

DIEZ AÑOS CON VARILLAS DE BOMBEO DE ALTA RESISTENCIA

EXPERIENCIAS Y CONCLUSIONES

Jorge Pablo Prado Zalazar, Carlos De Aramburu
Petrolera Entre Lomas S.A.
Alejandro Ameglio
Siderca Varillas de Bombeo

Abstract

El Area Entre Lomas esta operando con el sistema de bombeo mecánico desde hace más de quince años. Originalmente se utilizaron varillas de bombeo grado D, pero debido a las condiciones de altas cargas que producían constantes fallas, se optó por el uso de varillas de **alta resistencia**.

En la actualidad las varillas de bombeo de **alta resistencia** son las que mejor se adaptan a las condiciones del Area. La curva de aprendizaje sobre su correcto manejo permitió duplicar la vida útil y disminuir las fallas, pasando el índice total de intervenciones de *pulling* por pescas de 0,7 a 0,25 y por cuerpos de 0,6 a 0,02 intervenciones / pozo-año

La base de este logro no fue sólo el uso de un material de mayor capacidad de carga, sino principalmente las tareas de ensayo, capacitación y cuidado de condiciones operativas a lo largo de más de diez años.

Este trabajo muestra los resultados alcanzados a partir de la elección y correcto manejo de este material, como también las conclusiones, recomendaciones y experiencias recogidas.

Introducción

El Area Entre Lomas, ubicada entre las provincias de Río Negro y Neuquén, comenzó su explotación petrolífera hacia fines de la década del 60.

En sus comienzos, los pozos productores arrancaban como surgentes para luego ser extraídos por sistema de *gas-lift*.

Con el advenimiento de la recuperación secundaria y el desarrollo de nuevos yacimientos con bajo RGL (relación gas líquido), fue necesario seleccionar un nuevo sistema de extracción artificial, el bombeo mecánico, el cual tomó una considerable importancia hacia fines de la década del 80.

En los comienzos se instalaron varillas de bombeo Grado D tipo 86 (sarta combinada de barras de 1" + 7/8" + 3/4").

Estas varillas en los pozos del Area con profundidades de 2000 a 2600 m, presentaban el problema de trabajar al límite e incluso sobrepasar la resistencia a la fatiga del material, lo que generaba principalmente pescas de cuerpos, por lo cual se analizó la utilización de varillas de bombeo de **alta resistencia**.

El cambio de material permitió disminuir drásticamente las pescas en cuerpos pero comenzaron a aparecer pescas en uniones, principalmente en *pines*, convirtiéndose en poco tiempo en la principal causa de fallas de las varillas.

Este trabajo muestra la manera en que se logró mejorar el desempeño de las varillas de bombeo de **alta resistencia** a lo largo de los últimos diez años por medio del correcto uso y manipuleo.

Desarrollo

Los distintos aspectos que se analizaron y corrigieron para lograr mejorar la performance del sistema de bombeo, abarcan distintas etapas del proceso que van desde la fabricación y selección de las varillas hasta su uso y manipuleo, pudiéndose resumir de la siguiente manera:

1. Varillas: Selección y Fabricación

Las varillas de bombeo de **alta resistencia (AR)** poseen una mayor capacidad de carga que las varillas Grado D debido principalmente a la modificación del diagrama de Goodman.

Las características principales de las varillas **AR** utilizadas hasta el momento son las siguientes:

Varilla AR-1: Fabricadas en acero aleado (Cr-Ni) con un tratamiento superficial de templado por inducción y enfriamiento por líquido, lo que produce una capa exterior de alta dureza y resistencia con un núcleo de material base sin temprar. Los extremos eran forjados y roscados por laminación en frío. Las cuplas utilizadas eran clase T y en algunos casos las "*Spray-metal*".

