

NUEVA VARILLA DE BOMBEO Ø 7/8" CON PIN DE 1"

Alfonso Lozano Camacho
Bernabé José Zalazar
Jorge Alejandro Boeri
Diego Olmos
Pan American Energy LLC
Siderca

ABSTRACT

Las fallas en instalaciones de profundidad son la causa más importante de pérdida de producción de nuestra operación, representando el 25% del total de las mismas. El 18% del total de las intervenciones de pulling eran debidas a la falla del pin de varilla de bombeo de Ø 7/8" (22.2 mm). Concluimos que las causas raíces de nuestra principal falla eran principalmente una *especificación del material inadecuada a nuestros requerimientos y un material desproporcionado*.

Se trabajó en equipo con el proveedor, para rediseñar y fabricar una varilla distinta a las convencionales, permitiendo un fibrado interno que acompañe la geometría externa sin fibras cortadas, para incrementar la relación de diámetros cuerpo/pin, aumentando la resistencia a la fatiga (vida útil) de la zona donde se produce la falla en los pines.

Luego de instalar más de 60 sargas (4650 varillas), de las cuales las primeras llevan más de cuatro años en servicio, se produjo la primera falla.

Hoy, podemos afirmar que la instalación del nuevo diseño de varillas en los 160 pozos con mayor índice de fallas permitirá un ahorro de u\$s/año 1.468.800. El tiempo de repago es de 10,8 meses.

INTRODUCCION

El Yacimiento Cerro Dragón se encuentra ubicado en la Cuenca del Golfo San Jorge (Figura 1). Actualmente tiene un total de 1800 pozos productores de petróleo, de los cuales 1642 se encuentran en bombeo mecánico. La profundidad promedio de las bombas instaladas es de 1730 mts, y el caudal promedio de los pozos en bombeo mecánico es de 35 m³/día de fluido producido.

A partir del año 1988 se comienza con un proceso de aceleración de la inyección en el Yacimiento Cerro Dragón, lo cual implica un mayor volumen de extracción en los pozos productores, con el consecuente aumento de solicitaciones en los componentes del sistema de extracción. Esta aceleración en la inyección se ha acrecentado aun más en los últimos años (Figura 2).

Paralelamente y como consecuencia de lo mencionado, se comienza a evidenciar un aumento en la frecuencia de las fallas de las instalaciones de producción.

Se determina que la causa de falla que mayor tasa de crecimiento tenía era la pesca en uniones de varillas de bombeo, y más específicamente en pines de diámetro 7/8" (22.2 mm).

DESARROLLO

Identificación del problema

Debido al incremento en el IPA (índice de intervenciones pozo año) por fallas en pozos en bombeo mecánico (Figura 3) se comienza a aislar las distintas causas de falla. La primera y rápida

conclusión que se obtuvo fue que las fallas en varillas de bombeo eran las que estaban en mayor crecimiento.

Luego se analizó cada uno de los tres diámetros de varillas usadas en la operación, 1" (25.4 mm), 7/8" (22.2 mm) y 3/4" (19.05 mm), concluyendo que las varillas de 7/8" (22.2 mm) eran las que más habían aumentado el número de intervenciones (Figura 4).

Finalmente se hizo una apertura de las fallas de varillas de 7/8" (22.2 mm), concluyendo que el problema a resolver era la falla en pines de varillas de bombeo de 7/8" (22.2 mm) (Figura 5).

La rotura de pines en varillas de 7/8" (22.2 mm) es un problema que las estadísticas de fallas ponen de manifiesto no sólo en los yacimientos de profundidades medias a altas de nuestra operación, sino que es una constante en todos los yacimientos con similares características extraídos por Bombeo Mecánico en el mundo.

Las estadísticas muestran que ésta problemática se refleja en pozos con profundidades medias mayores a 1800 metros y caudales promedio superiores a 70 m³/día.

La estadística también indica que éste efecto se repite por igual en varillas grado D como alta resistencia.

