RESUMEN PARA EL CICYT

"OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE BOMBEO MECANICO DEL CAMPO TIGRE"

Rafael U. Rodríguez Z. [1] Gabriel J. Colmont M. [2]

[1] Ingeniero en Petróleo 2000

[2] Director de Tesis, Ingeniero en Petróleo, Escuela Superior Politecnica del Litoral, 1980 (revalidación) , Postgrado, Master of Science in Petroleum & Natural Gas Eng, Penn State University, Pennsylvania, EE.UU. 1976. Profesor de ESPOL desde 1971.

RESUMEN

El continuo cambio de las bombas de subsuelo y los problemas presentados en las varillas de succión que se utilizan en el sistema de Bombeo Mecánico del Campo Tigre, motivó la realización de este trabajo, con el fin de establecer el tipo de bomba que mejor se adapte a las necesidades de cada pozo además de la sarta de varillas, motor de superficie y su respectiva unidad de bombeo.

Este trabajo se llevó a cabo siguiendo las siguientes fases:

La primera fase consistió en identificar mediante un control estadístico los problemas más comunes que han originado los cambios de bombas.

La segunda fase se dedicó a la actualización de la configuración mecánica de los pozos, para conocer la completación real y definir aspectos relacionados con cambios posibles del equipo. Luego se hizo un inventario general de los tipos de bombas

disponibles así como también el tipo de unidades de bombeo y motores operando en los pozos.

La tercera fase consistió en calcular la máxima tasa de producción de cada pozo, sobre la base de estimaciones de las presiones estática y fluyente de los pozos. En esta fase cobraron mucha importancia las cartas dinamométricas y medición de niveles que se le hicieron a los pozos. Con ayuda de estos datos, sumados a los del fluido producido por cada pozo, se procedió al análisis del conjunto bomba-varillas-motor-unidad de bombeo de cada pozo. En este punto se determinó que la gran mayoría del equipo que utilizan los pozos están sobredimensionados, considerando los parámetros de diseño que actualmente tiene cada pozo, tales como carrera superficial y velocidad de bombeo.

Finalmente, se dan las recomendaciones sobre el tipo de bomba que se debería utilizar en cada pozo, la sarta de varillas más adecuada de acuerdo a las recomendaciones del Instituto Americano del Petróleo, el motor y la unidad de bombeo para cada pozo.

Es posible mantener la misma producción de los pozos realizando sencillos ajustes al diseño de su sistema de bombeo, logrando con ello el incremento de la eficiencia y durabilidad de las bombas de subsuelo, y una reducción del esfuerzo de los motores. Todo ello redundará en un alargamiento de la vida útil de toda la instalación con los consiguientes beneficios económicos.

INTRODUCCION

El sistema de Bombeo Mecánico es responsable de cerca del 50 por ciento de la producción diaria de todo el campo que opera la Compañía General de Combustibles dentro de su bloque localizado en la Península de Santa Elena.

Sin embargo, son muy notorios los continuos cambios de bombas que se realizan a los pozos, lo que lleva a pensar que la selección de las bombas que van a operar en tales pozos no se la realiza tomando en cuenta los cambios ocurridos en el comportamiento del pozo y su producción.

Este trabajo busca identificar los problemas más comunes que traen las bombas de los pozos, de tal manera que se pueda realizar una selección más conveniente de la bomba y sarta de varillas que asegure un máximo rendimiento y periodo de funcionamiento. Adicionalmente, se establecerán parámetros tales como las presiones estáticas y de fondo fluyente de los pozos, los cuales servirán para estimar la máxima rata de producción de cada pozo.

CONTENIDO

Los pozos que emplean el Bombeo Mecánico como sistema de extracción, tienen cambios de bomba que normalmente deberían realizarse cada seis u ocho meses, dependiendo del tipo de fluido que produzca el pozo, su profundidad y el comportamiento que tengan los parámetros de reservorio del pozo.

Es por este motivo, que llama la atención el elevado numero de cambios de bomba que tienen los pozos del área de Tigre. Como puede verse en la Tabla 1, los pozos llegan a tener cambios de bombas a los dos días de habérsela cambiado, y en ocasiones en cuestión de horas solamente.

Por esta razón, se intento realizar un estudio para tratar de identificar los problemas más comunes que están afectando el funcionamiento de las bombas, y en base de eso seleccionar el tipo de bomba que mejor se ajuste a las condiciones de cada pozo.

