

JORNADAS DE PRODUCCION

25 y 26 de Agosto – Comodoro Rivadavia

Ensayo de Campo con nuevas alternativas de materiales resistentes a la corrosión

Autores:

**Félix Carrizo, Francisco Díaz y Alejandro Ameglio – TenarisSiderca Div. Varillas de Bombeo
Rodolfo Tapia, Sandro Nicolino y Fabián Benedetto - TenarisSiderca**

1.- Sinopsis:

A finales del año 2001 se registró una tendencia creciente en el nivel de intervenciones en pozos con bombeo mecánico pertenecientes a un Yacimiento de la cuenca del Golfo San Jorge, por lo que se decide entonces realizar un estudio integral de la problemática en función de conocer las causas de las fallas y reducir los costos asociados.

Se formó para este fin un grupo de trabajo cuya premisa fue la caracterización e identificación de los problemas, la discusión de programas de mejora y alternativas de soluciones y la implementación de un plan de monitoreo sobre aquellos pozos que, por su nivel de intervenciones, fueron denominados “Pozos problema”.

El objetivo final de esta metodología fue la reducción del Costo Total Operativo (CTO), fundamentalmente por la disminución en el “Índice de Pulling” del Yacimiento.

La aplicación de esta metodología de Evaluación Integral permitió alcanzar los objetivos prefijados, es decir disminuir el Costo Total Operativo reduciendo el nivel de intervenciones, a la vez que permitió ensayar nuevos productos resistentes a la corrosión por CO₂.

En este trabajo en particular se presenta la experiencia llevada a cabo en uno de los pozos identificados como problemáticos, en el cual se ensayaron alternativas de Tubing y Varillas de Bombeo distintas a las utilizadas habitualmente en el Yacimiento.

Al momento de la instalación de estos nuevos materiales, el pozo contaba con un índice de intervenciones anual superior a 3 por causas de corrosión en ambos elementos. A la fecha el pozo lleva 2 años de operación sin problemas con el consecuente ahorro económico que ello ha generado además de probar que estas dos nuevas alternativas son factibles de uso en el entorno corrosivo del mencionado Yacimiento.

2.- Introducción

La producción de Petróleo y Gas en el yacimiento en cuestión, trae aparejados problemas de corrosión en las instalaciones, tanto en los pozos como en superficie. En análisis de fallas realizados previamente, tanto en Tubings como en Varillas de Bombeo de pozos productores, se detectaron morfologías de fallas del tipo "Mesa Attack", característico de la presencia de CO₂ entre los agentes agresivos disueltos en el fluido de producción.

Se detectaron valores de CO₂ en gas en pozos que ocurrieron estas fallas, que generan presiones parciales de dicho gas superiores a 3 psi, los que de acuerdo a la bibliografía los sitúa como "potencialmente corrosivos" por CO₂.

El hecho de que este tipo de fallas se hayan reiterado en pozos productores en bombeo mecánico, puso a la operadora en situación de intentar evaluar otras alternativas de materiales a los efectos de reducir los niveles de fallas. Es por ello que se decidió en forma conjunta con Tenaris Siderca poner en marcha un plan de optimización, cuyo objetivo principal fue reducir el Costo Total Operativo (CTO) del yacimiento.

A continuación se describe en particular la experiencia llevada a cabo en el pozo PE-01, el cual era uno de los pozos con mayor índice de intervenciones del yacimiento.

3.- Desarrollo

3.1- Historial del pozo PE-01

A continuación, en la tabla 1, se detalla el historial de intervenciones del pozo PE-01 en los 2 años previos al inicio del ensayo (2001 y 2002):