Determinación de la Causa Raíz

Una vez identificado el problema, se comenzó a trabajar en encontrar la causa raíz mediante el uso de herramientas de calidad conocidas. Se formularon distintas teorías y se evaluaron las distintas etapas que llevan a lograr una unión pin-cupla exitosa, estas etapas son:

- diseño de la unión
- materia prima
- proceso de fabricación
- manipuleo de los materiales
- proceso de torqueado completo
- condiciones de operación

Luego de evaluar exhaustivamente las mencionadas etapas, se llegó a la conclusión que la única etapa que no era común a todas las otras uniones pin-cupla era el diseño dimensional de la unión.

En la Figura 6 se presenta las áreas estándares del cuerpo de las varillas API y las áreas estándares de la zona resistente en la zona del desahogo de rosca. En la tercer columna se muestra la relación entre ambas secciones para cada diámetro de varilla.

Se puede apreciar como la relación de áreas en la varilla de 7/8" (22.2 mm) indica que para éste diámetro la zona del pin es la más débil con relación a los otros diámetros (aproximadamente un 7% menor respecto al resto de los diámetros).

Éste efecto junto con otros, tales como el cinematismo de la sarta las varillas de 7/8" (22.2 mm) pueden asumirse como potenciadores de las condiciones críticas que generan una falla de pin.

Ejecución

Lo que se persiguió al fabricar una varilla 7/8" (22.2 mm) con pin de 1" (25.4 mm) es robustecer el área resistente en la zona del desahogo de rosca o DI (Figura 7) que es la zona donde se producen las fallas por fatiga en los pines (último filete enganchado).

Comenzamos a trabajar junto con nuestro proveedor en el proceso de fabricación de la varilla. La tarea consistía en forjar una cabeza de varilla de 1" (25.4 mm) a partir de una varilla de 7/8" (22.2 mm). Dadas las limitaciones de equipamiento y las condiciones de calidad que debe reunir la varilla en la zona forjada, la solución no fue sencilla.

En una varilla estándar, para asegurar que la zona forjada tenga una buena resistencia a la fatiga, debe lograrse que las fibras internas del acero, acompañen la geometría externa sin cortarse ni arremolinarse. Esto sólo puede lograrse realizando el proceso de formado del material en sucesivas etapas de forjado (en cada paso se deforma y acumula parcialmente el material hasta conseguir la forma final).

Para lograr un buen fibrado hay una relación límite entre el volumen a retopar en cada paso en función del diámetro original de la varilla.

En la Figura 8 puede verse claramente como las fibras del material “copian” los cambios de forma de la superficie externa.

Habitualmente esto se logra obteniendo la forma final a través de cinco pasos de forjado.

Si se tratara de obtener una varilla 7/8” (22.2 mm) con pin de 1” (25.4 mm) por el método convencional (un proceso de forja con cinco pasos intermedios), dado la gran cantidad de material que se debería retopar en cada uno de los pasos, el fibrado y la forma que se obtendrían no serían adecuados ya que habría fibras cortadas y/o arremolinadas. Tales efectos no aceptables se pueden observar en las Figuras 9 y 10.

Para resolver ésta problemática se procedió a realizar el formado de la cabeza en dos procesos sucesivos de forjado:

- 1er Proceso: Se parte de una varilla de 7/8” (22.2 mm) y a través de cinco pasos de forjado se llega a una varilla de 7/8” (22.2 mm) que tiene en su extremo un cilindro de 1” (25.4 mm), es decir que obtendríamos en el extremo “una varilla de 1” (25.4 mm).
- 2do Proceso: Se forma la cabeza de 1” (25.4 mm) utilizando la matricería convencional para varillas de 1” (25.4 mm) empleando 5 etapas de forjado.

En la Figura 11 pueden visualizarse un esquema de los pasos empleados en el conformado.

El sistema de forjado diseñado implica la utilización de dos equipos de forja distintos (uno para cada etapa) y la necesidad de utilización de materia prima especial (de longitud mayor a la habitual), de modo que el producto final tenga 25 pies (7.62 m). Si se utilizara la materia prima estándar, se obtendría una varilla de 24 pies (7.32 m) de longitud debido al acortamiento que sufre por la mayor cantidad de material que “consume” la formación de las cabezas de 1” (25.4 mm).

