

APLICACIÓN DE PISTONES LUBRICADOS EN BOMBAS MECÁNICAS UTILIZADAS EN YACIMIENTOS DEL NORTE DE SANTA CRUZ

Fernando Bertomeu – Fabio Díaz
Repsol YPF S.A.
Néstor Rodrigues – Eduardo Dottore
Bolland & Cía. S.A.

Este trabajo fue preparado para ser presentado en el 3° Congreso de Producción, realizado en Mendoza, Argentina, del 19 al 22 de septiembre de 2006.

SINOPSIS

Toda bomba de accionamiento mecánico estándar debe tener una luz diametral o huelgo entre pistón y barril para generar un escurrimiento de líquido que garantice una correcta lubricación y refrigeración de los componentes que friccionan entre sí. Cuando el fluido bombeado arrastra arena, la acción de bombeo se complica precisamente debido a que el fluido que escurre entre pistón y barril también contiene arena. La cantidad y tipos de arenas arrastradas por el fluido determinarán la velocidad de desgaste de la bomba y/o la detención de la acción de bombeo debido al atascamiento por arena entre pistón y barril.

El diseño especial de anillos sellantes del pistón lubricado evita el escurrimiento del fluido entre pistón y barril tanto en la carrera ascendente como descendente. Los sellos realizan dos funciones vitales: mientras barren la superficie del barril evitando que cualquier partícula abrasiva entre en el anular pistón-barril, el lubricante especial contenido entre los sellos lubrica al barril en cada carrera. Esto es lo que permite que la bomba tenga un menor desgaste y evita el engranamiento por sólidos entre pistón y barril.

El objeto de este trabajo es el de presentar al productor petrolero las experiencias realizadas en áreas del norte de Santa Cruz con bombas de accionamiento mecánico armadas con pistones lubricados.

INTRODUCCION

Un pozo y la formación productiva se encuentran interconectados a través de los punzados o de un frente cilíndrico de roca porosa o arenas compactadas donde el reservorio está abierto. Mientras el pozo no esté en producción, la presión en el fondo es igual que la del reservorio. Cuando se instala una bomba en el fondo del pozo, la acción de bombeo generará un gradiente de presión. El pozo comienza a producir cuando la presión dinámica de fondo es menor que la presión estática del reservorio. De esta manera, el fluido dentro de la formación que está en la vecindad del pozo fluye en la dirección de la zona de baja presión y, luego de un período inicial, se tiende a establecer un flujo estabilizado. Este flujo de fluido depende del diferencial de presión, pero también es afectado por múltiples parámetros tales como aquellos propios al reservorio (permeabilidad y porosidad de la roca), propios del fluido (viscosidad, densidad, etc.) y efectos de la terminación del pozo (daños en la formación en los alrededores del pozo y/o en los punzados). Lo cierto es que en muchos casos, la producción de petróleo genera arrastre de sólidos.

La presencia de arena, ya sea de formación como de fractura, afecta seriamente a la bomba y al régimen de producción. El desgaste prematuro de la bomba, no solo ocasiona la pérdida económica de reemplazar las partes dañadas, sino también la pérdida de producción acontecida antes de retirar la bomba, debido al bajo rendimiento de una bomba desgastada. A esto se le suma el costo del pulling, más el tiempo improductivo de retirar la bomba del pozo y bajar una nueva o reparada, para repetir un ciclo altamente costoso.

Para solucionar el problema se desarrolló en los Estados Unidos un pistón con sellos en los extremos para evitar el ingreso de partículas sólidas al anular pistón-barril. Para evitar el recalentamiento y posterior destrucción de los sellos, se le incorporó un lubricante que queda contenido en el centro del pistón. Desde comienzos de 1998, este “pistón lubricado” ha demostrado en la Argentina que las bombas de accionamiento mecánico pueden bombear en pozos con aporte de arena, sin sufrir los típicos inconvenientes de desgaste prematuro y engranamiento, reduciendo de esa manera el costo operativo de extracción.

La *Figura 1* muestra al pistón lubricado. El pistón tiene una extensión aproximada de un pié, con extremos roscados de acuerdo al Std API 11AX. En ambos lados, y a continuación de los frentes de asiento de las roscas, se extienden superficies metalizadas de aproximadamente 3 pulgadas de largo, con una luz respecto de la medida nominal de 2 a 3 milésimas de pulgada. En cada zona metalizada hay dos ranuras donde se alojan los sellos. Estos sellos tienen dimensiones apropiadas como para que entren con interferencia dentro del barril, actuando a modo de sello hidráulico. El pistón funciona con un solo sello por lado, pero se incorporó un segundo sello en cada extremo por razones de seguridad. Durante el ensamble de la bomba, se coloca un aceite especial teflonado en la zona comprendida entre los sellos internos del pistón.