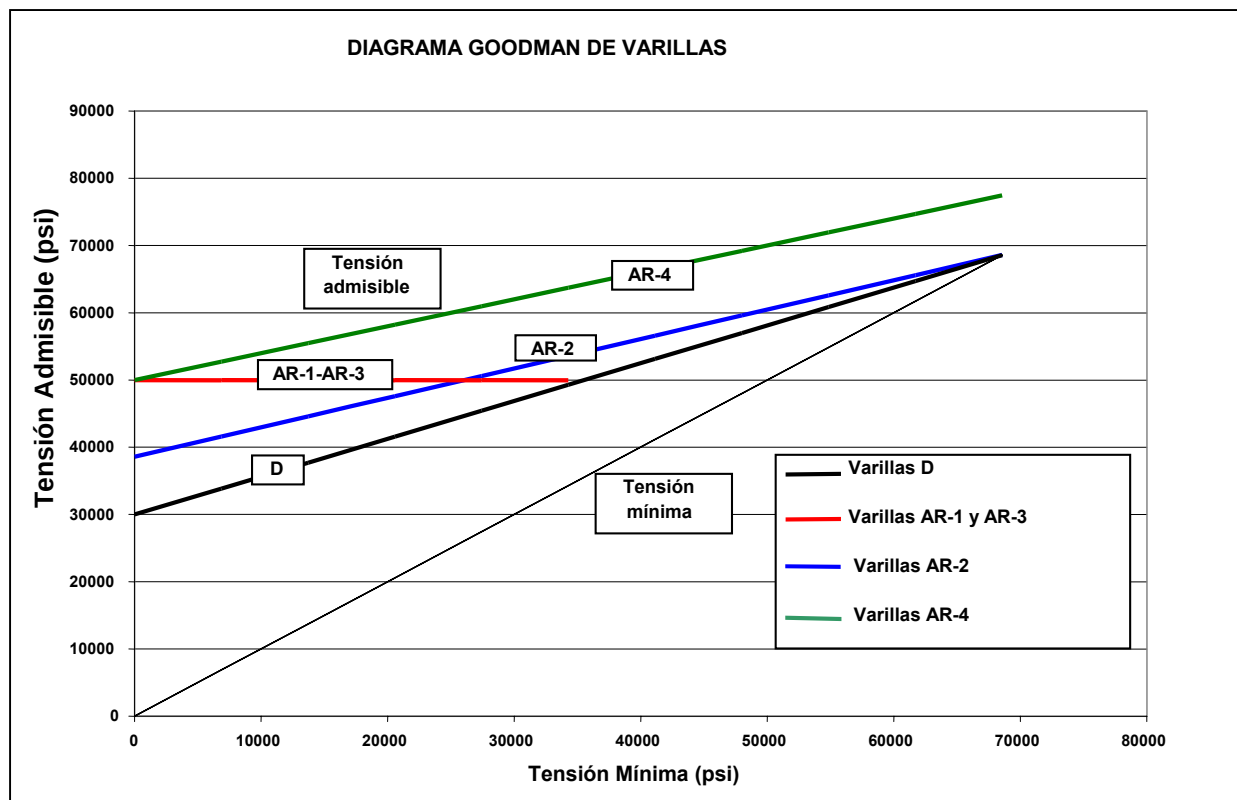
Varilla AR-2: Fabricadas en acero aleado (Cr-Ni-Mo-V) con un tratamiento de compactación superficial por granallado. La cupla utilizada también era la clase T.

Varilla AR-3: Derivadas de las varillas AR-1, se fabrican en acero micro aleado 1524 modificado, manteniendo el tratamiento superficial de templado por inducción y enfriamiento con agua. Las cuplas utilizadas continuaron siendo clase T.

Varillas AR-4: Fabricadas en acero micro aleado para luego ser normalizadas y revenidas. Las cuplas utilizadas eran las T. Presentaban una resistencia a la fatiga superior a todas las varillas utilizadas hasta el momento.

Recomendadas para altas cargas y en pozos efectivamente inhibidos contra la corrosión.

La figura siguiente muestra la modificación del diagrama de Goodman e incremento de la tensión admisible de las varillas de alta resistencia respecto a las varillas grado D.



Debido que a partir del año 1994 las varillas AR-2 se dejaron de fabricar y la experiencia con las varillas AR-4 no había sido buena por problemas de corrosión, solo quedó como varilla de **alta resistencia** la AR-3, por lo que su uso se extendió a todo el Area.

En el año 1996 se produce el cambio de la materia prima de las varillas AR-3, pasando de un acero AISI 3135 a un acero AISI 1524 modificado, micro aleado al vanadio y con una micro estructura más homogénea.

Durante la fabricación, en la etapa de normalizado, se incorporó una campana de enfriamiento controlada y controles de proceso *on-line*, mientras que en la etapa de templado se incorporaron controles de procesos automáticos.

En lo que respecta a la terminación de las uniones, se incorporaron tornos de control numérico de alta precisión para el laminado en frío de roscas de varillas y cuplas, logrando un excelente acabado superficial de los espejos del orden de las 70 μin , muy inferior a las 125 μin indicados por norma.

Este avance en el proceso de fabricación, junto con los controles aleatorios de torque que se realizan en planta para determinar la repetitividad del mismo, hizo que en el campo se eliminara lo que comúnmente se llamaba "doble torque" o sea ajustar la unión, luego aflojarla con llaves de fricción y volverla a apretar.

Desde hace tiempo se logra el torque de apriete recomendado para la unión en el primer intento.

2. Cuplas: Selección y Fabricación

Las cuplas "*Spray-metal*" dejaron de usarse debido a los problemas de desgaste que generaban en los *tubing* y a la dificultad de su reemplazo ya que solo se las puede extraer de las varillas con llaves especiales de fricción, por lo que se continuó con el uso de cuplas clase T.

Una mejora sustancial fue incrementar el espejo ó ancho de la cara de contacto de las cuplas, lo que logró un mejor apoyo durante el proceso de torqueado de la unión.

Como comentario se puede agregar que las varillas eran entregadas en fábrica con la cupla instalada, perdiéndose tiempo en aflojarla para proceder a su limpieza. Incluso alguna vez se llegaron a bajar al pozo en las condiciones de entrega. Para evitar este inconveniente se pidió al proveedor que las cuplas y las varillas sean entregadas separadas.

3. Procedimientos de Trabajo

La vida de las varillas de **alta resistencia** depende del manejo a que son sometidas. Si son mal manipuladas, su vida será irremediablemente corta. Un buen manejo asegura una vida útil superior a lo indicado por el fabricante.

Por este motivo, la generación de "Procedimientos de Trabajo" que indiquen la manera en que se debe realizar cada una de las tareas que involucra el manejo de varillas y trozos fue la base de este proceso.