Pozo	Fecha Pulling	Comentarios
PE-01	26-Abr-01	Pérdida tbg n° 145 por corrosión. Se cambian 30 tbgs insp GII + cbio.bba.
	7-Jun-01	Pesca v/b n°43 Ø7/8" cortada en cuerpo por corrosión. Cbio.bba+sarta de ¾"
	15-Ago-01	Optimiza. Cbio bba 13/4"a2" + v/b. Copas rotas.
	12-Nov-01	Perdida.Cambia v/b Ø1" + cuplas 7/8" + 31 tbgs insp GII por corrosion +cbio bba.
	19-Nov-01	Bba (-).no retiene.
	4-Ene-02	Perdida tbg n°136/137/138/139 picados por corrosion.Cbia 49 tbgs por revestidos + 18 tbgs insp GII + 2 tbgs insp GIII + 38 vb 7/8" revestidas + 40 vb ¾" revestidas.
	19-Jun-02	Perdida cupla tbg. Cambia 30 tbgs insp GII + 30 tbgs nuevos revestidos + 15 vb 1" nuevas + 15 vb 1" insp GII + 51 vb 7/8" insp GII + sep.gas por corrosion.
	5-Ago-02	Bba aprisionada con pintura del revestimiento de los tbg. Cambia 28 tbg por revestidos nuevos.

Tabla 1

Como se observa en la tabla, el pozo tuvo 8 intervenciones en los años 2001 y 2002, de las cuales 4 fueron debidas a pérdida de tubing por corrosión y 1 a pesca de varillas de bombeo por corrosión.

Cabe mencionar que en este período la operadora puso en práctica algunas medidas para mitigar la corrosión (uso de inhibidores de corrosión y/o aplicación de revestimientos en la superficie de las varillas de bombeo, cuplas e interior de los tubings) sin lograr los objetivos prefijados de reducir la cantidad de fallas.

Teniendo en cuenta este historial de intervenciones y que era una de los pozos con mayor índice de intervenciones del yacimiento, se decidió seleccionarlo en forma conjunta con la operadora para realizar el ensayo de campo.

3.2- Características del pozo PE-01

A continuación, en la tabla 2, se detallan tanto las variables operativas como las características fisicoquímicas del pozo PE-01:

Well	Depht (m)	Gross (m3/d)	Bsw (%)	Oil (m3/d)	Gas (m3/d)	GOR	GFR	Pwh (kg/cm2)	CO2 (%)	CO2 dis (ml/l)	H2S (ppm)	CL ⁻ (mg/l)	SO4	Fe2	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO3	SRB	Ph
PE-01	1457	32.88	37.63	18.67	8,900	477	271	15	16.0	60.2	0.00	14,200	12.0	27.3	1,347	51	610	0	7.0

Tabla 2

De acuerdo a estos valores, el pozo tiene una presión parcial de CO₂ en boca de pozo de 32 psi, por lo que de acuerdo a lo que menciona la bibliografía, se puede concluir que es extremadamente corrosivo desde el punto de vista de corrosión por CO₂.

Con estas condiciones de fluído, es de esperar que aceros al carbono sin ningún tipo de protección anticorrosiva (llámese uso de inhibidores, revestimientos o aceros más aleados con mayor resistencia a la corrosión) sufran procesos de corrosión carbónica, con la consiguiente disminución de la vida útil de los materiales.

Por otro parte, se observaron en la superficie interna de los Tubings extraídos en intervenciones previas al ensayo, una forma de falla producida por corrosión “asistida” por fricción (fretting corrosion), en la cual el efecto de roce producido por la varilla “ayuda” al proceso corrosivo ya sea por impedir que se forme el film del fluido inhibidor, o bien “levantando” las películas protectoras que se originan de los productos de la corrosión. Esto indicó la necesidad de una solución combinada al problema, eliminando también la componente mecánica de las fallas.

3.3- Productos seleccionados como candidatos

De acuerdo a la corrosividad del pozo en cuestión, se seleccionaron las siguientes alternativas de materiales para Tubings y Varillas de Bombeo como candidatos para el ensayo de campo:

a)- Tubings: Aceros para Servicio Crítico (TN Critical Services Series):

Se trata de aceros propietario de Tenaris , formulado para brindar una mayor resistencia a la corrosión en ambientes con CO₂ en comparación con los Aceros al carbono de baja aleación en grados API 5CT.