La metodología que se empleó para la realización de este trabajo fue la siguiente:

- Adquisición de datos.- En esta etapa se recolectó información de campo, se revisaron los archivos de los pozos y se inspeccionaron las bombas en el taller de bombas. Se buscó establecer los siguientes datos:
    1. Tipos de bombas disponibles, sus diferentes configuraciones y desplazamientos.
    2. Tipos de balancines disponibles, y sus respectivas especificaciones.
    3. Motores y sus especificaciones en las unidades de bombeo..
    4. Datos de producción de los pozos.
    5. Estadística de los problemas más comunes encontrados en las bombas que salen de los pozos.
    6. Determinación de las presiones de cabeza del pozo, estáticas y de fondo fluyente.
    7. Adquisición de cartas dinamométricas y niveles de los pozos.
    8. Determinación de las velocidades de bombeo críticas para cada pozo y cálculo del peso de la sarta de varillas en el pozo.

9. Cálculo del índice de productividad y caudal máximo de los pozos.
10. Estado mecánico de los pozos.

- Resultados y conclusiones.- En base a los datos obtenidos, se recomendaron para cada pozo: tipos de bombas, configuración de la sarta de varillas y unidades de bombeo correspondientes a cada pozo.

Adicionalmente se hizo lo siguiente:

- Revisión de la sarta de varillas de succión con el fin de mejorarla, en base a las recomendaciones que realiza el Instituto Americano del Petróleo (1) en su boletín técnico al respecto.
- Estimación de la máxima tasa de producción de cada pozo.
- Actualización de la completación de los pozos.
- Recomendaciones para cada pozo en lo que a la parte operativa se refiere, con el fin de que el sistema bomba-sarta de varillas-unidad de bombeo trabaje más eficientemente.

Para la determinación de la presión estática de fondo de los pozos, fue necesario realizar un seguimiento diario de la recuperación del nivel de fluido de los mismos. Esto se realizó con el equipo de medición de ecos, comúnmente llamado Echometer.

La presión de fondo fluyente (Pwf), se la determinó por medio de cartas dinamométricas tomadas a cada pozo y la ayuda de una ecuación desarrollada por Agnew (2), que se fundamenta en las cargas que soporta el varillón pulido en su carrera ascendente y descendente durante el ciclo de bombeo.

Pozo	Intervalo del análisis	Días de trabajo en el pozo	Problemas más comunes presentados
Tig 0010	Mar/99 a Jun/99	1 6 2 7 52	Lodo, arena (barriles rayados) y limalla.
Tig 0011	Feb/99 a Ago/99	1 30 9 139	Embastonamiento por escala, parafina y arena (barriles rayados)
Tig 0012	May/98 a Jul/99	136 202	Problemas de arena y lodo (válvulas sucias) y picaduras en el barril.
Tig 0013	Jun/98 a Jul/99	1 258 109 30	Embastonamiento, arena óxido, escala y lodo.
Tig 0014	Feb/98 a Ene/99	1 120 62 58 24 15 1 66 1	Problemas de embastonamiento y suciedad originada por limalla
Tig 0022	Feb-98	1	Rotura de varilla
Tig 0028	Jul/98 a Dic/98	130 12 28	Sin especificar
Tig 0036	Jul/98 a May/99	1 84 1 220	Bomba embastonada.
Tig 0036s	May/99 a Ago/99	1 15 1	Embastonamiento, lodo y arena (rayadura de barril) y escala.
Tig 0037	Sep/98 a Jun/99	276	Sin especificar

Tabla I. Estadística de los cambios de bomba ocurridos a algunos pozos del área de Tigre.

Tabla II. Resumen general de las condiciones de operación de algunos pozos del campo Tigre