De éste modo se obtiene una estructura de forja libre de pliegues, con un óptimo fibrado y que asegura así una buena resistencia a la fatiga. Dicha estructura final puede observarse en la Figura 12.

Validación en campo

En Octubre de 1998 se comenzaron a instalar las primeras varillas de 7/8” (22.2 mm) con pin de 1” (25.4 mm).

El primer pozo en el cual se bajaron estas varillas fue el PCG-60. Este pozo presentaba una elevada tasa de intervenciones por fallas de pines de 7/8” (22.2 mm) debido a las altas exigencias, generadas por una bomba de profundidad de diámetro 2.75” (69.85 mm) en 1660 mts de profundidad, que produce 180 m3/d de fluido, llevando el factor de Goodman de las varillas a un 130%. Con el uso de esta nueva varilla se redujo el IPA (índice de intervenciones pozo año) por rotura de pines de 7/8” (22.2 mm) de 2.66 a 0.25.

El segundo pozo fue el PLP-805, el cual tenía un IPA por roturas de pines de 7/8” (22.2 mm) de 1. Desde el momento en que se bajó esta nueva sarta (4 años y medio) no tuvo ninguna falla, llevando el IPA a cero. El pozo está equipado con una bomba de diámetro 2.25” (57.15 mm) en 1950 mts de profundidad con una producción de 130 m3/d, y las varillas se encuentran sometidas a un 120% su capacidad máxima según el factor de Goodman.

A modo de prueba piloto, durante el año 1998, se completó la instalación de 1000 varillas en los 13 pozos con mas repeticiones de fallas de la operación, aquellos con mayores exigencias de carga.

Durante todo el año 1999 se sometieron las varillas a las condiciones más extremas sin registrarse falla alguna.

Entre los años 2000 y 2001 se amplió la experiencia a 28 pozos más, con idénticos resultados.

Hasta el momento hemos instalado más de 60 sartas en todo nuestro yacimiento, y recientemente se ha registrado la primera falla de una varilla de 7/8" (22.2 mm) con pin de 1" (25.4 mm). La rotura se produjo en el pin, y el pozo fue el primero en el cual se bajaron estas varillas (PCG-60). Esta falla se produce luego de cuatro años y medio de uso de las varillas.

CONCLUSIONES

- El nuevo producto, fruto del trabajo en equipo entre Pan American Energy y nuestro proveedor, ha superado largamente las expectativas más optimistas.
- Logramos bajar un 30% las fallas en pines de varillas de 7/8" (22.2 mm), tomando como base el total de los pozos en bombeo mecánico. Si solo nos concentramos en los pozos que hemos implementado esta solución, disminuimos el IPA en cinco veces.
- Hoy el uso de estas varillas lo hemos tomado como estandar para todo pozo de profundidad mayor a los 2000 mts y con altos caudales de extracción, con resultados muy superiores a los que nos brindan las varillas alta resistencia de los distintos proveedores que el mercado ofrece.