Los aceros de la Serie Critical Services contienen 1% de Cromo y 3% de Cromo, ya que es sabido que la adición de pequeños porcentajes de Cr favorecen la resistencia a la corrosión en aceros al carbono, debido a que promueven la formación de una capa estable de óxido de cromo que protege al sustrato. El primero de los productos mencionados (1% Cr) debe ser utilizado conjuntamente con inhibidores de corrosión, y ambos deben ir acompañados con un adecuado programa de monitoreo.

El campo de aplicación de este producto se esquematiza en el Gráfico 1 :

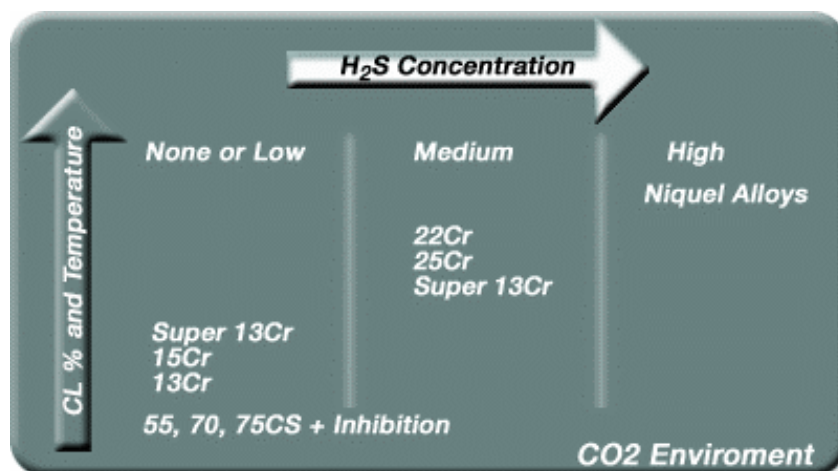


Gráfico 1

b)- Varillas de bombeo: grado MMKD

La varilla grado MMDK es otra alternativa disponible en la gama de las varillas API Grado “D”. Esta varilla posee las propiedades mecánicas de una varilla API Grado D y una composición química semejante al grado “K”, que las hace apropiadas para su uso en pozos corrosivos efectivamente inhibidos.

La composición química de las mismas es la siguiente:

Elemento.	Mínimo	Máximo
<i>C</i>	0.18	0.24
<i>Mn</i>	0.80	1.00
<i>S</i>		0.025
<i>P</i>		0.025
<i>Si</i>	0.15	0.35
<i>Ni</i>	1.15	1.50
<i>Cr</i>	0.70	0.90
<i>Mo</i>	0.20	0.30
<i>V</i>	0.03	0.07
<i>Cu</i>		0.25

Se trata de un acero AISI 4320 con tratamiento térmico de normalizado y revenido de microestructura bainítica.

Las propiedades mecánicas de esta varilla se detallan a continuación:

Propiedad	Valor Especificado
<i>Tensión de Fluencia, Ksi</i>	85 mín
<i>Tensión de Rotura, Ksi</i>	115/140