POZO	VISC	BFPD	Agua	API	CICLO	NIVEL Estatico	Pwh csg	P estática	Pwf	IP	Qmax Vogel
TIG 0004s	7	8	0	35	24 h	230	2	88.65077115	40	0.1644	10.711128
TIG 0010	5	6	1	38.7	12 h c/ día	172	2	66.10252749	23	0.1392	7.1980514
TIG 0011	7	7	2	35	12 h c/ día	200	2	77.79585364	24	0.1301	8.1191202
TIG 0013a	7	10	1	35.8	24h c/ 15 días	400	2	150.5368364	58	0.1081	12.434948
TIG 0013s	9	6	2	37	24h c/ 8 dias	173	5	73.05558647	30	0.1394	7.663163
TIG 0014	5	22	1	38.7	24h	1187	0	427.3025646	366	0.3589	90.99566
TIG 0022	7	9	2	36.5	12 horas c/ 24 h	855	0	311.8179911	21	0.0309	9.1565578
TIG 0023	5.5	8	3	39	24h	503	5	198.7640483	83	0.0691	10.296208
TIG 0028	9	8	0	36.4	24 h	300	12	134.5014527	80	0.1468	13.377414
TIG 0037	4.5	4	2	39.5	12 h c/ día	114	2	45.04988058	25	0.1995	6.2242781
TIG 0037s	9	15	2	37	24 horas c/8 días	667	5	252.6117109	37	0.0696	15.730801
TIG 0038s	9	8	*0*	37	24 h c/ 8 días	355	5	139.2204964	63	0.1050	10.728507
TIG 0039	5	8	1	38.7	12 h c/ día	229	2	86.61641263	23	0.1258	8.9838816
TIG 0039s	9	12	*0*	37	24 h c/ 8 días	533	5	203.9395659	83	0.0992	15.26533
TIG 0040	4	5	0	37.7	12 horas c / 2 días*	102	2	41.12098668	15	0.1914	*6.0931427*
TIG 0040s	9	10	1	37	24 h c/ 8 días	444	2	165.5083339	87	0.1274	14.840753
TIG 0041s	5	10	*0*	38.7	24 h c/ 8 días	440	5	168.5334913	89	0.1257	14.896824
TIG 0042	9	8	*0*	37	24 h / mes	230	5	94.07709525	46	0.1664	11.252679
TIG 0043	10	14	2	36.8	24 h	1500	0	546.073975	441	0.1332	44.201502
TIG 0043s	9	9	0	37	24 h c/ 8 días	352	5	138.1291529	46	0.0977	10.655012
TIG 0044s	10	7	0	36.8	24 h c/ 8 días	310	*2*	116.9091051	22	0.0738	7.4943703
TIG 0045s	9	6	*0*	37	24h	265	5	106.5125638	44	0.0960	*7.6838214*
TIG 0046	9	15	*0*	37	24 h c/ 8 días	430	2	160.5077938	58	0.1463	18.220059
TIG 0047s	5	10	*0*	38.7	24 h /1 vez mes	440	5	168.5295547	37	0.0760	10.898821
TIG 0048s	5	12	1	38.7	24 h c/ 8 días	530	2	194.85204	22	0.0694	12.406685

El cálculo de la máxima tasa de producción se la hizo con ayuda de la curva de Vogel (3), la cual se aplica a yacimientos con mecanismo de empuje por gas disuelto, asumiendo que el daño de formación es cero.

La parte correspondiente a la sarta de varillas fue tratada mediante el uso de un software, que se basa en la norma API y que agilita los cálculos considerablemente (4).

La selección de las bombas se la hizo tomando en consideración las recomendaciones del fabricante (5).

En la Tabla 2 puede observarse una condensación de los parámetros de producción de algunos pozos, entre los que merecen ser destacados: su ciclo de producción, gravedad API del fluido, su máxima tasa de producción, las presiones estática y de fondo fluyente.

Finalmente, se muestra a manera de ejemplo, el análisis realizado a uno de los pozos del área, con sus respectivas recomendaciones. Este análisis se divide en tres partes: una en la que se resumen en una tabla los principales datos del sistema de levantamiento, el fluido producido y los problemas más comunes presentados en el pozo. En la segunda parte se hacen observaciones referentes a las condiciones de operación del pozo. La tercera parte corresponde a las recomendaciones.

ANALISIS Y RECOMENDACIONES AL POZO TIG 0004s

Datos Fluido:		**Datos del yacimiento:**		**Datos Unidad bombeo:**	
API:	35	Pwf:	40 psi	Portátil	
SGfluido:	0.84985	Pr:	88 psi	SPM actual:	10
Q:	8 BF/D	IP:	0.1644 B/D/psi	S actual:	24"
T fondo:	89 F	Qo max:	10 BPD	S disponibes:	18" (Port. No. 4)
Visc @ T:	7 Cp	Nivel fluido @	296'		

Longitudes de las varillas:		**Datos de la bomba:**		**Problemas previos:**	
296'	3/4"	20-125-RWAC-8-2		Sin especificar	
0'	5/8"	Pt:	2 psi	**Tubing:**	**Casing:**
		Asiento:	526'	2 3/8"	6 5/8 PP

Observaciones:

El pozo está produciendo cerca de su potencial. Sin embargo la bomba es muy grande considerando la profundidad del pozo y su producción, además de que su eficiencia volumétrica es de apenas el 18 por ciento. Es posible aumentar esta eficiencia en un

10 por ciento realizando unos pocos ajustes en las condiciones de operación del pozo. No es necesario una sarta de varillas tan pesada como la que actualmente está operando en el pozo, lo cual hace que el motor tenga que realizar un mayor esfuerzo.