Figura 1

El diseño especial de anillos sellantes del pistón lubricado (ver croquis de la *Figura 2*), evita el escurrimiento del fluido entre pistón y barril tanto en la carrera ascendente como descendente. Los sellos realizan dos funciones: mientras barren la superficie del barril evitando que cualquier partícula abrasiva entre en el anular pistón-barril, el lubricante especial contenido entre los sellos lubrica al barril en cada carrera. Esto es lo que permite que la bomba tenga un menor desgaste y evita el engranamiento por sólidos entre pistón y barril.

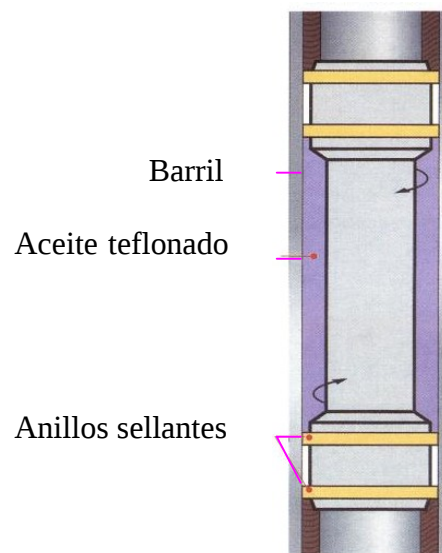


Figura 2

La propuesta de ensayo se centró en pozos problema. Se dirigió la atención a pozos que, debido a la presencia de sólidos, tenían una vida en servicio muy corta ya sea por desgaste prematuro o engranamiento entre pistón y barril. Como contrapartida se esperó que la bomba durara en funcionamiento por lo menos el doble de tiempo que lo que dura una bomba armada con cualquier otro tipo de pistón.

Los pozos en los que se aplicó la tecnología evaluada pertenecen a los yacimientos Pico Truncado, El Cordon y Cañadón León. Estos yacimientos se encuentran en el flanco sur de la Cuenca del Golfo San Jorge (ver *Figura 3*), y están en explotación desde la década del 50. Desde el año 1971 poseen proyectos de Recuperación Secundaria.

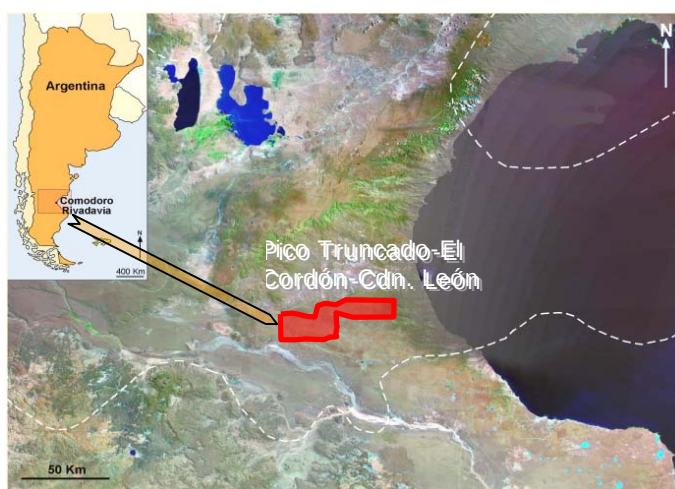


Figura 3

A la fecha del presente informe el 60 % de la producción actual proviene de la recuperación asistida. La producción promedio por pozo es de 34 m³/d bruto y 3.3 m³/d neto. La profundidad media de los sondeos es de 1400 metros y actualmente hay en producción 675 pozos con 230 inyectores.

El sistema de extracción predominante de la zona es el Bombeo Mecánico, el que es utilizado en un 84 % de los pozos, seguido por Bombas de Cavidad Progresiva, con un 12 % y finalmente Bombeo Electrosumergible con 4 %(ver *Figura 4*).

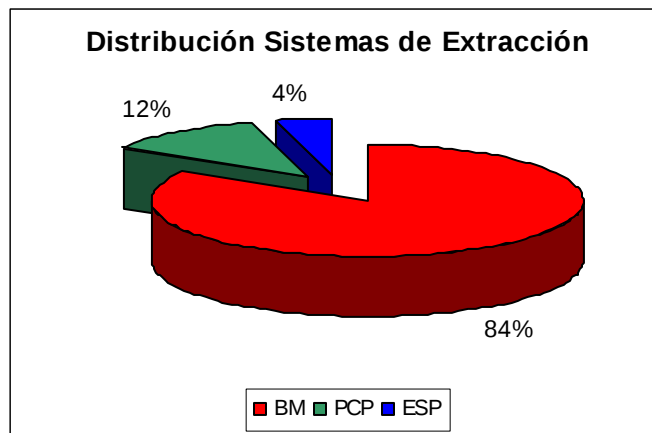


Figura 4

El parque de pistones lubricados que se encuentran trabajando en los yacimientos mencionados en la actualidad es de 56 pozos.