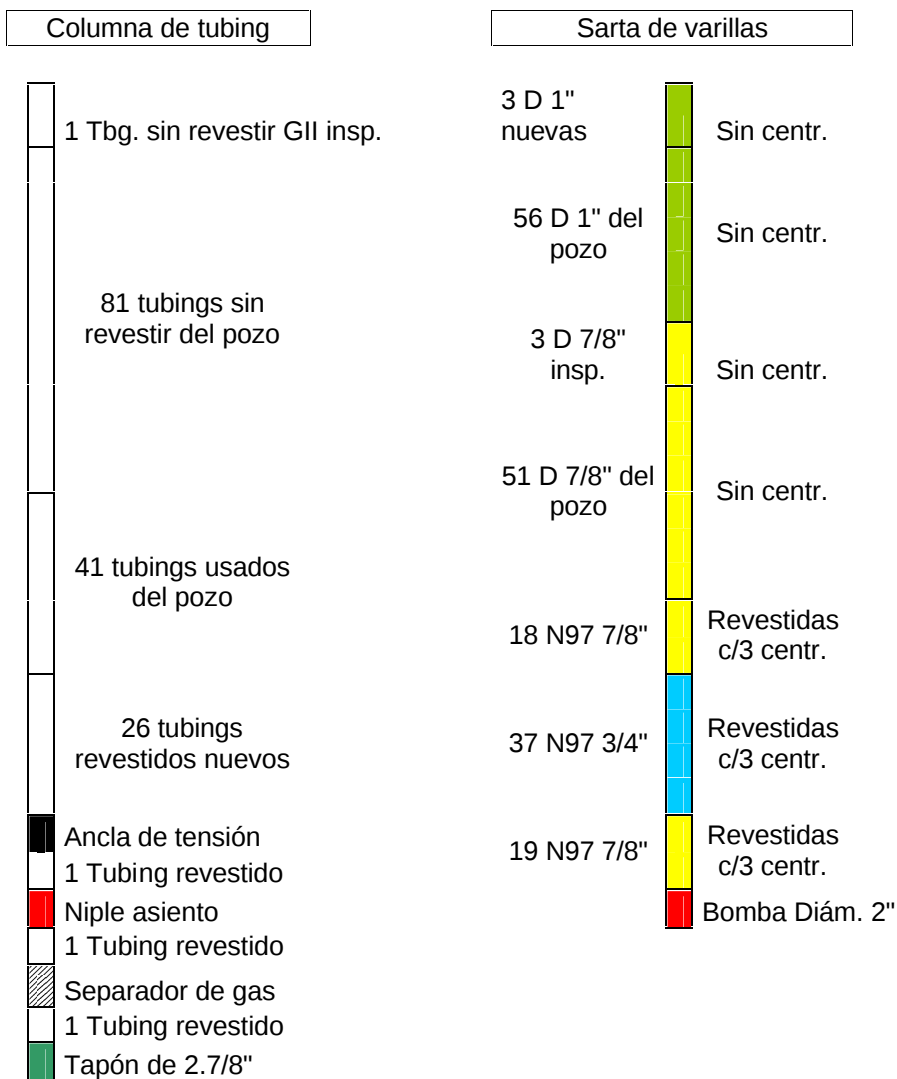
Esta varilla surge como la alternativa a las varillas Grado D para servicio corrosivo, cuando por las profundidades y el nivel de cargas no era posible utilizar una varilla Grado K.
A pesar de estar recomendada para servicio corrosivo, es importante aclarar que en todos los casos se debe utilizar en pozos efectivamente inhibidos.

4.- Ensayo de Campo

4.1- Instalación sacada del pozo

El ensayo se comenzó el día 09/07/03. Se aprovechó la intervención llevada a cabo por pesca de cupla de varilla de bombeo para bajar los materiales a ensayar.

En el siguiente esquema se detalla la instalación sacada del pozo:



Las observaciones del material sacado del pozo son las siguientes:

a)- Tubings:

- La columna estaba compuesta por 1 tbg J55 inspeccionado GII, 81 tbg J55 del pozo (ambos sin revestir), 41 tbgs del pozo y 26 tbgs nuevos (ambos revestidos).
- El tipo de revestimiento utilizado para los tubos fue FBE (Fusion Bonded Epoxi), aplicado tanto externa como internamente.
- Una gran parte de ellos salieron con rozamiento y corrosión carbónica asistida por rozamiento en el interior de los mismos, principalmente en la mitad inferior de la columna, es decir los tubings revestidos. En este caso dicho rozamiento originó el desprendimiento del revestimiento con el consiguiente posterior ataque localizado (foto 1).
- Algunos tubos salieron con un ampollamiento interior (foto 2) , que en algunos casos condujeron a la rotura de dicho ampollamiento con el consiguiente desprendimiento del coating. (foto 3). También se observó un daño importante en el exterior de los cuerpos debido a las marcas de llaves.



