



“Sistemas Híbridos de Producción”

Trabajo Final de Postgrado

Bombeo Mecánico - Gas Lift

Integrantes:

Boim, Diego José Francisco
Martinez, Andrea
Olivari, Diego

***Profesor:
Ing. Shiratori, Julio***

ÍNDICE

| | |
|-------------------------------|----|
| Introducción: | 3 |
| PCP-Gas Lift | 4 |
| ESP-Gas Lift | 5 |
| Bomba Jet - Gas Lift | 6 |
| ESP - Bomba Jet | 7 |
| ESP - PCP | 8 |
| Gas Lift - Plunger Lift | 9 |
| Sistema de interés | 10 |
| Gas Lift - Rod pump | 10 |
| Introducción | 10 |
| Concepto | 11 |
| Desarrollo | 11 |
| Diseño | 13 |
| Operación | 15 |
| Antecedentes | 15 |
| Ventajas y limitaciones | 16 |
| Conclusiones | 17 |
| Bibliografía | 18 |

Introducción:

Los sistemas híbridos consisten en combinar dos métodos de elevación artificial para lograr ventajas en la explotación de los recursos. Esta combinación permite aumentar el caudal de bombeo a mejorando la relación costo/beneficio, salvando limitaciones como el tamaño del tubing, la profundidad de operación, corte de agua y presencia de gases corrosivos. Además, estos sistemas poseen una mayor versatilidad para afrontar condiciones futuras de operación en los que se necesitaría modificar o reemplazar el método de extracción por otro.

La combinación de dos sistemas convencionales permite que el rango de la operación se amplíe, con la ventaja de permitir operar cada sistema en sus puntos de máxima eficiencia de manera independiente.

A largo plazo, si bien el costo inicial de inversión y producción son mayores, se podrían obtener beneficios debido a una mayor producción y una mayor disponibilidad del sistema, mejorando la relación costo/producción.

A continuación se dará una breve descripción de todos los sistemas híbridos existentes en la actualidad.

PCP-Gas Lift

Este sistema combina la inyección continua de gas a la salida de la bomba PCP, con la finalidad de reducir el peso de la columna hidrostática y aumentar la capacidad de producción de la bomba.

Unas de las principales limitaciones del sistema PCP es la reducida profundidad máxima de operación. Al complementar el sistema con gas-lift, se amplía el rango de profundidad de operación ya que la presión en la descarga de la bomba se reduce.

En algunos casos, se logra una reducción de hasta un 40% del peso original de la columna, obteniéndose los siguientes beneficios:

- Aumento de la producción del reservorio.
- Aumento de la eficiencia de bombeo.
- Extensión del límite de profundidad máxima de operación de la bomba PCP.
- Reducción en los requerimientos en potencia del motor.
- Reducción en el tamaño de las varillas de transmisión de potencia.

Entre las limitaciones que presenta el sistema se encuentran:

- No es apto para producir fluidos con alta temperatura.
- La presencia de asfaltenos y aromáticos en los fluidos a producir pueden perjudicar el elastómero de la bomba.
- Mayor costo de producción.
- Requerimiento de disponibilidad de gas.
- Requerimiento de planta compresora de gas en caso de presión insuficiente.



ESP-Gas Lift

Este sistema se basa en la combinación de una bomba electro sumergible con el sistema gas lift. Como en el caso anterior, se inyecta gas de manera continua a la salida de la bomba con el propósito de alivianar el peso de la columna hidrostática.

La asociación del gas lift con este sistema permite seleccionar bombas de menores dimensiones logrando reducir los requerimientos de potencia eléctrica para la bomba ESP.

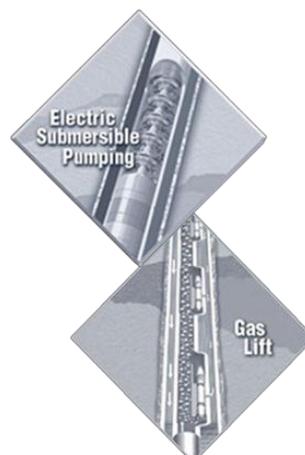
Es uno de los sistemas más usados en la actualidad, y existen varios programas de análisis capaces de simular las producciones en los pozos con este sistema.

Las ventajas de este sistema son:

- Aumento de la producción del reservorio.
- Aumento de la eficiencia de bombeo.
- Reducción en los requerimientos en potencia del motor.
- Continuidad en la producción del pozo en caso de falla total de la bomba ESP.

Las limitaciones de este sistema son:

- Se debe disponer de suministro eléctrico para este sistema.
- Mayor costo de reparación y pulling.
- No apto para fluidos con presencia de sólidos.
- Mayor costo de producción.
- Requerimiento de disponibilidad de gas.
- Requerimiento de planta compresora de gas en caso de presión insuficiente.
- La alta viscosidad del fluido a producir puede limitar la utilización de este sistema.



Bomba Jet - Gas Lift

Este sistema emplea un motor de fondo tipo Jet para producir los fluidos del reservorio, y se asiste del gas lift, para permitir el bombeo de esos fluidos hacia la superficie de una manera más eficiente. Esto lo logra del mismo modo que los dos sistemas anteriormente explicados. Utiliza el gas lift para bajar la densidad del fluido y alivianar el peso de la columna de producción.