DESARROLLO

La utilización de pistones lubricados ha sido exitosa en la mayoría de las aplicaciones. En la *Figura 5* se verifica que en todos los casos las bombas insertables armadas con pistones lubricados han tenido duraciones promedio superiores a las armadas con cualquier otro tipo de pistón. Por ejemplo, las bombas de 2" armadas con pistones lubricados han durado mas de 2,6 veces que las armadas con otro pistón (ver *Figura 6*), las de 1 ¾" han durado casi 3 veces más y las de 1 ½" más de 4 veces.

En el caso de las bombas de tubing las estadísticas confirman que el tiempo promedio acumulado con los pistones lubricados es menor que con otros pistones (ver *Figuras 5 y 6*). Se revisaron los datos de las causas de intervenciones de los pozos y de los reportes de reparación de las bombas para analizar las causas de dichas duraciones. Se confirmó que en la mayoría de los casos las bajas duraciones fueron causadas por pesca de varillas, rotura de dispositivo on&off y pérdida en tubing (ver *Figura 7*). También se verificó que los pistones lubricados, a diferencia de los otros, salieron dimensionalmente bien, sin daños y pudieron volver a utilizarse.

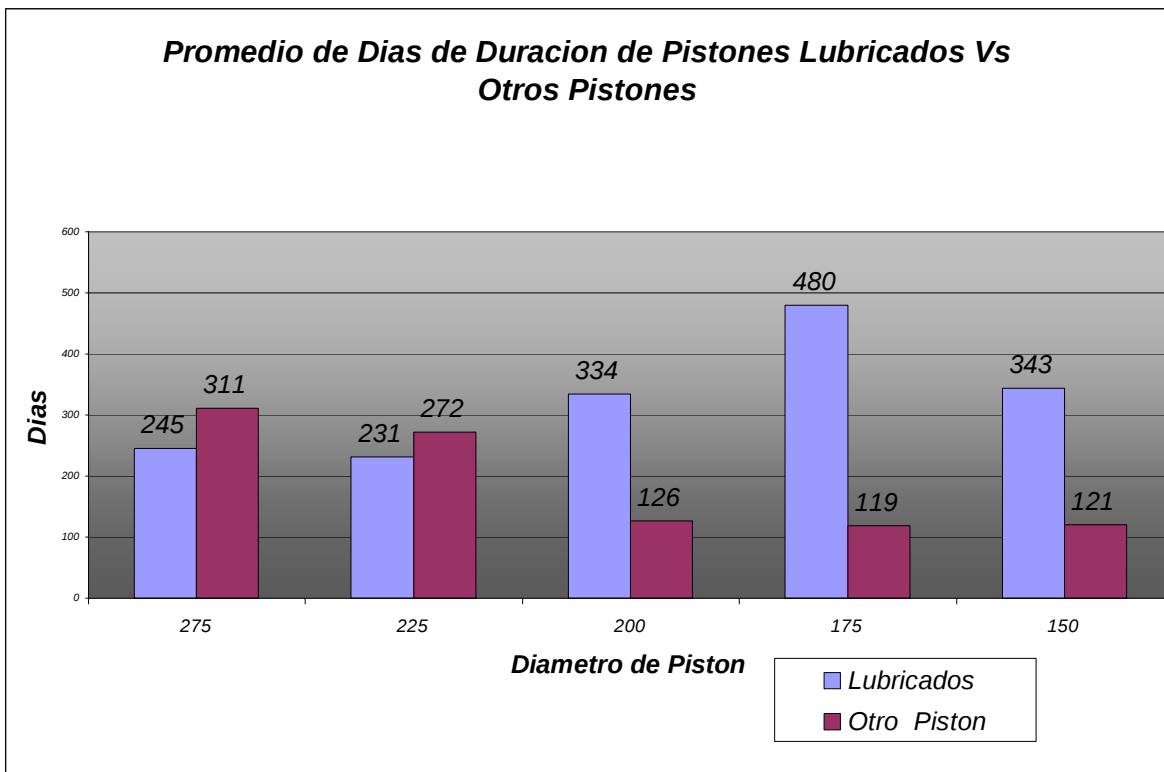


Figura 5

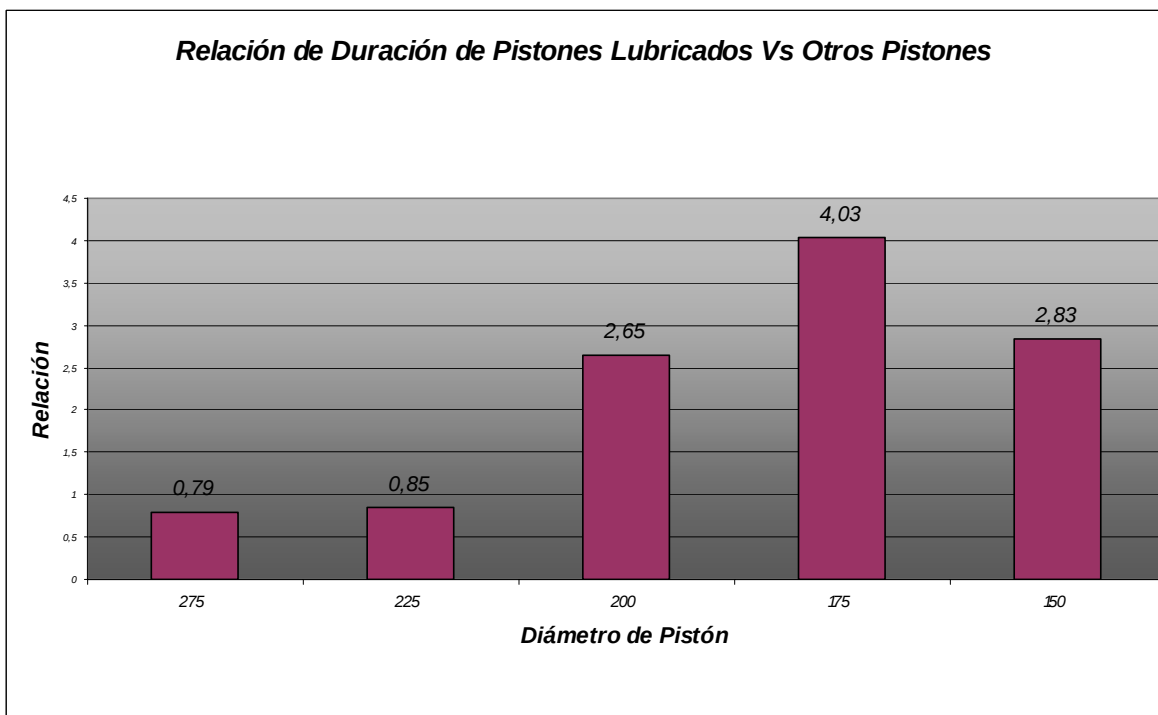


Figura 6

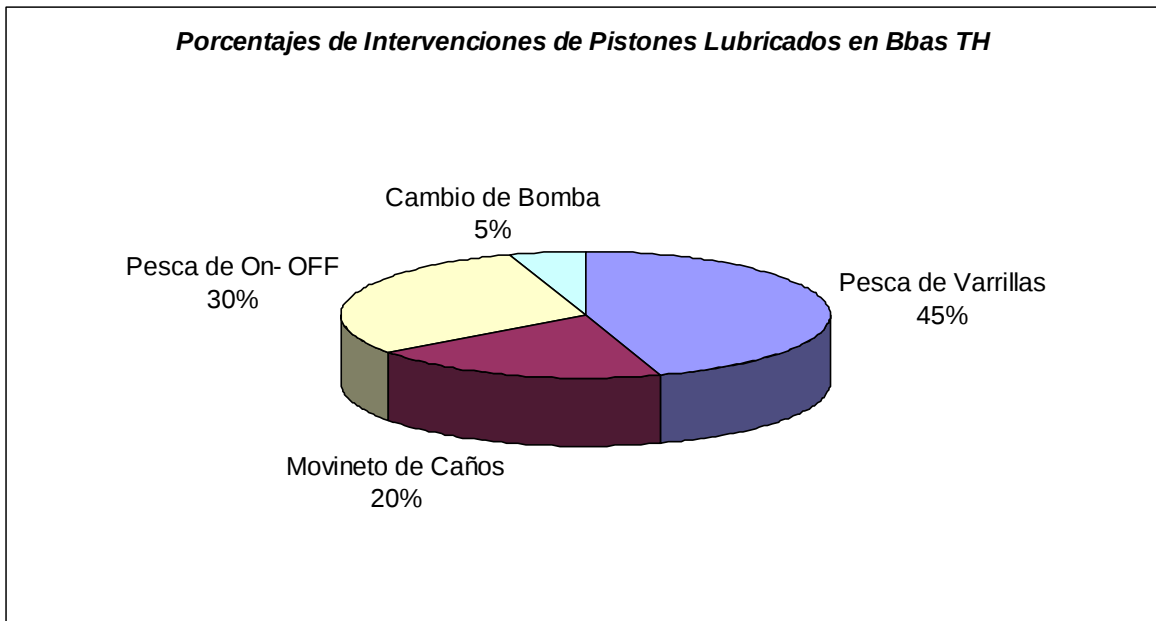


Figura 7

También se verificó que los pistones lubricados han mejorado el tiempo promedio de duración trabajando en distintos medios. En la *Figura 8* se muestra que el tiempo de duración promedio de los pistones lubricados es mejor que el de otro tipo de pistones, en pozos con aporte arena, con deposición de carbonatos, en ambientes corrosivos y con fluidos viscosos.