Foto 1



Foto 2



Foto 3

b)- Varillas de Bombeo:

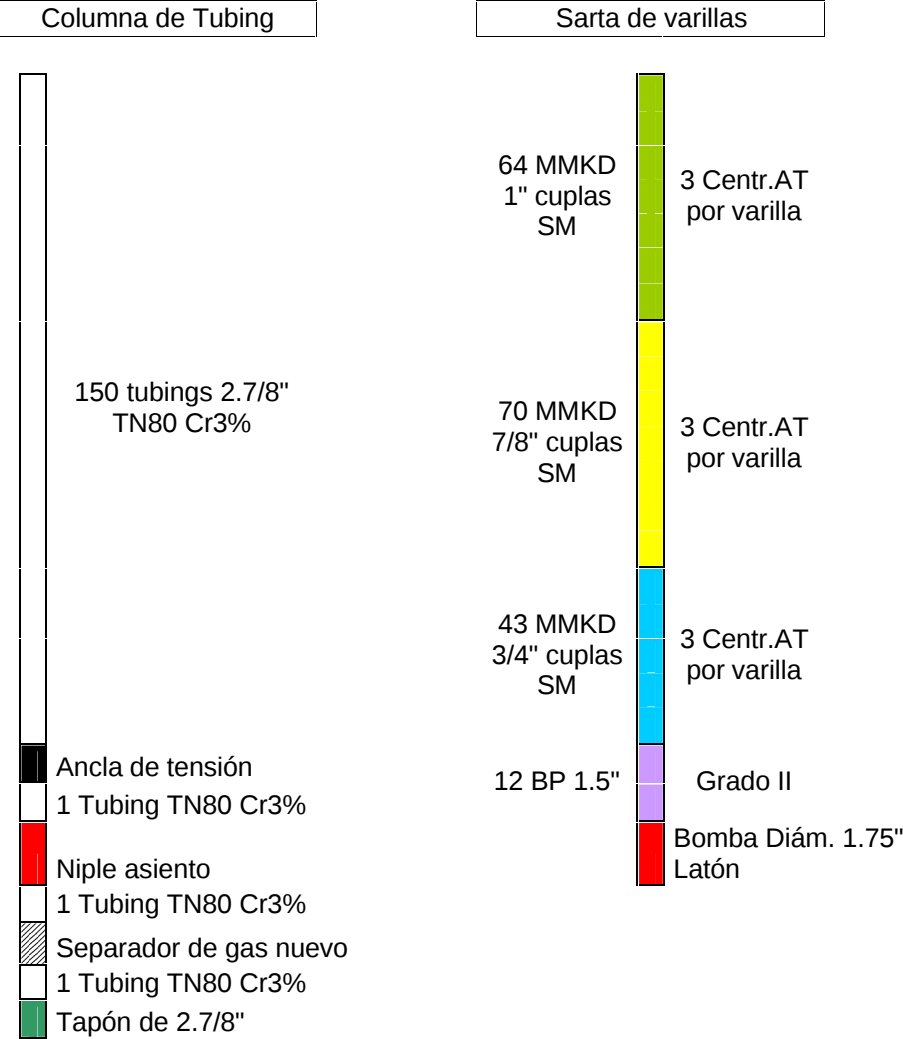
- La sarta estaba compuesta por 3 vb grado D 1" nuevas, 56 vb grado D 1" del pozo, 3 vb grado D 7/8" inspeccionadas GII, 51 vb grado D 7/8" del pozo (todas ellas desnudas y sin centralizadores), 18 vb N97 7/8", 37 vb N97 3/4" y 19 vb N97 7/8" (todas ellas revestidas y con 3 centralizadores inyectados).
- El motivo de la intervención fue pesca en la cupla 43-44 de 7/8" por rozamiento (foto 4).
- El revestimiento utilizado, al igual que en el caso de los tubings fue Fusion Bonded Epoxi (FBE). Se observó en general en buenas condiciones, a excepción de las marcas de llaves originadas en los cuadrantes.
- Las vb grado D desnudas salieron con un ataque carbónico, principalmente las de 1".
- Las cuplas eran una mezcla de T y SM desnudas y revestidas para el caso de las vb en similares condiciones. Se apreció un importante rozamiento y un incipiente ataque carbónico localizado. Dicho rozamiento desprendió el coating de las cuplas revestidas, pero en el caso de las SM a pesar de ello no fueron atacadas por la corrosión.