Los principales puntos se pueden resumir del siguiente modo:

Manipuleo

- Evitar todo tipo de golpe y contacto metal-metal apoyando siempre las varillas sobre elementos blandos como maderas ó gomas.
- No mezclar los diámetros, condición ó marcas de varillas.
- Transportarlas en medios adecuados como carretones ó cureñas con tres puntos de apoyo.
- Mover los cajones de varillas con eslingas y desarmarlos con herramientas adecuadas. Si el movimiento es individual lo deben realizar por lo menos dos personas.

- Las herramientas del equipo tales como elevadores y llaves deben estar en óptimas condiciones.

Inspección visual

Al retirar las varillas del pozo observar lo siguiente:

- Estado de cuplas, espejos de varillas y cuerpos intentando determinar desgaste, corrosión y marcas varias.
- Deformación de pines con calibre "pasa-no pasa"
- Reemplazar el material que se detecta con inconvenientes.

Limpieza

- Sopletear con solvente liviano las roscas y espejos de los *pines* e interior de cuplas removiendo todo tipo de grasitud.
- Sopletear posteriormente con aire para secar la unión. De ser necesario utilizar trapos limpios para terminar la operación.
- Las cuplas nuevas sumergirlas en un recipiente con solvente liviano durante unos minutos y luego proceder a secar con aire.

Lubricación

- En el momento de bajar la varilla al pozo, colocar una gota de aceite en el primer filete del *pin* de modo de mejorar el desplazamiento de la rosca.
- Este aceite no debe tocar los espejos de la unión.

Torqueado

Fue el principal inconveniente a resolver debido a la gran cantidad de pescas de uniones que se producían. Para ello se realizaron ensayos de fatiga y torqueado con *strain gauges* en laboratorios especializados para confirmar si el desplazamiento circunferencial recomendado por el proveedor era el correcto.

Una vez que esto fue determinado, se hizo necesario modificar los circuitos hidráulicos de los equipos de *Pulling* y *Workover*, para alcanzar con la llave hidráulica la presión de ajuste para el mayor desplazamiento circunferencial que requieren las varillas de bombeo de **alta resistencia**.

El procedimiento a seguir para un correcto apriete de la unión es el siguiente:

- Seleccionar correctamente la plantilla de desplazamiento circunferencial a utilizar conociendo la marca y condición de las varillas
- Con las llaves "pico de pato" enroscar la unión hasta que hagan contacto suave los espejos. No pretorquear con estas llaves manuales.
- Marcar sobre los espejos una línea fina con marcador y con la llave hidráulica ajustada apretar la unión.
- Controlar con la plantilla el correcto desplazamiento circunferencial.
- En caso de presentarse dudas, librar la unión y volverla a realizar.

4. Capacitación

Tan importante como la realización de los "Procedimientos de Trabajo" es la permanente capacitación de todo el personal de *Pulling* y *Workover* como así también a las personas responsables del almacenamiento y transporte.

Por otra parte, es recomendable mantener el grupo de personas que forman los turnos evitando su periódico recambio.

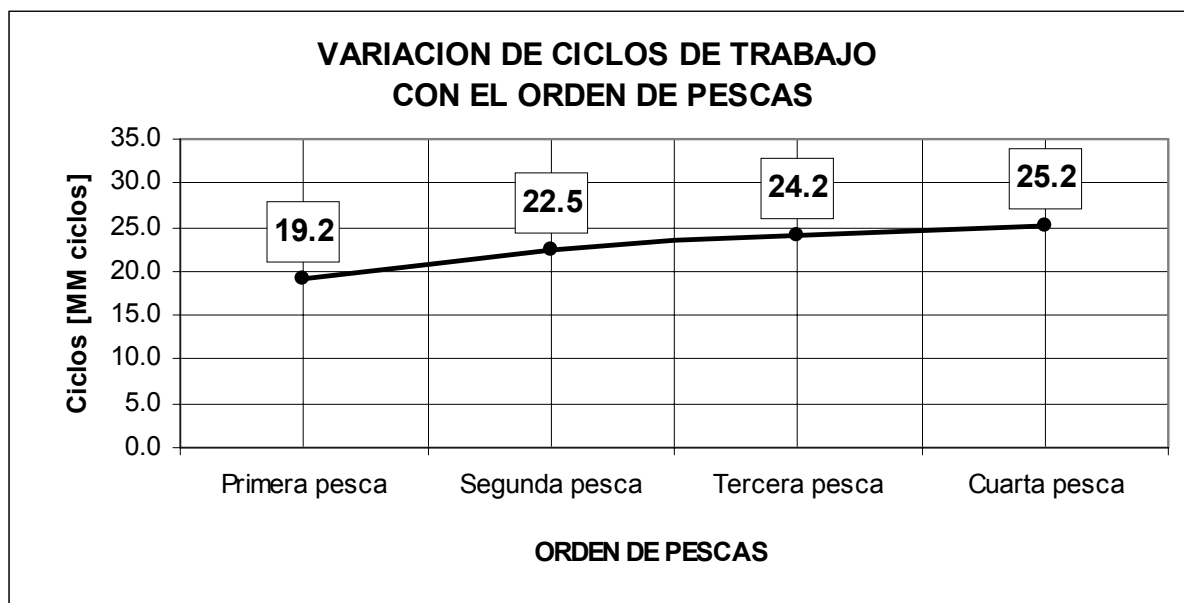
5. Reemplazo de material

Las varillas de bombeo se encuentran sometidas a tensiones de fatiga que provocarán su rotura con la acumulación de ciclos de carga, pero aquellas que han sido mal manipuladas lo harán en forma prematura.