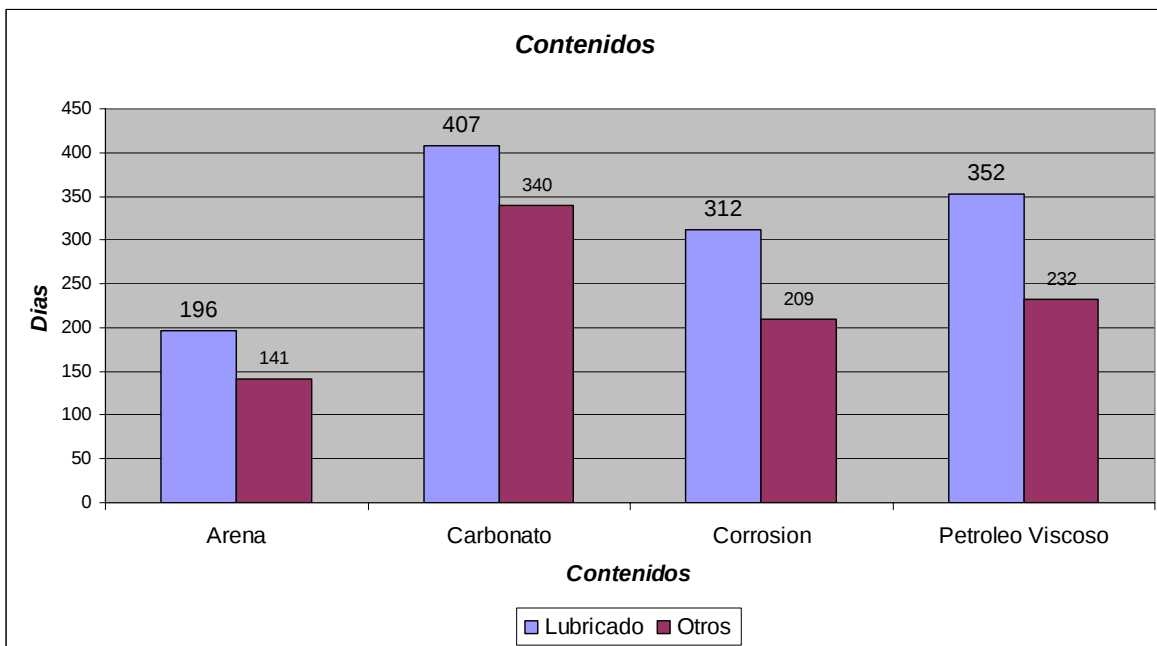


Figura 8

Es oportuno aclarar que los pistones lubricados tienen limitaciones de uso en cuanto a las velocidades de bombeo. Existe una especificación al respecto que establece una relación biunívoca entre carrera en superficie y golpes por minuto (GPM). La recomendación es que siempre se trabaje por debajo de una curva en la que se grafica GPM en función de la carrera en superficie. Ello se debe a que los sellos del pistón lubricado no deberían exceder una determinada velocidad lineal promedio para evitar que se quemen por excesiva fricción. Por ello, cuanto mayor sea la carrera utilizada, menor será la velocidad de bombeo recomendable. La *Figura 9* muestra a dicha curva y una distribución de puntos que corresponden a los datos de cada uno de los pozos producidos con bombas armadas con pistón lubricado. Cada punto está ubicado en la intersección de la carrera y los GPM correspondientes al último dinamómetro. Como se puede ver en dicha figura, existen pozos que están trabajando a un régimen de bombeo que no respeta la especificación de velocidad. Se verifica que el 31 % de los casos no cumplen con la recomendación de no exceder una cantidad de GPM (ver *Figura 10*).

