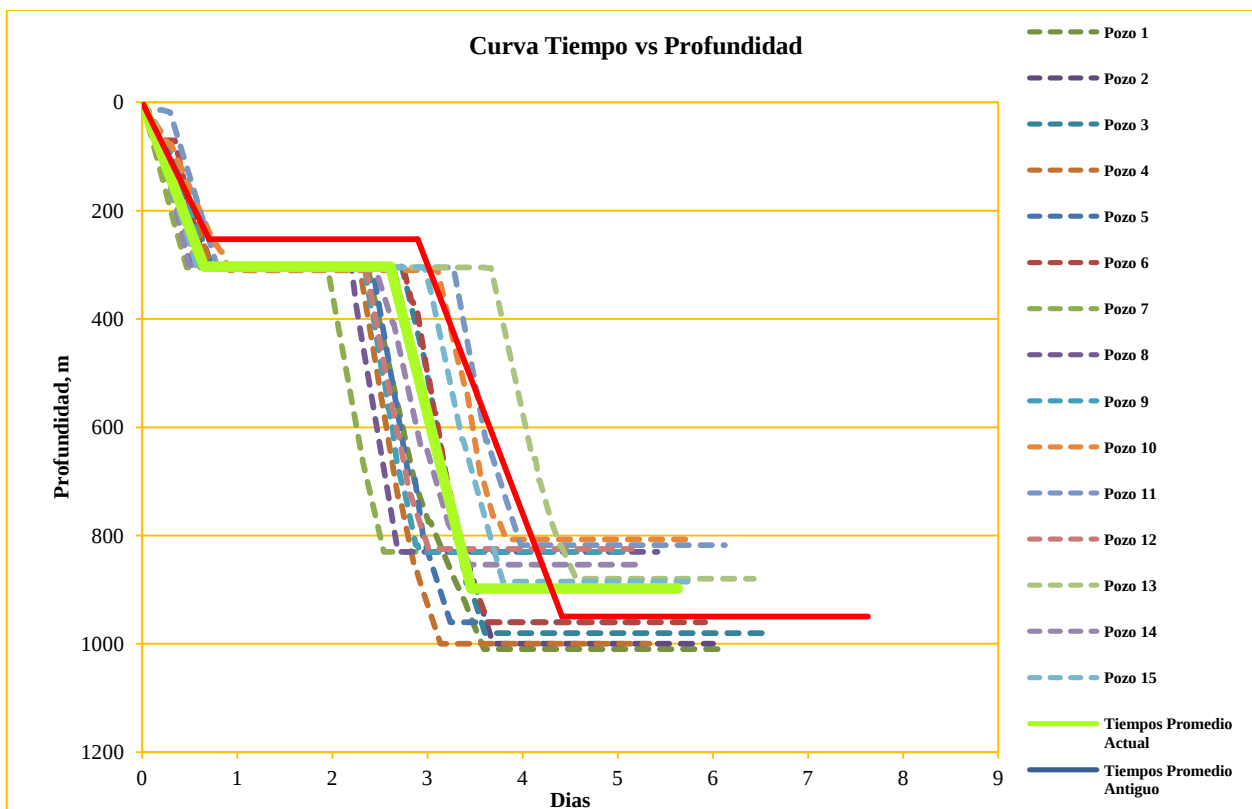


Fig. 14: Curva Tiempo vs Profundidad. Comparación Tiempo Antiguo vs Actual

	Días Fase Guía Real	Días Plana Guía Real	Días Fase Aislación Real	Días Plana Aislación Real	Días s/DTM
Tiempos Promedios Antiguo	0,7	2,19	1,52	3,22	7,63
Tiempos Promedios Actual	0,65	1,96	0,85	2,17	5,63

Tabla 8: Tiempos promedio por fase - Comparación Tiempo Antiguo vs Actual

Disposición de fluido de perforación

Luego de los cambios implementados mediante el sistema de recuperación de lodo se logra reducir el volumen de lodo evacuado en un 90% y reducir el consumo de agua industrial en 58%.