FIGURAS

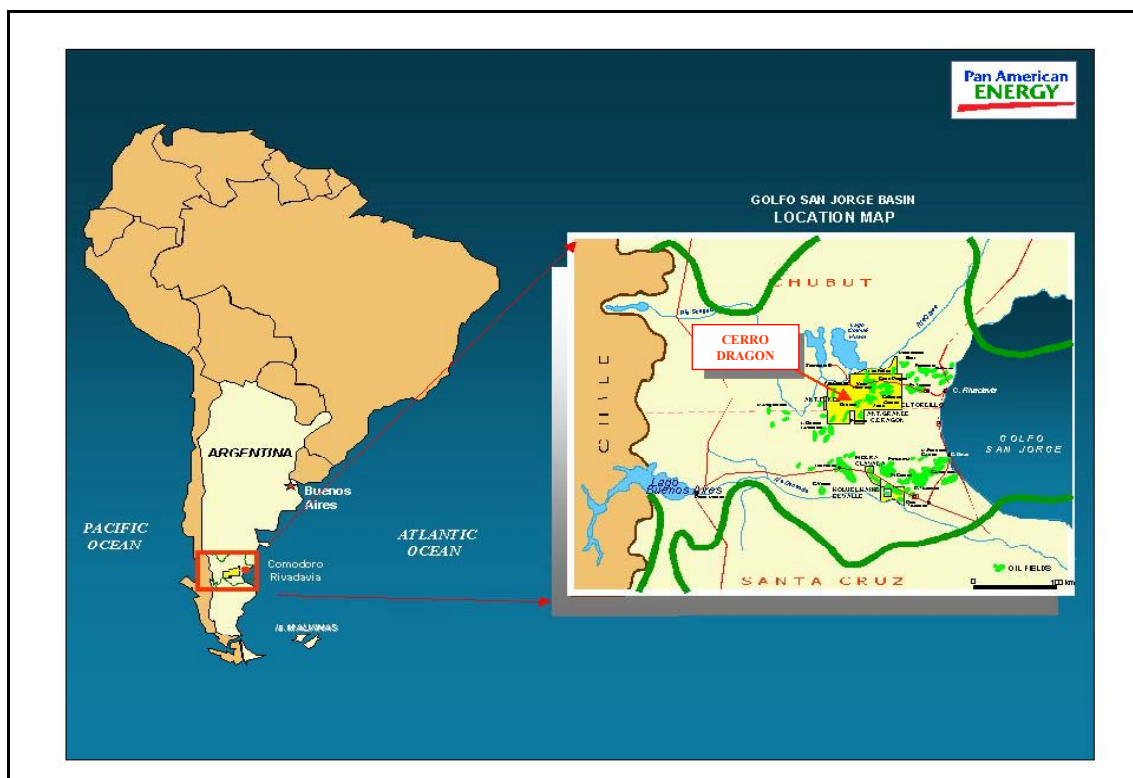


Figura 1

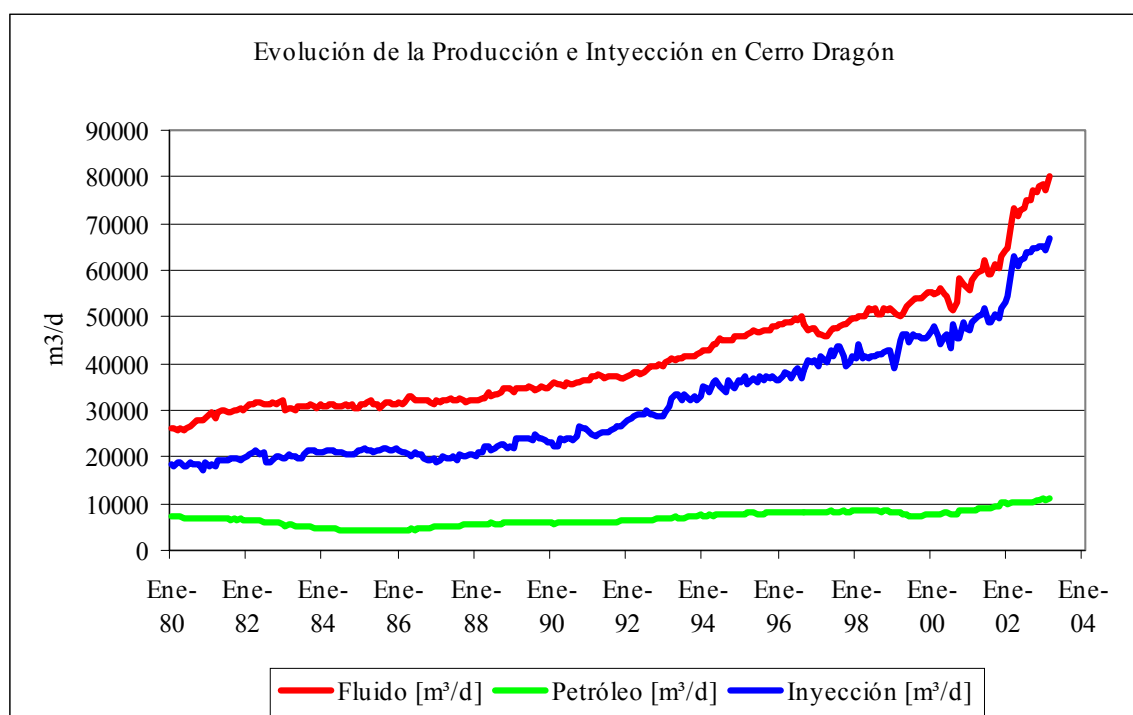


Figura 2

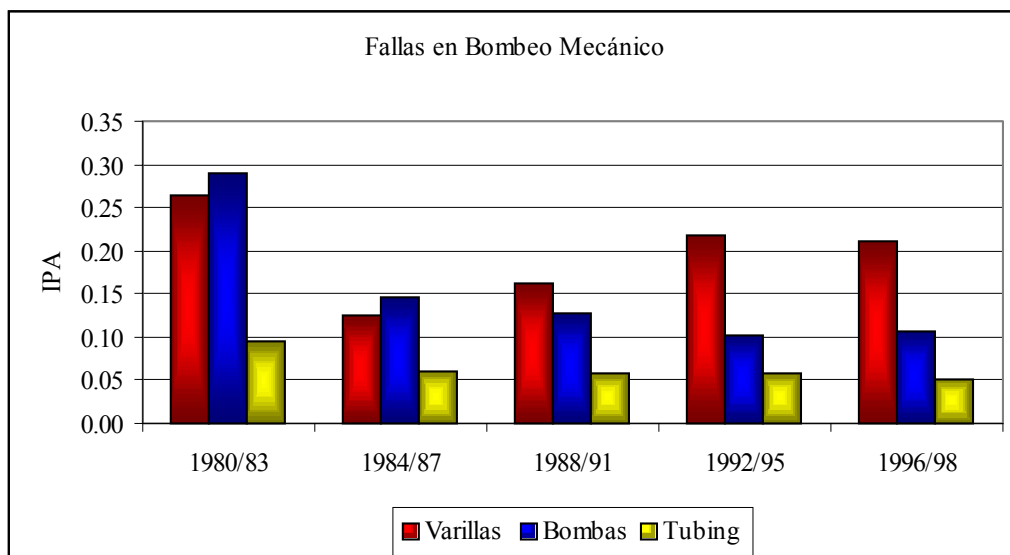