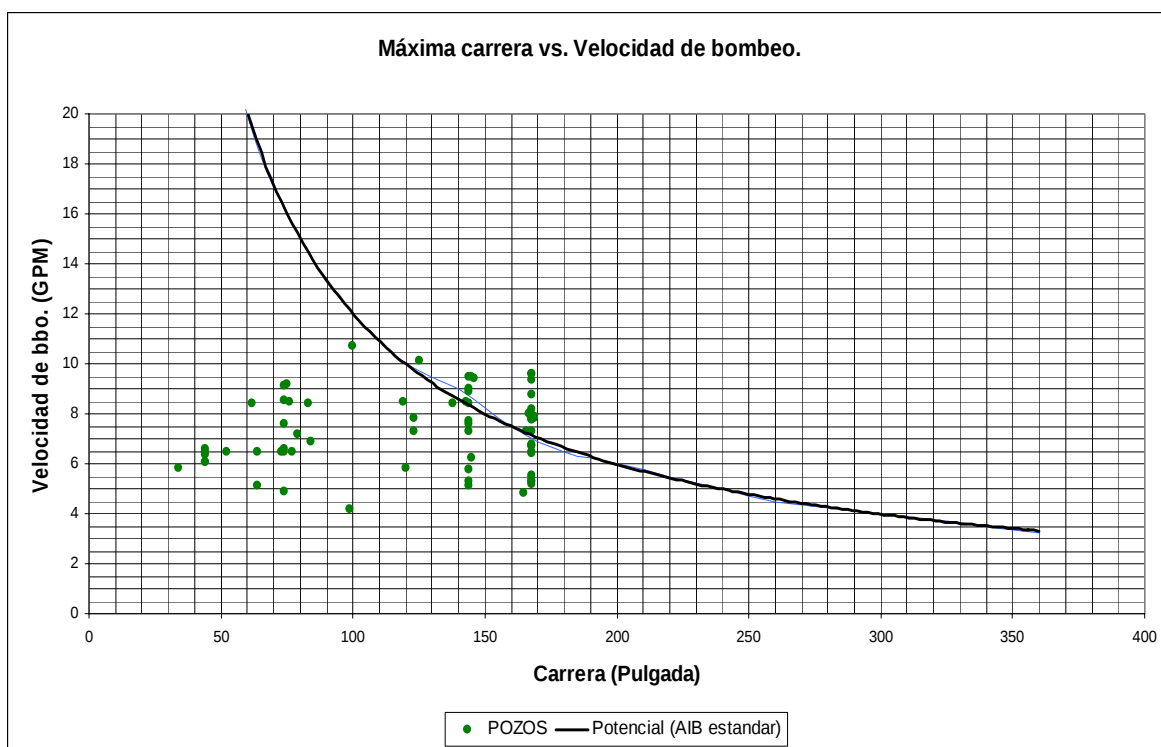


Figura 9

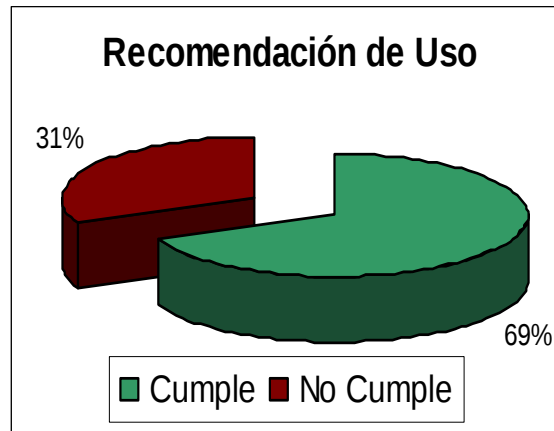


Figura 10

En la *Figura 11* puede observarse la distribución del cumplimiento de las recomendaciones de régimen para cada diámetro de bomba. Para el caso de bombas insertables de 1 ½" y 1 ¾" el porcentaje de cumplimiento de régimen recomendado es notablemente mayor y para el caso de bombas de tubing este porcentaje cae al 50 %.

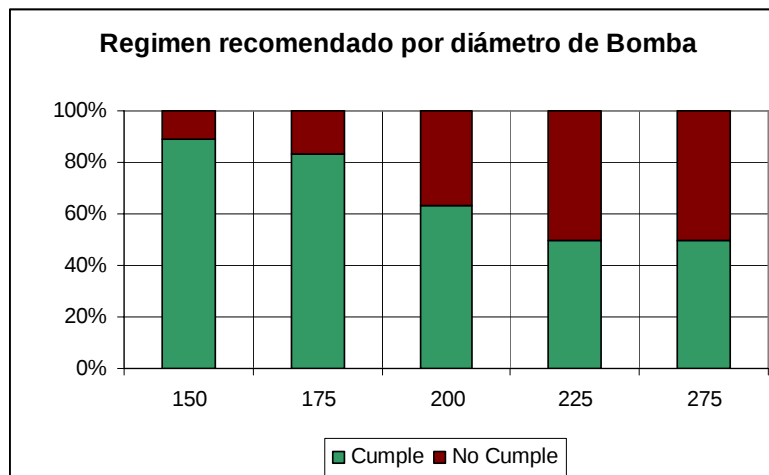


Figura 11

El cumplimiento de las recomendaciones de régimen en las bombas insertables puede ser una de las causas por las cuales estas bombas tienen mayores duraciones. Considérese, por ejemplo, el caso del pozo KK-485. En este pozo la bomba está anclada a 1356 metros y el AIB utilizado es un SIAM C 228D-173-74 (ver *Figura 12*). El régimen de bombeo es de 4,9 GPM con una carrera en superficie de 54 pulgadas.

Dinamómetro

Pozo: YPF.SC.KK-485

08/06/2006

Datos Generales	
Aparato Individual de Bombeo	
Marca y desc. API	SIAM-C-228 D -173-74
Carrera del Vástago (Pulg.)	54
GPM (U.)	4,9
Motor	
Diám. Pistón (Pulg.)	1,5
Prof. De BBA (mbbp)	1356
Producción Bruta (m3/día)	6
Corte de Agua (%)	50
Rel.Gas/PO	20

Figura 12

Si se analiza la tabla mostrada en la *Figura 13* se verá que las bombas armadas con pistones lubricados han durado hasta 676 días mientras que las bombas armadas con otro tipo de pistón no han tenido una duración mayor que 221 días.