Estos cambios también hicieron posible que se redujera el consumo de materiales de lodo y se redujeran los costos de tratamiento de efluentes provenientes de la perforación. La reducción de costos solamente asociados a los productos de lodo fue de un 42%. En cuanto a los efluentes provenientes de la perforación se logró reducir en promedio 532 m³ el volumen tratado en el repositorio del yacimiento al finalizar la campaña 2016.

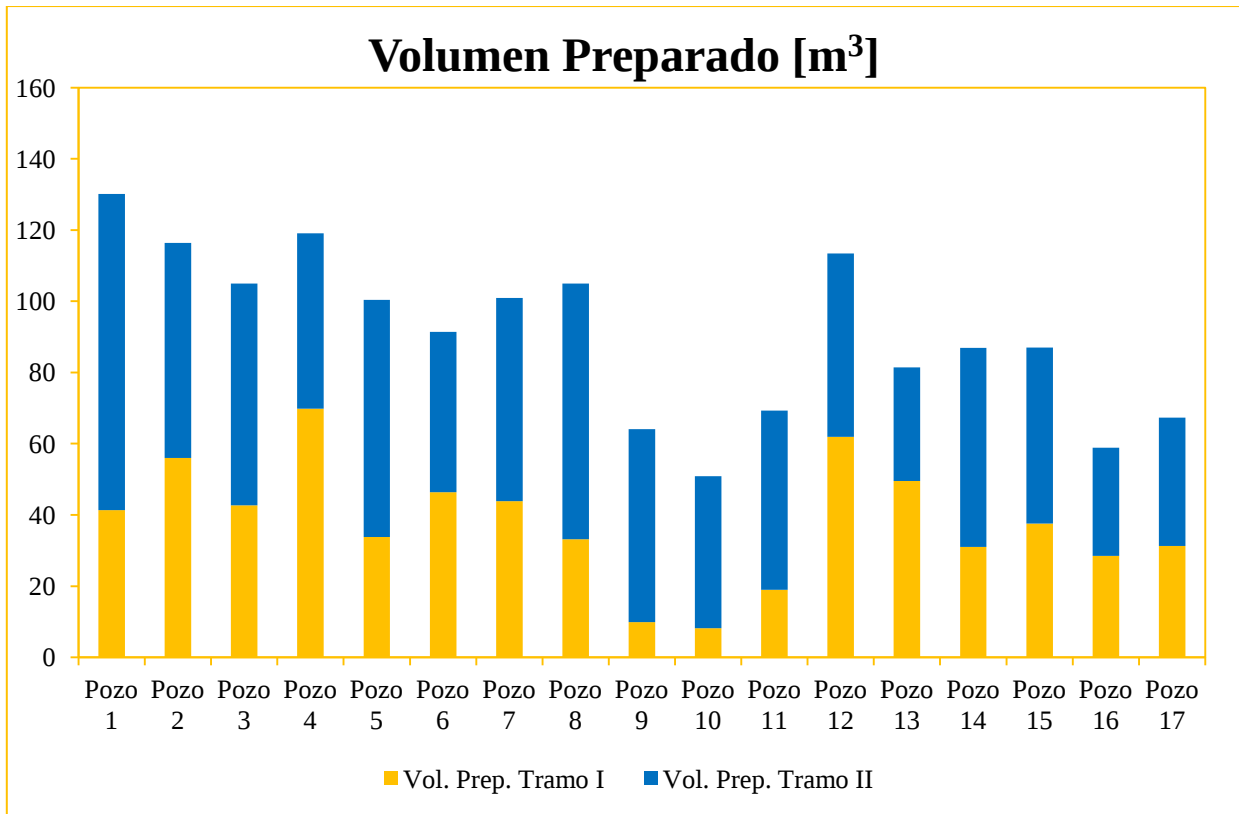


Fig. 15 Volumen Preparado de Lodo por Pozo

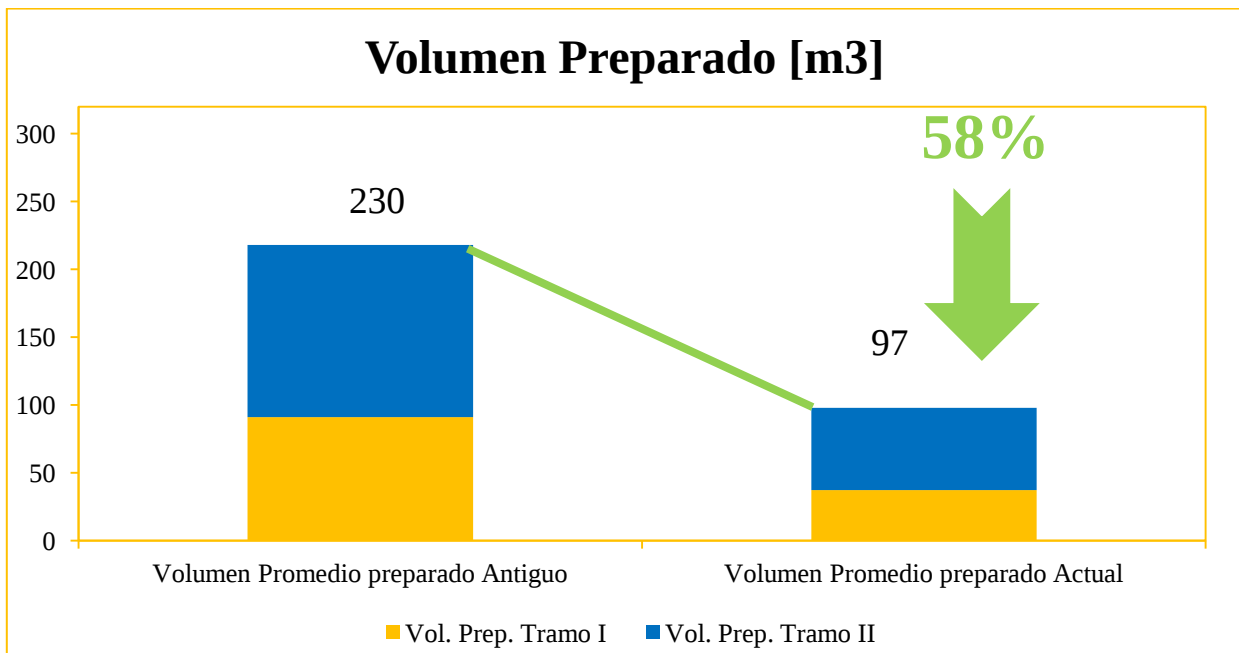


Fig. 16 Volumen de Lodo Promedio Preparado Antiguo vs Actual

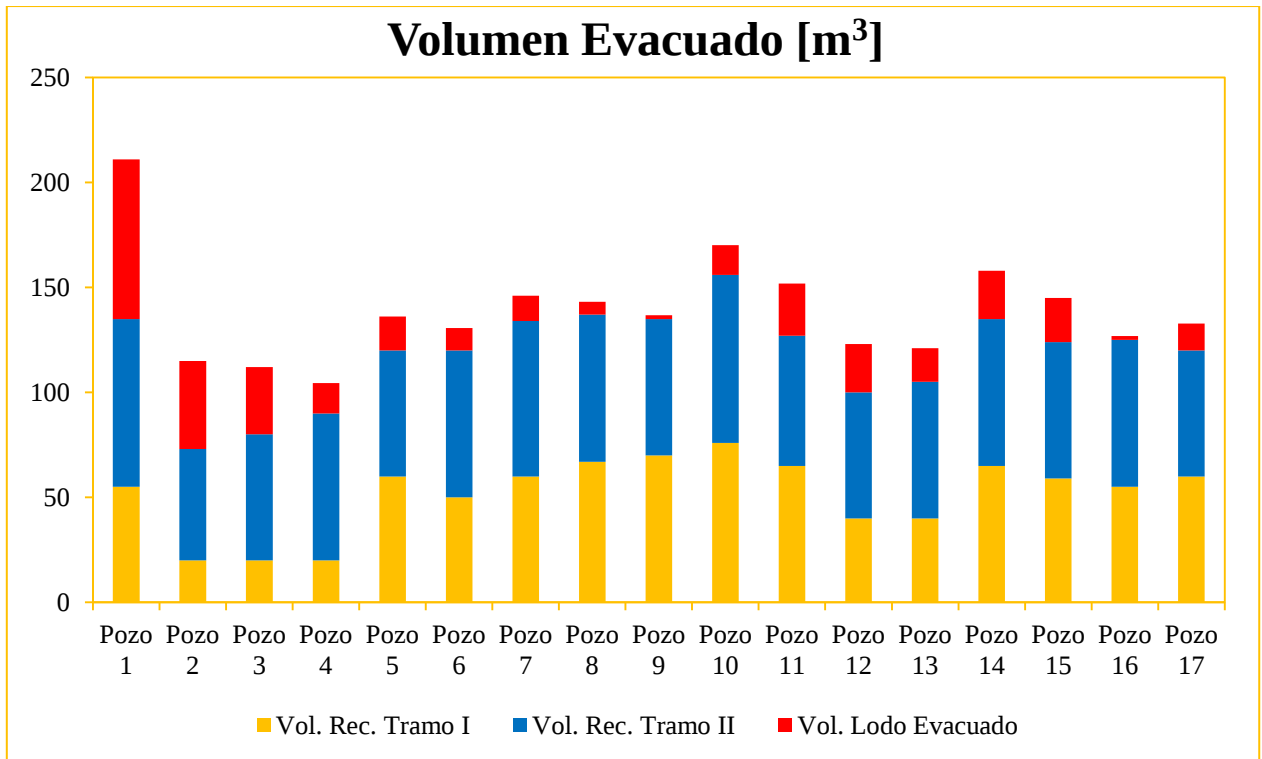


Fig. 17 Volumen Recuperado y Evacuado de Lodo por Pozo