Cuando las varillas de alta resistencia alcanzan un cierto número de ciclos de trabajo y comienzan a fallar, las pescas se incrementan de manera exponencial.

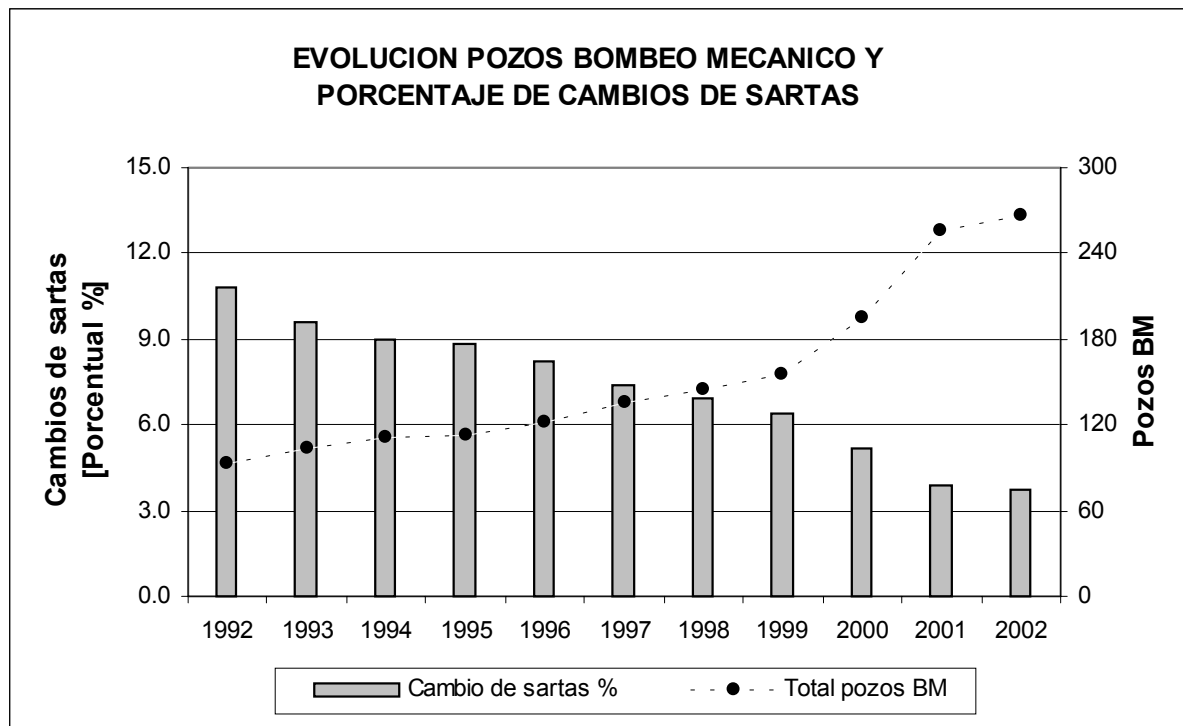
Es conveniente en este momento evaluar el reemplazo del material problema para no intervenir los pozos de manera frecuente.

El siguiente gráfico indica la cantidad promedio de ciclos hasta la ocurrencia de las pescas de varillas:



La forma de trabajo que se determinó técnico y económicamente más conveniente en virtud del comportamiento observado en las varillas, fue el reemplazo completo del tramo de una cierta medida cuando se alcanzaba la tercer pesca de *pin* y/o cuerpo.

Esto representa desde hace tiempo el cambio aproximado de diez sargas equivalentes de varillas ó treinta tramos por año, a pesar del incremento del parque de pozos con bombeo mecánico, lo que indica el mejor comportamiento del sistema extractivo, tal como puede verse en la siguiente figura.



Cabe aclarar que aproximadamente el 50 % de los pozos con bombeo mecánico son los que presentan mayores problemas de pescas reiteradas y en donde se produce el mayor número de recambios.

En el caso de pescas repetidas de cuplas se procede al recambio total de cuplas de la medida problema.

Las varillas reemplazadas son desechadas ya que la inspección de las mismas siempre arrojó un muy alto porcentaje de descarte y además la presencia de micro fisuras en las uniones no es de fácil detección mediante los métodos de inspección convencionales.

Solo se mantienen algunos tramos de varillas de 1" para ser usadas como varillas de peso.

Por otra parte, ante la aparición de la primer pesca, se buscó la manera de minimizar la probabilidad de una segunda falla mediante la inspección visual y el uso los calibres "pasa-no pasa" para determinar *pines* estirados de varillas y proceder a su reemplazo.

6. Condiciones operativas

Un tema muy importante es la condición operativa a que se encuentran sometidas las varillas.

Se debe evitar el fuerte golpe de fluido y el golpe de bomba, ya que al someterlas a compresión se reduce su vida útil. Para ello es necesario adecuar el régimen de trabajo de la unidad de bombeo en función de la producción del pozo. Hay que encontrar un equilibrio entre una buena condición operativa de toda la instalación de bombeo mecánico y una presión dinámica de fondo adecuada.