Pozo	Fecha Bajada	Fecha Sacada	Días	Nº Bomba	Tipo	Pistón
KK 485	28/12/1999	21/02/2001	421	89-931	25-200RWBC22-1-0	Lubricado
	21/02/2001	15/06/2002	479	89-635	25-200RWBC22-1-0	Lubricado
	15/06/2002	21/04/2004	676	86-1023	25-175 RHAC 20-1-1	Lubricado
	21/04/2004	28/11/2004	221	68-1326	25-150 RHAC 12-4-2	Metalizado
	19/12/2004	30/12/2004	11	68-1329	25-150 RHAC 12-3-2	Metalizado
	30/12/2004	20/03/2005	80	52-78	25-125 RHAC 12-4-2	Metalizado
	20/03/2005	23/07/2005	125	68-1268	25-150 RHAC 12-3-4	Metalizado
	24/07/2005	16/02/2006	207	68-1268	25-150 RHAC 12-3-4	Metalizado
	16/02/2006		137	68-1341	25-150 RHAC 12-2-1	Ranurado

Figura 13

Nótese que todas las bombas utilizadas en el pozo KK-485 han sido de varios diámetros, pero todas bombas insertables.

Considérese el pozo PT-1020. En este caso la bomba está anclada a 1155 metros y el AIB utilizado es un DARCO C 320D-256-144 (ver *Figura 14*). El régimen de bombeo es de 7,8 GPM con una carrera en superficie de 123 pulgadas en el momento de efectuar este último dinamómetro. Anteriormente el pozo ha tenido otros regímenes de bombeo, pero nunca se excedió la recomendación.



DBU - Ficha de Pozo

Dinamómetro

Pozo: YPF.SC.PT.a-1020

27/06/2006

Datos Generales	
Aparato Individual de Bombeo	
Marca y desc. API	DARCO-C-320 D -256-144
Carrera del Vástago (Pulg.)	123
GPM (U.)	7,8
Motor	
Diám. Pistón (Pulg.)	2,25
Prof. De BBA (mbbp)	1155
Producción Bruta (m3/día)	66
Corte de Agua (%)	88
Rel.Gas/PO	20

Figura 14

En la *Figura 15* se observa que los pistones lubricados no han durado más tiempo que otro tipo de pistones a pesar de haber cumplido con la recomendación de no exceder el régimen de bombeo. Pero si se analiza detenidamente dicha tabla, se observa que el cambio a pistón lubricado se produce simultáneamente con el cambio de tipo de bomba. Efectivamente el 10/06/2005 se cambia una bomba insertable (25-200RWAC22-3-0 con pistón metalizado combinado con diez anillos) por una bomba de tubing (25-225THC20-1-0 con pistón lubricado). Esta bomba TH duró en funcionamiento 220 días debido a que el pozo es intervenido por “pesca en cupla de varilla”. Al desarmar la bomba en el taller se verificó que el pistón estaba en perfecto estado de funcionamiento. Este es uno de los casos que confirma lo mostrado en la *Figura 7*.

Pozo PT	Fecha Bajada	Fecha Sacada	Días	N° Bomba	Tipo	Pistón	Intervención
1020	10/06/2003	13/11/2004	522	86-1122	25-175RHAC20-3-1	Metalizado+ RanuradoX10	Cambio de bomba no Produce
	13/11/2004	10/06/2005	209	89-1014	25-200RWAC22-3-0	Metalizado+ RanuradoX10	Cambio de bomba no Produce
	10/06/2005	16/01/2006	220	TH 363	25-225THC20-1-0	Lubricado	Pesca en cupla de varrilla
	16/01/2006		168	TH 374	25-225THC20-1-0	Lubricado	

Figura 15

Considérese ahora el pozo PT-795. En este caso la bomba está anclada a 1033 metros y el AIB utilizado es un DARCO C 640D-305-168 (ver Figura 16). El régimen de bombeo es de 8 GPM con una carrera en superficie de 168 pulgadas en el momento de efectuar este último dinamómetro. Anteriormente el pozo ha tenido otros regímenes de bombeo, siempre excediendo la recomendación.