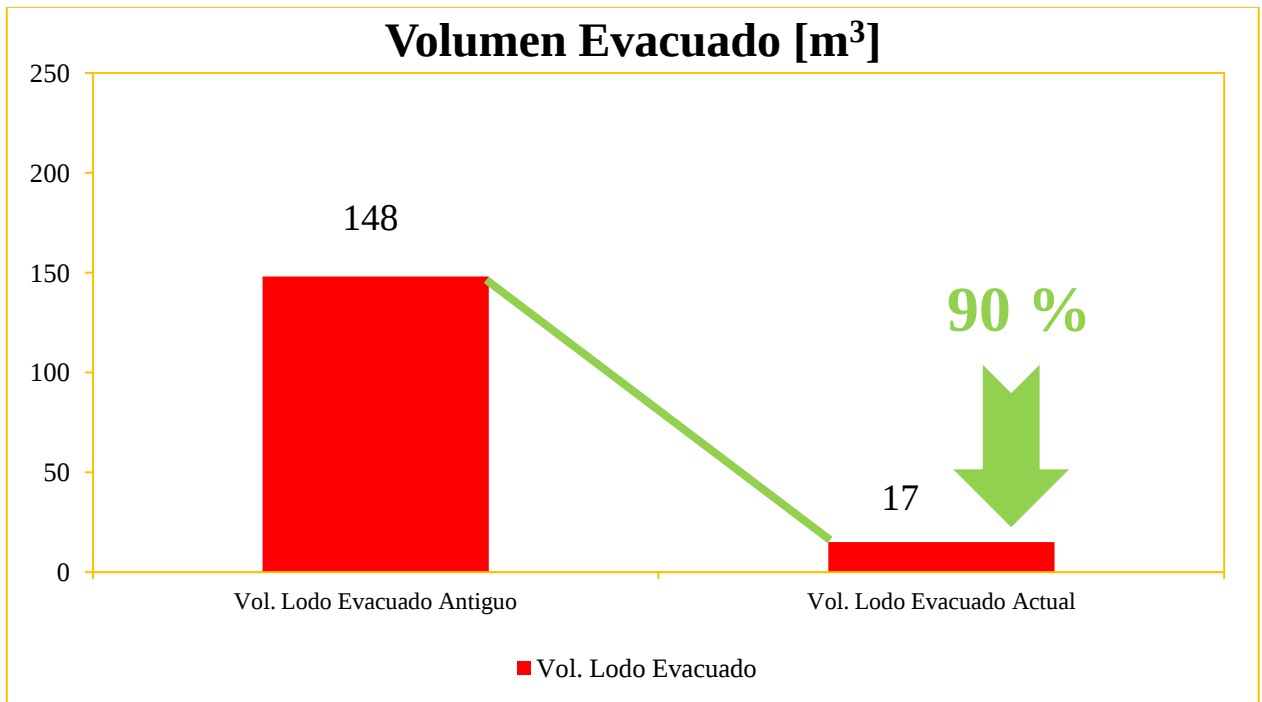


Fig. 18 Volumen de Lodo Promedio Evacuado Antiguo vs Actual

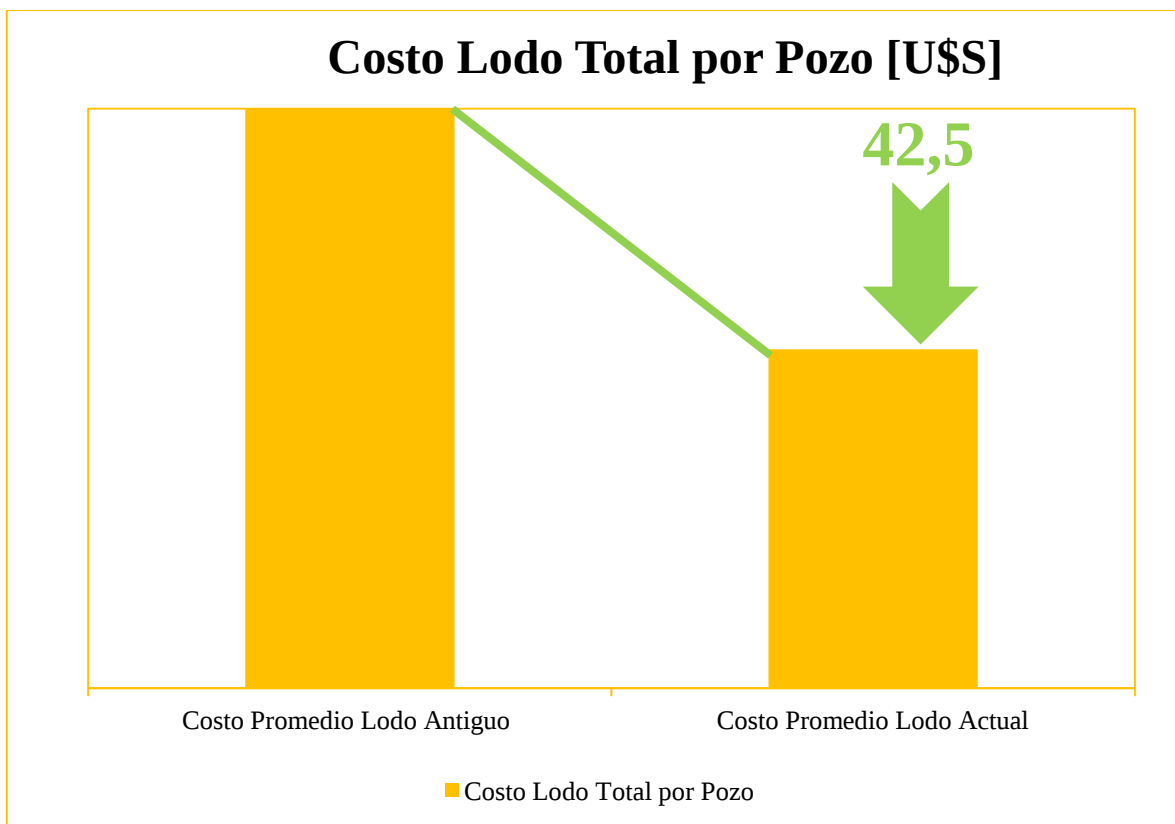


Fig. 19 Costos Lodo Promedio por pozo Antiguo vs Actual

CONCLUSIONES

En el periodo 2015 se identificaron problemáticas como inestabilidad de paredes, arcillas reactivas, y admisiones parciales durante la perforación de 10 pozos. El análisis de estos problemas y de las oportunidades de mejora permitió definir un grupo de acciones para alcanzar una reducción en tiempos y costos de perforación, así como reducir el consumo de materiales y de efluentes provenientes de la actividad de perforación.

Al finalizar la campaña 2016 se logró obtener los siguientes resultados