Foto 4

4.2- Instalación bajada en el pozo

En el siguiente esquema se detalla la instalación bajada en el pozo:



4.3- Condiciones operativas actuales del pozo

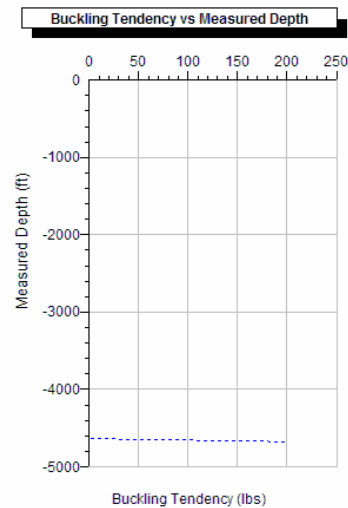
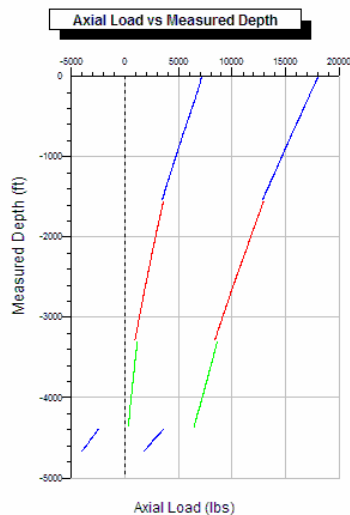
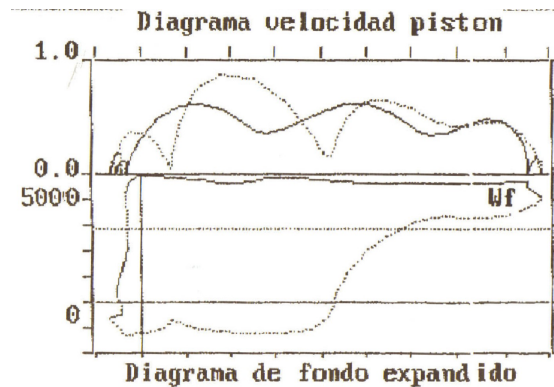
A fin de recuperar sumergencia el pozo esta trabajando en forma intermitente. Su funcionamiento es de 6 hs en marcha por 2 hs parado, comenzando su funcionamiento a las 0hs.

Su producción bruta actual es de 12 m³/d con un 53% de agua (5,64 m³/d de producción neta). A su vez, produce 4000 m³ de gas con el 20% de CO₂.

El pozo se encuentra bajo tratamiento químico con inhibidor de corrosión, donde se batcheaba 20 lts cada 20 días (al momento se realiza un batcheo cada 3 meses) y se recircula el pozo durante 4 horas cada vez. El primer batcheo se realizó en agosto del 2003 para analizar razón de altos valores de hierro en el fluido de producción.

La última carta dinamométrica realizada al pozo muestra:

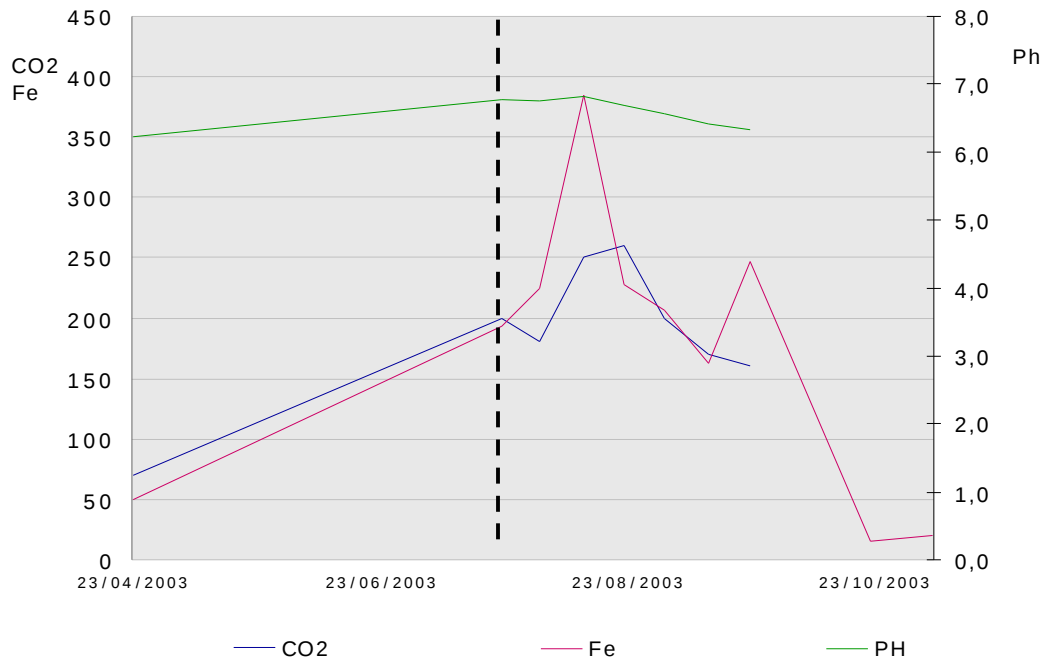
Velocidad	5.65	GPM
AIB	M-456-305-144	
Carrera	106.28	pulg
Sumergencia	92	m
Llenado de Bba.	44.82	%
Ancla	OK	
% de Goodman	1"	71
(FS 0,8)	7/8"	76
	3/4"	81
	1½"	10



No se observa pandeo ni cargas compresivas en el tramo inferior de la sarta.

A su vez, se verifica un considerable golpe de fluido y golpe de bomba. Ambos efectos pueden asociarse a la disminución en la sumergencia producida por el aumento del nivel de producción realizado para evitar la deposición de parafinas (se verificó una taponamiento del puente de producción en mayo del 2004).

Se observa una estabilización en los productos medidos en el fluido de producción:



Las altas concentraciones de hierro muestreados se adjudicaron (después de ciertas pruebas) a corrosión en el casing y para mantener la integridad del mismo se decidió mantener la aplicación de inhibición química.

4.4- Ahorros obtenidos

Para poder cuantificar los ahorros obtenidos, se utilizó la “teoría del espejo”, es decir comparar los gastos de pulling, tubing y varillas de bombeo generados en iguales períodos de tiempo , anteriores y posteriores a la bajada de los materiales especiales.

En el periodo anterior a la instalación del tubing Cr3 y las varillas MMKD, se produjo un total de 6 intervenciones en el plazo de 2 años (tiempo que lleva la instalación en funcionamiento); mientras que en el período posterior hasta el momento no han ocurrido intervenciones (para el análisis económico se considera la intervención de bajada de los materiales especiales como un gasto asociado al período posterior).

En el período previo se generó un gasto de U\$S 92.685, mientras que en período posterior el gasto fue U\$S 67.192, lo que implica hasta el momento un ahorro neto de U\$ 25.493.