DBU - Ficha de Pozo

Dinamómetro

Pozo: YPF.SC.PT-795

09/06/2005

Datos Generales	
Aparato Individual de Bombeo	
Marca y desc. API	DARCO-C-640 D -305-168
Carrera del Vástago (Pulg.)	168
GPM (U.)	7,91
Motor	
Diám. Pistón (Pulg.)	2,75
Prof. De BBA (mbbp)	1033
Producción Bruta (m3/día)	125
Corte de Agua (%)	91
Rel.Gas/PO	20

Figura 16

En la Figura 17 se observa que los pistones lubricados no han durado más tiempo que otro tipo de pistones. Si se analizan las intervenciones se observará que el cambio a pistón lubricado se produce simultáneamente con el cambio de tipo de bomba. Efectivamente el 03/09/2004 se cambia una bomba insertable (25-200RWAC24-4-0 con pistón metalizado) por una bomba de tubing (30-275TH22-1-2 con pistón lubricado). Estas bombas TH con pistón lubricado tuvieron diferentes causas de intervención. El primer caso fue por motivo

de bomba, dado que no producía. El siguiente caso fue por pérdida en caños y el último por cambio de sistema extractivo.

Pozo	Fecha Bajada	Fecha Sacada	Días	N° Bomba	Tipo	Pistón	Intervención
PT 795	11/02/2003	26/12/2003	318	86-1106	25-175RHAC20-4-1	Metalizado	9112717
	26/12/2003	28/12/2003	2	89-930	25-200RWAC24-4-0	Metalizado	PESCA EN CUPLA DE VARILLA
	28/12/2003	03/09/2004	250	89-1172	25-200RWAC24-4-0	Metalizado	CBIO BBA - ADECUAC. EXTRACTI.
	03/09/2004	18/12/2004	106	TH 227	30-275TH22-1-2	Lubricado	CAMBIO DE BBA - NO PRODUCE
	18/12/2004	27/03/2005	99	TH 339	30-275TH22-1-2	Lubricado	MOV .CAÑOS - PH NEG. CPO. TBG
	27/03/2005	12/07/2005	107	TH 339	30-275TH22-1-2	Lubricado	CAMBIO DE SIST. EXTRACC. BES

Figura 17

Otro ejemplo de pozo cuyo régimen excedió las recomendaciones es el ED-265. En este caso la bomba está anclada a 1009 metros y el AIB utilizado es un LUFKIN-M-456 D - 305-168 (ver *Figura 18*). El régimen de bombeo fue de 9,35GPM con una carrera en superficie de 168 pulgadas en el momento de efectuar este dinamómetro. Anteriormente el pozo ha tenido otros regímenes de bombeo, siempre excediendo notoriamente la recomendación.



DBU - Ficha de Pozo

Dinamómetro

Pozo: YPF.SC.ED-265

16/09/2005

Datos Generales	
Aparato Individual de Bombeo	
Marca y desc. API	LUFKIN-M-456 D -305-168
Carrera del Vástago (Pulg.)	168
GPM (U.)	9,35
Motor	
Diám. Pistón (Pulg.)	2
Prof. De BBA (mbbp)	1009
Producción Bruta (m3/día)	105
Corte de Agua (%)	90
Rel.Gas/PO	20

Figura 18

Analizando la *Figura 19* se observa que los pistones lubricados han durado un tiempo equivalente a un pistón metalizado. Si se buscan las causas de intervenciones se evidencia que en todos los casos el motivo no fue la bomba. Las verificaciones efectuadas en el

taller mostraron pistones en buen estado en todos los casos. Con lo que este pozo representa un caso en el que aún excediendo la recomendación del régimen de bombeo los pistones funcionaron satisfactoriamente.

Pozo	Fecha Bajada	Fecha Sacada	Días	N° Bomba	Tipo	Piston	Intervencion
ED 265	01/10/2004	20/12/2004	80	89-1214	25-200RWAC20-1-0	Lubricado	MOV.CAÑOS - PH NEG. CPO. TBG
	20/12/2004	20/09/2005	274	89-1214	25-200RWAC20-1-0	Lubricado	CAMBIO DE BBA - POR MEJORA
	20/09/2005	11/05/2006	233	TH 337	25-225THC 22-3-2	Metalizado	CAMBIO DE SIST. EXTRACCION

Figura 19

CONCLUSIONES

Las bombas con pistones lubricados se adaptan a necesidades específicas tales como presencia de arena e incrustaciones, bombeo con fluidos viscosos y corrosivos.

Las bombas insertables armadas con pistón lubricado han durado en promedio más del doble, y en algunos casos hasta 4 veces más que las armadas con otro tipo de pistón.

Las bombas de tubing ensambladas con pistón lubricado han tenido promedios de tiempos de funcionamiento en el pozo equivalentes a las ensambladas con otro tipo de pistón debido principalmente a pesca de varillas, movimiento de caños y pescas de On & Off.

La durabilidad de una bomba con pistón lubricado esta asociada al cumplimiento de la recomendación del fabricante en cuanto al régimen de bombeo.

RECOMENDACIONES:

Definir el régimen de extracción de acuerdo a la recomendación de velocidades de bombeo máximas para cada largo de carrera en superficie.

Impedir que el sistema trabaje con golpe de fluido en todo momento, utilizando un pump off o trabajando con sumergencias estables y constantes.