Una reducción significativa en la cantidad de set up de sonda de perfil, reduciendo al mínimo la pérdida de información solicitada por el Activo.

Minimizar los volúmenes de lodo evacuado en un 90% y reducir el consumo de agua industrial en 58%.

Reducir los tiempos de la fase plana de la guía en un 32%, lo que permitió alcanzar un tiempo promedio operativo de perforación de 5,63 días.

REFERENCIAS

Dr Bill Mitchell, "**Advanced Oil Well Engineering**", 10 th edition, 1st Revision, July 1995.

American Petroleum Institute. **API Recommended Practice 13**, Sixth Edition. Año 2000

Tecnología aplicada de lodos. **IMCO Services** A Division of Halliburton Company 1981.

Manual OFITE <http://www.ofite.com/publications/instructions/>

CURRICULUM VITAE



Nombre y Apellido: Cristian Tomas Adzo

Título y lugar de estudio: Ingeniero Químico, UTN Facultad Regional del Neuquén. Técnico Universitario en Química, UTN Facultad Regional Mendoza. Técnico Químico, EPET N°1. Maestría en Economía y Política Energético Ambiental (Ciclo 2017-2018).

Diferentes empresas en las que hizo su carrera: Grupo Más Energía-Refinadora Neuquina SA (1 año), GE Power & Water, Water & Process Technologies SC (3 años) y actual DLS Argentina Fluidos SA (4 1/2 años).

Cargo actual en la empresa: Ingeniero de Proyectos.



Nombre y Apellido: Camila Lujan Lamela

Título y lugar de estudio: Técnico Químico, EPET N°5. Neuquén Capital.

Diferentes empresas en las que hizo su carrera: Actual DLS Argentina Fluidos SA (5 años y dos meses).

Cargo actual en la empresa: Laboratorista.



Nombre y Apellido: Anahí Marín Moran

Título y lugar de estudio: Ingeniero en Perforación, Universidad Nacional de Salta - Sede Regional Tartagal. Técnico Universitario en Perforación, UNSa Sede Regional Tartagal.

Diferentes empresas en las que hizo su carrera: YPF S.A. (4 años).

Cargo actual en la empresa: Ingeniero de Perforación – Regional Neuquén y Rio Negro.



Nombre y Apellido: Fernando Javier Orozco

Título y lugar de estudio: Ingeniero Industrial, Universidad de Mendoza. Master YPF en E&P con especialización en Perforación y Workover.

Diferentes empresas en las que hizo su carrera: YPF (7 años)

Cargo actual en la empresa: Jefe de Operaciones de P&WO