El golpe de fluido no siempre es la condición económica óptima de extracción.

7. Medios corrosivos

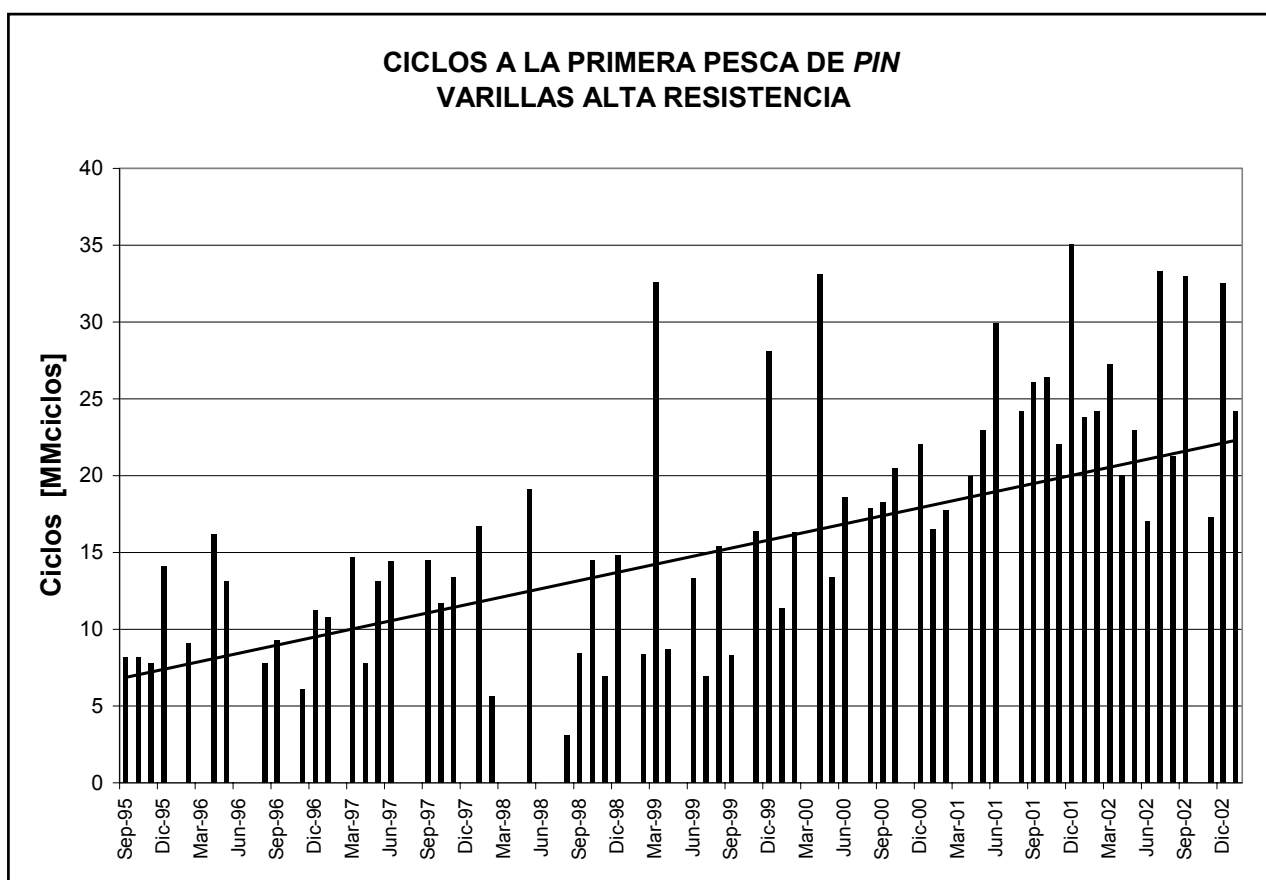
La mayor dureza superficial de las varillas de **alta resistencia** hace que sean más sensibles a las entallas y *pitting* de corrosión, por lo que es necesario inhibir aquellos pozos con presencia importante de SH₂ y CO₂.

El incremento del número de pozos inhibidos en los últimos años ha sido fundamental para mantener bajos los índices de pescas de cuerpos de varillas en pozos con condiciones corrosivas.