Figura 3

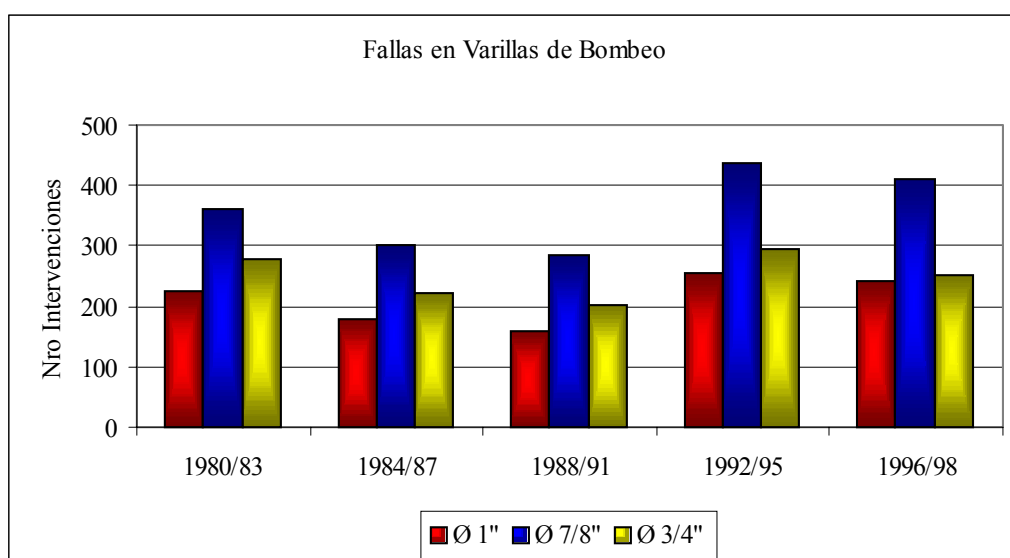


Figura 4

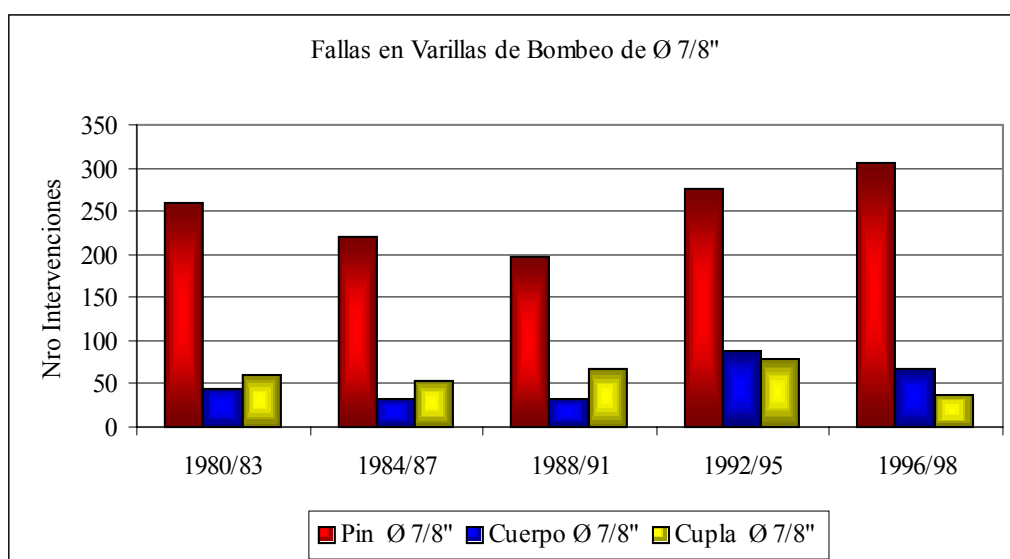


Figura 5

Ø Varilla de Bombeo [in]	Area Cuerpo AC [mm ²]	Area Pin AP [mm ²]	Relación de Areas Ap/Ac
3/4	284.88	423.98	1.5
7/8	387.75	547.94	1.4
1	506.45	762.68	1.5