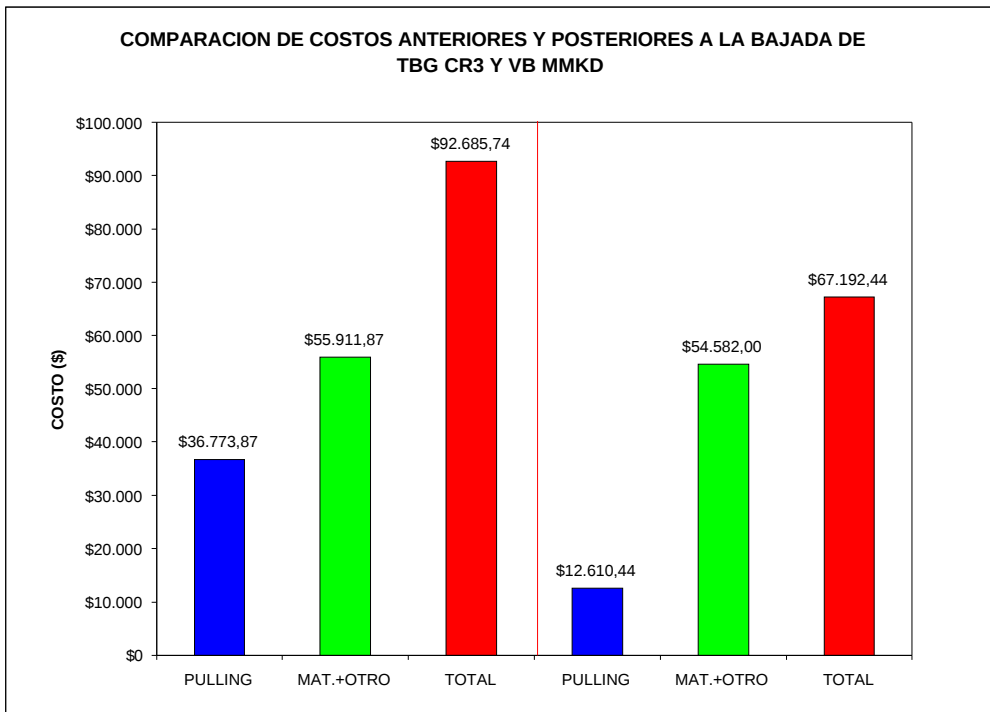
En el siguiente esquema se observa en detalle lo anteriormente descrito:

PE 01

INSTALACIÓN: TBG 3%CR - VB MMKD
FECHA DE BAJADA: 09-07-2003

27/06/2001 ← 742 Días 09/07/2003 → 742 Días Hoy 20/07/2005

OK							
N° INT	PULLING	MAT.+OTRO	TOTAL	N° INT	PULLING	MAT.+OTRO	TOTAL
6	\$36.773,87	\$55.911,87	\$92.685,74	1	\$12.610,44	\$54.582,00	\$67.192,44
05/08/2002	7582,31	10549,78	Cbio. Bba.	09/07/2003	12610,44	54582	Pesca vb
19/06/2002	10272,06	22352	Perd. Tbg.				
04/01/2002	7780	11069,25	Perd. Tbg.				
19/11/2001	1870	0	Cbio. Bba.				
12/11/2001	5977,5	4132,51	Perd. Tbg.				
15/08/2001	3292	7808,33	Optimiz.				



5.- Conclusiones

A través del ensayo de campo descripto en el presente trabajo, se arribaron a importantes conclusiones, las que mencionamos a continuación:

- Se logró diagnosticar la problemática del yacimiento (corrosión carbónica asociada a rozamiento), a través tanto de análisis de fallas realizados a muestras de tubing y varillas de bombeo, como de la caracterización de los fluidos de producción.
- Se generó un grupo de trabajo proactivo entre el personal de la operadora y Tenaris Siderca, aportando soluciones en forma sinérgica para mitigar los problemas de corrosión del yacimiento.
- Se pudo comprobar que las metalografías de los nuevos productos ensayados son aptas para las condiciones corrosivas del yacimiento.
- Se redujeron en forma importante la cantidad de intervenciones en el pozo en ensayo, así como los gastos asociados, generándose un ahorro neto de U\$S 25.493

Referencias

1. M.B.Kermani, J.C.González, C.Linne, M.Dougan and R.Cochrane, “Development of Low Carbon Cr-Mo Steels with Excepcional Corrosion Resistance for Oilfield Aplicattions” (NACE Corrosion 2001, paper N° 1065)
2. M.B.Kermani, J.C.González, G.L.Turconi, T.Pérez and C.Morales, “In-Field Corrosion Perfomance of 3% Cr Steels in Sweet and Sour Downhole Production and Water Injection” (NACE Corrosion 2004, paper N° 4111)
3. G.Ramírez, M.Poli, F.Salas, D.Olmos, A.Ameglio and R.Tapia, “The Use of AISI 4320 Sucker Rods at Corrosive Environments as a Field Experience (SPE 81119)
4. R.Tapia y S.Nicolino “El Estudio Integral de Materiales y de sus Aplicaciones logra Importante Ahorro en un Yacimiento” (Foro Nacional sobre Varillas de Bombeo y Tubulares , Mendoza – Argentina, Agosto 2004)