8. Análisis y resultados

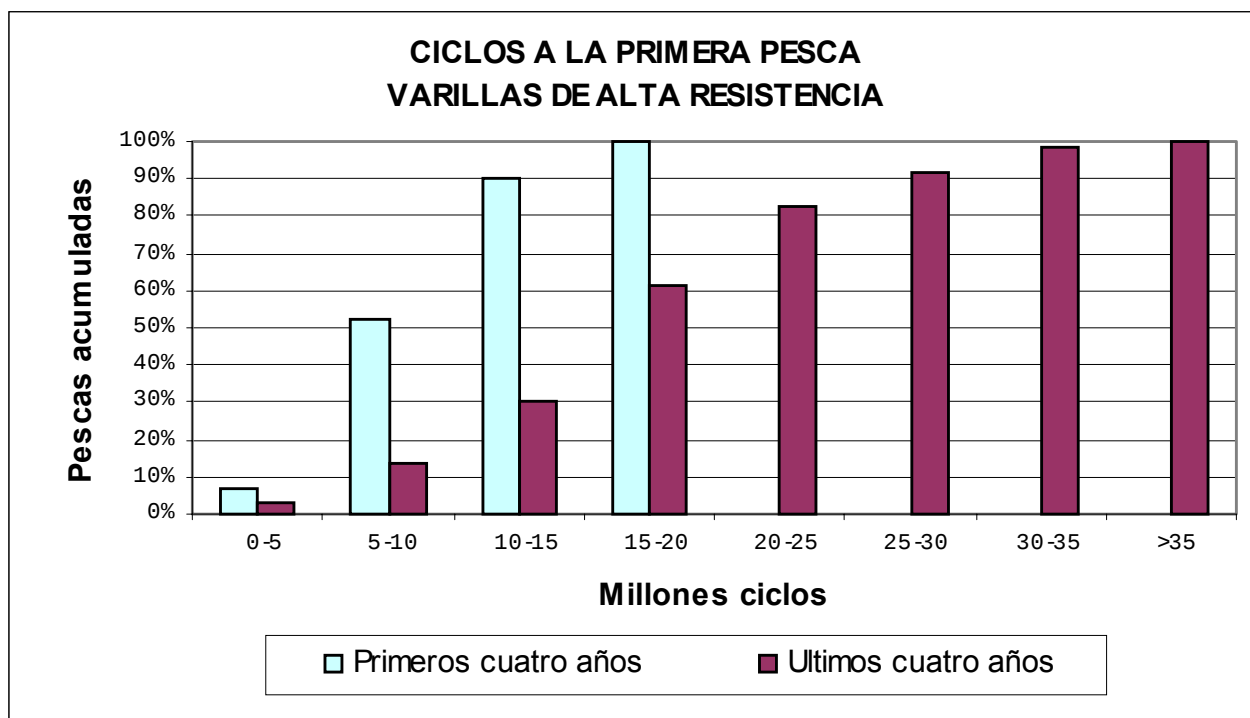
El cumplimiento estricto de la metodología de trabajo establecida, logró una importante mejora en el desempeño de las varillas de **alta resistencia** y por lo tanto del sistema de bombeo mecánico tal como lo indican los siguientes gráficos.

En esta figura se puede observar el incremento en los ciclos de operación hasta la aparición de la primera pesca de *pin*.

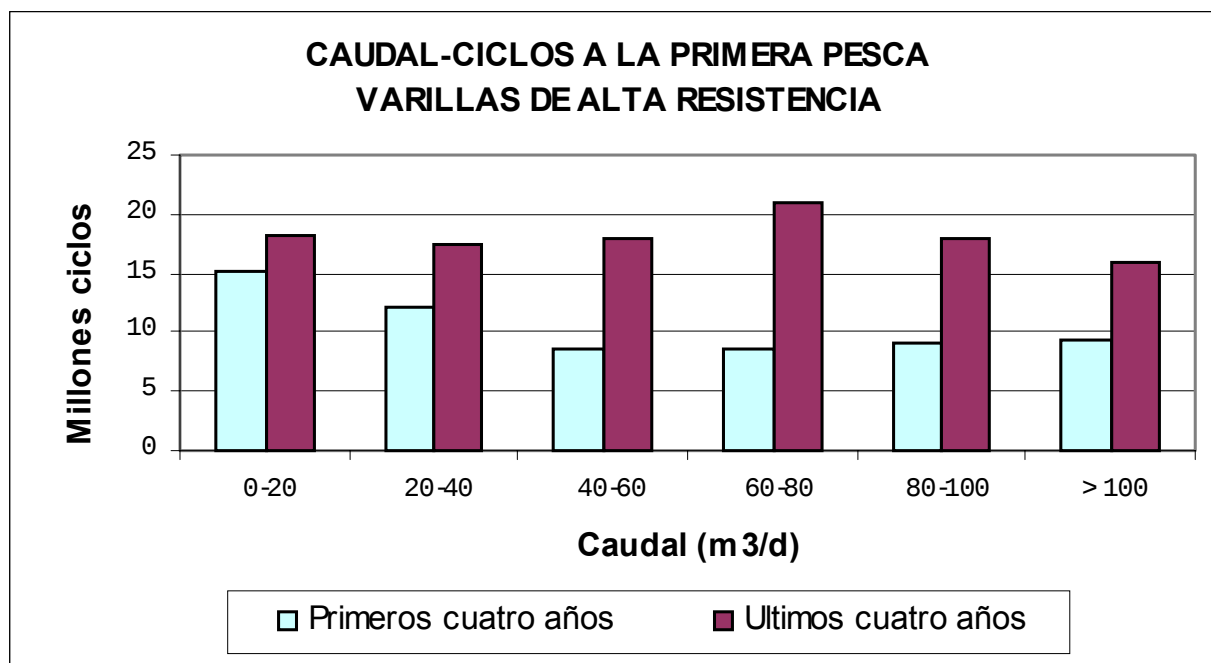


Por otra parte, en los primeros años de la década del 90, el 100 % de las primeras pescas de *pines* se producían con menos de 20 millones de ciclos, mientras que el 50 % de ellas se alcanzaban con 10 millones de ciclos de trabajo como máximo.