Figura 6

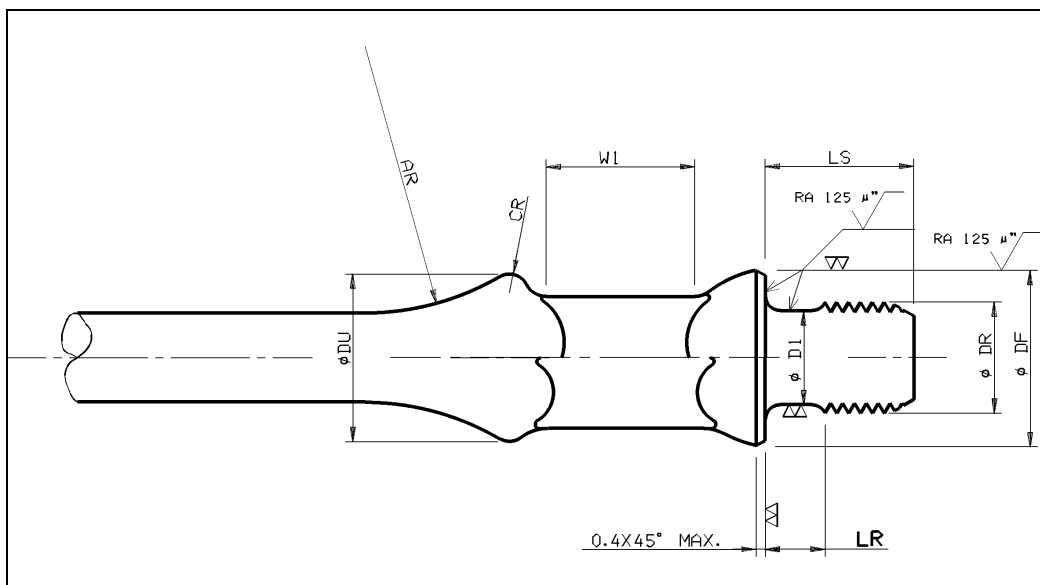


Figura 7

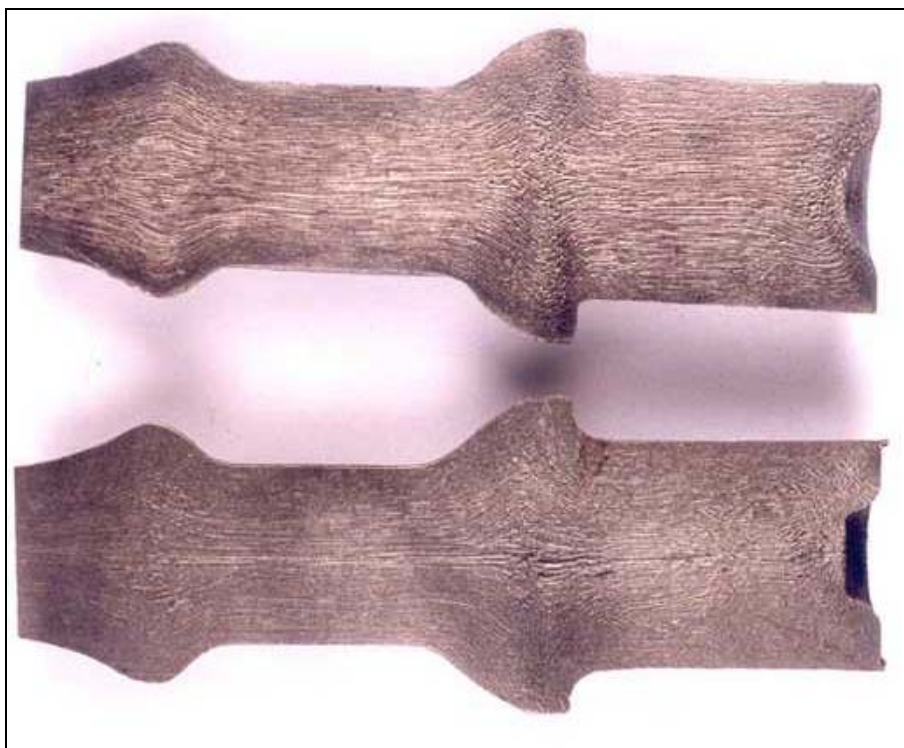


Figura 8

Corte transversal de una varilla estándar con ataque químico para mostrar fibrado