Recomendaciones:

Se sugiere realizar los siguientes ajustes en el próximo cambio de bomba que se realice al pozo:

1. Mantener la carrera superficial de 24 pulgadas.
2. Disminuir la velocidad de bombeo a 8 SPM.
3. Bajar una bomba con las siguientes características:

   20-125-RWAC-4-1

   Pistón cromado ranurado

   Ajuste entre pistón - barril de 0.005"

   Con estos ajustes la eficiencia de la bomba será del 29 por ciento.
4. Usar la siguiente cantidad de varillas:

   196' 3/4"

   330' 5/8"

   Estos cambios reducirán en un 23 por ciento el torque que deberá efectuar la unidad de bombeo, y reducirán en un 33 por ciento el HP requerido por el motor (0.4 HP).

5. Unidad de bombeo recomendada: Contrapeso estimado:

C-D16-27-30	730 libras

CONCLUSIONES :

- De acuerdo a las profundidades y producciones que tienen los pozos, solo serían necesarias unidades de bombeo API 40 con 34 pulgadas de carrera superficial.

- El comportamiento de afluencia de los pozos del Campo Tigre amerita que la extracción no se la realice con balancines fijos sino con los portátiles.

- Un adecuado programa de recuperación de los pozos permitirá que estos aporten una mayor producción mediante el uso de los balancines portátiles.

- Un adecuado conjunto de varillas de bombeo, así como también una menor carrera superficial del varillón pulido disminuirán el trabajo que debe efectuar el motor de la unidad de bombeo, con lo que se alargará la vida útil del mismo.

- Dadas las profundidades de los pozos, sus presiones de fondo, y la producción de arena en algunos; el tipo de bomba que se debería utilizar son las del tipo RA y no las tipo RB.

- El actual uso de las unidades de bombeo portátiles trae como consecuencia que estas no trabajen en forma óptima, debido a que cada pozo tiene un peso diferente de varillas de acuerdo a su profundidad por lo que el contrapeso de la unidad a veces no es el correcto. En tales casos se originarán esfuerzos mayores en el motor de la unidad.

- El uso de bajas velocidades de bombeo es lo más indicado para este tipo de yacimientos muy depletados, ya que permite que el agotamiento de los niveles en los pozos se realice más lentamente, optimizando de esta manera la eficiencia de las bombas. Por otro lado también permite un menor agotamiento de las varillas al no estar bajo los efectos de sobrecarrera que provocan las velocidades altas.

RECOMENDACIONES:

- Cambiar los cauchos del Stuffin Box cada vez que se tenga que realizar un cambio de bomba en el pozo, con el fin de evitar embastonamientos prematuros de las mismas, ya que el desgaste sufrido por estos cauchos originan que caigan restos de estos dentro de la tubería de producción.

- Colocar un tanque en la locación del pozo para almacenar la producción. Con esto se disminuirán las pérdidas que se tienen en las líneas que llevan a la estación recolectora, las mismas que se encuentran deterioradas. Esto a demás presenta la ventaja de poder monitorear diariamente la producción de cada pozo y determinar periódicamente la eficiencia con las que están trabajando las bombas de subsuelo.

- Considerar los efectos de daño de formación, para mejorar el análisis de las máximas tasas de flujo de los pozos.
- Realizar un estudio económico para establecer el costo que tendría llevar a cabo las recomendaciones hechas en este trabajo.
- Extender este trabajo a las demás unidades productoras del campo petrolero Gustavo Galindo V., que utilizan bombeo mecánico como sistema de extracción.

REFERENCIAS

1. API PRODUCTION DEPARMENT, API Bulletin - "Sucker Rod Pumping System Design Book", API BULLETIN 11L3, first edition, New York City (1970).
2. NIND, T.E.W. "Principles of Oil Well Production", Mc.GH, 1981.
3. VOGEL, J.V. "Inflow Performance Relationship for Solution-Gas Drive Wells", J. Pet. Tech., Jan. 1968.
4. LTV ENERGY PRODUCTS DURATECH DIV, "Sucker Rod Pumping System Performance Prediction, Ver 1.01", Garland, Tx, 1997.
5. HARBISON-FISCHER, Training Manual, USA 1996, pp. 6-13p