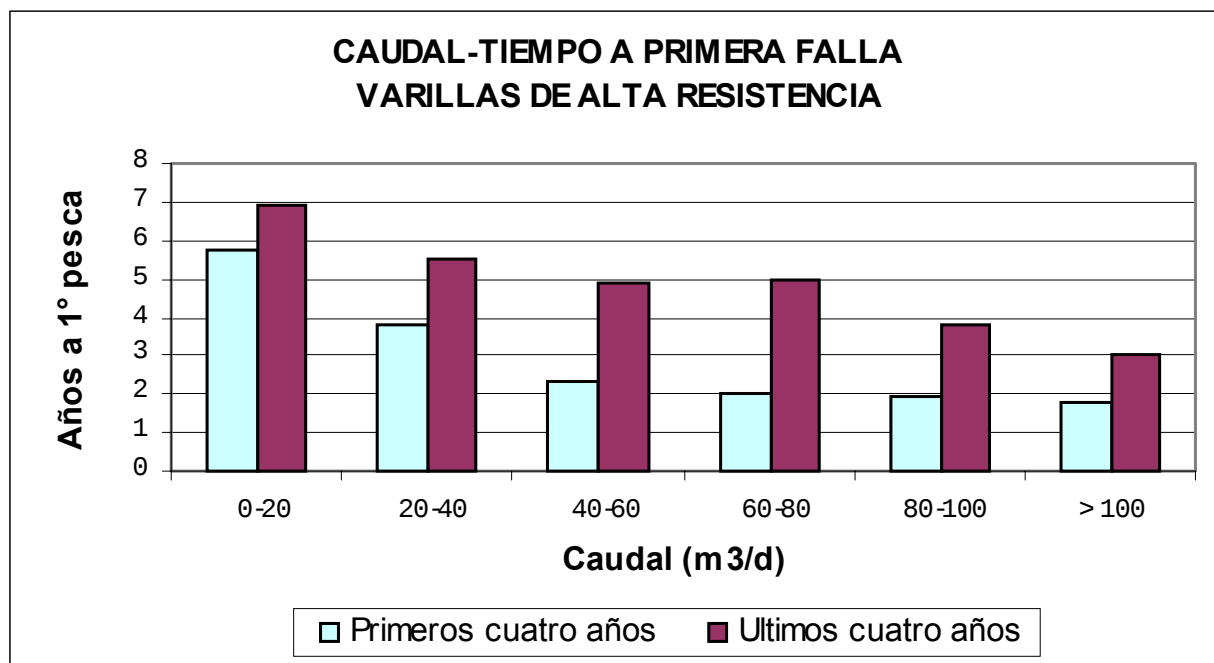
En los últimos cuatro años, las primeras pescas han alcanzado en algunos casos los 35 millones de ciclos y solo el 12 % de las pescas se producen con menos de 10 millones de ciclos:



Como era de esperar, en los pozos de mayor caudal y carga, las varillas presentaban menores duraciones, lo que era un problema grave considerando el avance de la recuperación secundaria. El mejor desempeño de las varillas de **alta resistencia** permitió incrementar de manera notable los ciclos de trabajo promedio hasta la primera pesca principalmente en este tipo de pozos