Figura 9

Forjado obtenido por el método convencional luego 3ra etapa de forjado



Figura 10

Forjado obtenido por el método convencional luego 4ta etapa de forjado

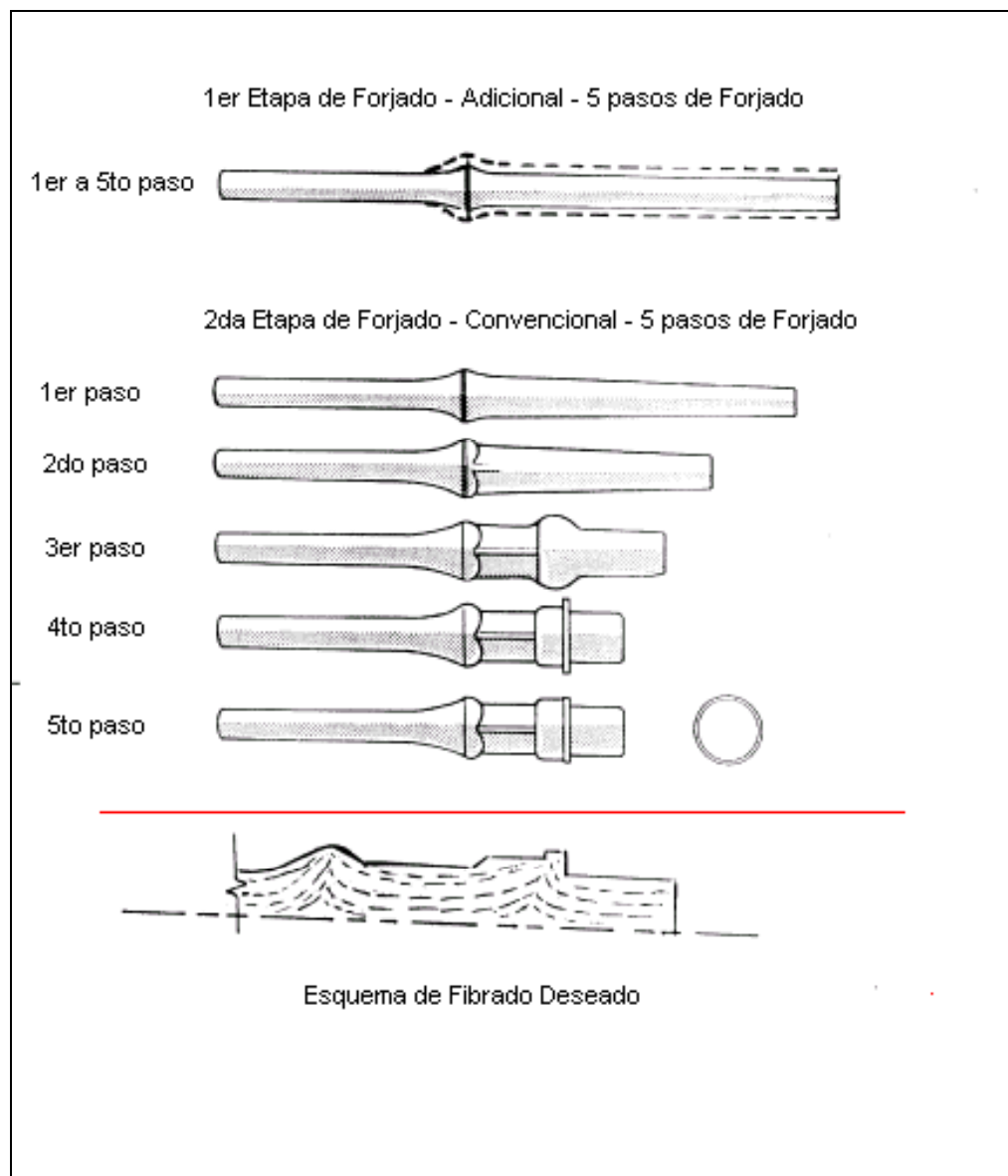


Figura 11



Figura 12

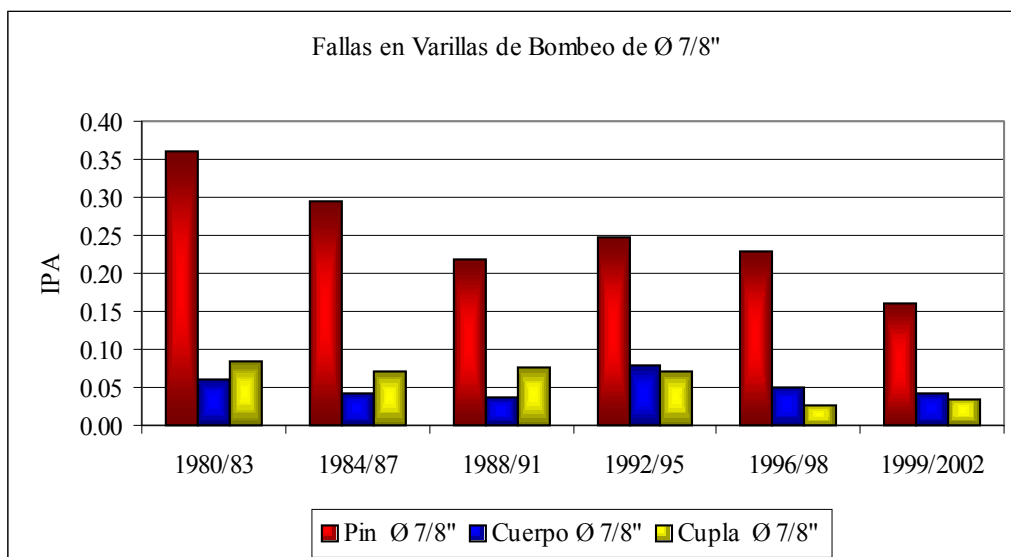


Figura 13