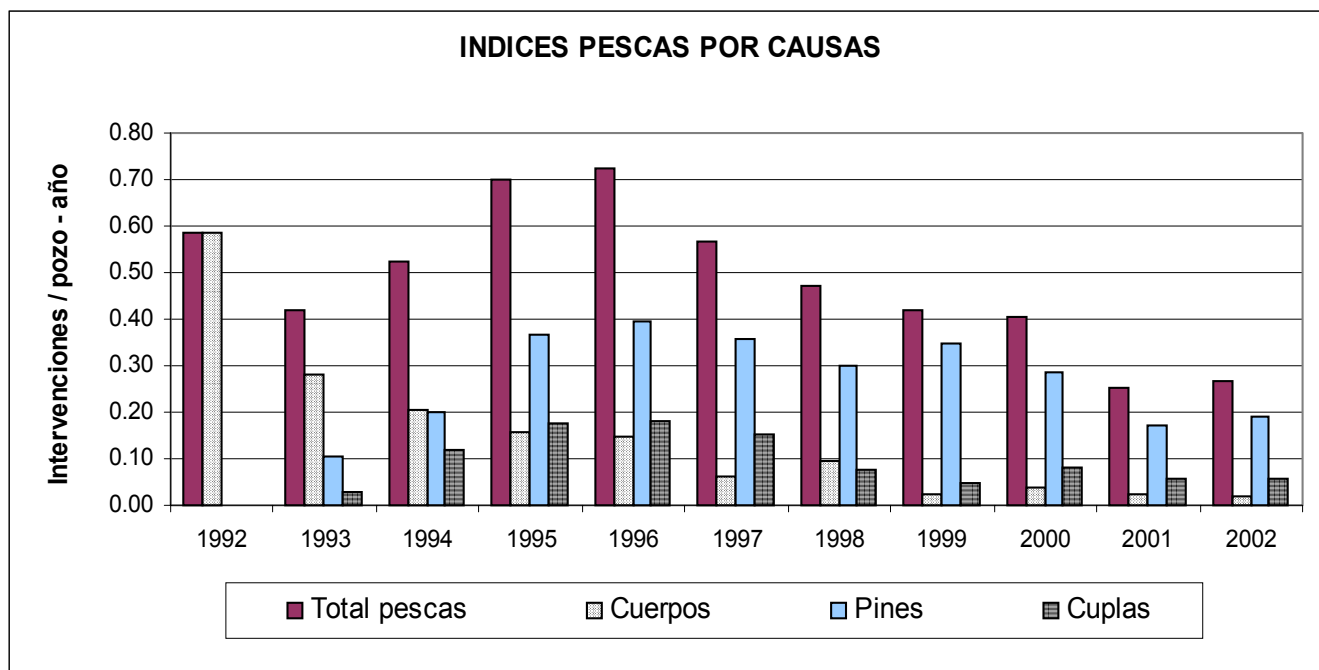


De la misma manera, se puede observar un incremento en el "run-time" sin pescas para las condiciones extractivas medias del Area.



9. Estadísticas

La mejor performance del bombeo mecánico debido al correcto uso de las varillas de **alta resistencia**, influyó profundamente sobre los índices de intervenciones de *pulling*, tal como puede verse en la siguiente figura:



10. Perspectivas

La permanente aplicación de la metodología de trabajo presentada va a permitir continuar con la mejora en el desempeño de las varillas de bombeo de **alta resistencia**.

De todos modos, se están buscando nuevos materiales que hagan todavía más confiable el sistema de bombeo mecánico, principalmente en lo que respecta a uniones.

Debido que las pescas de *pinos* de 7/8" y 3/4" y cuplas de 1" acumulan el mayor porcentaje de fallas, se están realizando las siguientes pruebas:

Cuplas de 1": Cuando se utilizan varillas de 1" en *tubing* de 2 7/8", la cupla a instalar debe ser la SH (*slim hole*). Al ser una cupla de menor espesor tiene menor capacidad de carga, razón por la cual termina fallando con mayor frecuencia.

Se propuso cambiar la cupla SH clase T por la SH de **alta resistencia**.

La prueba está en marcha pero hasta el momento los resultados son alentadores.

Pinos de 7/8": Es la varilla de bombeo con mayores problemas por su menor relación área/carga.

Por esta razón se hizo necesario buscar una varilla de mayor resistencia en la unión. Esta nueva varilla, de acero aleado, normalizada y revenida, posee la importante particularidad que la varilla de 7/8" se fabrica con el pin de 1". Además se utiliza con cuplas de **alta resistencia**.

Por el momento es prematuro adelantar resultados.

Pinos de 3/4" y 1": También se esta evaluando la nueva varilla con cuplas de **alta resistencia**.

De igual manera que en el caso anterior, es prematuro dar resultados.

Conclusiones

1. Los tipos y marcas de varillas de bombeo de **alta resistencia** existentes en el mercado no producen los mismos resultados.
2. Las varillas de **alta resistencia** AR-3 son las que mejor se adaptan a las actuales condiciones del Area Entre Lomas.
3. La curva de aprendizaje sobre el manejo de las mismas permitió duplicar la vida útil respecto de los comienzos de su utilización.
4. Su correcto uso produjo una fuerte disminución en las fallas de varillas, pasando el índice total de intervenciones de *pulling* por pescas de 0,7 a 0,25 y por cuerpos de 0,6 a 0,02 intervenciones / pozo-año.

Recomendaciones

Como consecuencia de la experiencia desarrollada en el Area Entre Lomas, se pueden dar las siguientes recomendaciones sobre el uso de varillas de **alta resistencia**:

1. Seleccionar las varillas de bombeo de **alta resistencia** en función de las características de los fluidos y las cargas a que estarán sometidas.
2. Utilizar las varillas de **alta resistencia** AR-3 principalmente en pozos con altas cargas y condiciones corrosivas moderadas.

3. Generar y aplicar procedimientos operativos sobre el correcto manejo de las varillas de bombeo.
4. Recibir las varillas y cuplas de manera separada con el objeto de eliminar la posibilidad de bajar al pozo uniones sin limpiar y mal ajustadas.
5. Usar calibres "pasa-no pasa" para detectar de manera rápida y sencilla varillas con *pines* estirados y proceder a su recambio.
6. Reemplazar los tramos de varillas en los que se producen pescas reiteradas, estableciendo el momento más beneficioso para ello.

Referencias

- Estadísticas de Pulling - Ingeniería de Producción - Area Entre Lomas - Petrolera Perez Companc S.A.
- Manual de Procedimientos de Pulling de Petrolera Perez Companc S.A.
- Folletos de fabricantes de varillas.

Autores

Jorge Pablo Prado Zalazar: Ingeniero de Petróleos recibido en la Universidad Nacional de Cuyo. Se desempeña como Ingeniero de Producción de Petrolera Perez Companc en el Área Entre Lomas desde junio de 1994.

Carlos De Aramburu: Ingeniero Industrial recibido en la Universidad Católica Argentina (UCA). Se desempeñó como Ingeniero de Producción en el período 1995 a 1997 y desde el año 1998 es Jefe de Producción en el Area Entre Lomas.

Alejandro Fabián Ameglio: Ingeniero de Petróleos recibido en la Universidad Nacional de Cuyo. Se desempeña desde 1997 como Asistente Técnico a clientes en la Empresa Siderca Varillas de Bombeo. Desde enero del 2003 está a cargo del departamento de Asistencia Técnica.