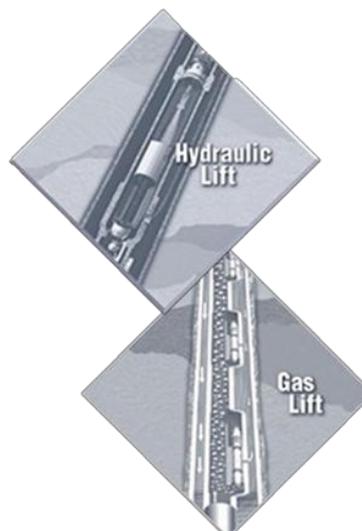
Unas de las principales desventajas de la bomba jet son los riesgos que pueden generar su sistema hidráulico, ya que trabaja a una elevada presión, y en caso de falla en sus líneas hidráulicas, puede ser peligroso para el personal de tierra. El gas lift permite reducir los requerimientos de potencia ayudando a disminuir las presiones hidráulicas de trabajo.

Las ventajas de este sistema son:

- Extensión del límite de profundidad máxima de operación de la bomba Jet.
- Aumento de la eficiencia de bombeo.
- Reducción de los requerimientos de potencia para bombear un mismo caudal.

Las limitaciones de este sistema son:

- Requiere líneas de alta presión en la superficie.
- Mayor costo de producción.
- Requerimiento de disponibilidad de gas.
- Requerimiento de planta compresora de gas en caso de presión insuficiente.



ESP - Bomba Jet

Es un sistema que se caracteriza por combinar la bomba ESP con una bomba Jet y un separador de fondo. El separador se encarga de reducir el caudal de gas en la entrada de la bomba ESP. Luego, el gas que se libera del separador, se lo combina con los fluidos producidos de la bomba jet situada por encima de la bomba ESP.

Unas de las principales limitación de la bomba ESP, es su baja eficiencia de bombeo cuando el yacimiento tiene una importante producción de gas. Al separar el gas con ayuda de un separador de fondo, este se lo puede recombinar con los fluidos utilizando una bomba Jet, para aumentar la eficiencia del sistema.

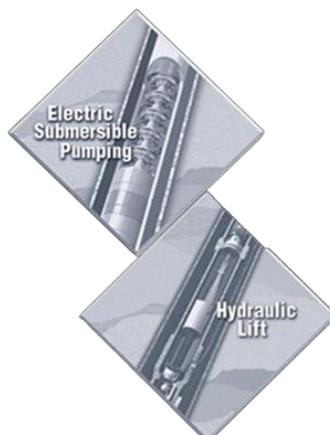
Al combinarse los gases con el fluido, se reduce la densidad del mismo, y se reduce la presión a la salida de la bomba ESP.

Las ventajas de este sistema son:

- Aumento de la eficiencia de bombeo.
- Emplea el gas de la formación para reducir la densidad del fluido.
- Aplicable en cuencas Offshore.
- Reducción en los requerimientos en potencia del motor.
- Extensión del límite de profundidad máxima de operación de la bomba ESP.

Las limitaciones de este sistema son:

- Se debe disponer de suministro eléctrico para este sistema.
- Mayor costo de reparación y pulling.
- No apto para fluidos con presencia de sólidos.
- Mayor costo de producción.
- Requiere líneas de alta presión en la superficie.



ESP - PCP

Es un sistema diseñado para poder bombear fluidos densos hacia la superficie. Emplea una bomba ESP especialmente diseñada que está vinculada mecánicamente a otra bomba PCP mediante una caja reductora. Con esta combinación, se eliminan las varillas de la bomba PCP, y además se emplea un solo motor para accionar ambas bombas.

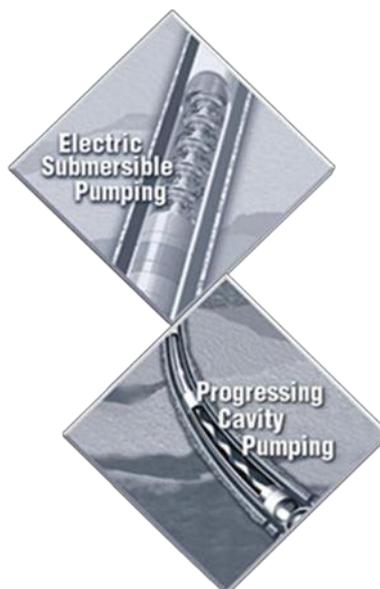
En cuencas Offshore se requieren sistemas con alto caudal de producción, capaces de trabajar con presencia de sólidos y fluidos densos. La integración de ambos sistemas aprovecha las ventajas de cada uno en cumplir con las condiciones mencionadas.

Las ventajas de este sistema son:

- Permite su uso en cuencas Offshore.
- Aumento de la eficiencia de bombeo.
- Apto para uso en pozos desviados.

Las limitaciones de este sistema son:

- Se debe disponer de suministro eléctrico para este sistema.
- Mayor costo de reparación y pulling.
- No apto para producir fluidos con alta temperatura.
- La presencia de asfáltenos y aromáticos en los fluidos a producir pueden perjudicar el elastómero de la bomba.



Gas Lift - Plunger Lift

En pozos profundos producidos por gas lift intermitente, puede suceder que la columna de fluidos sea atravesada por el gas, haciendo caer los condensados nuevamente al fondo del pozo.

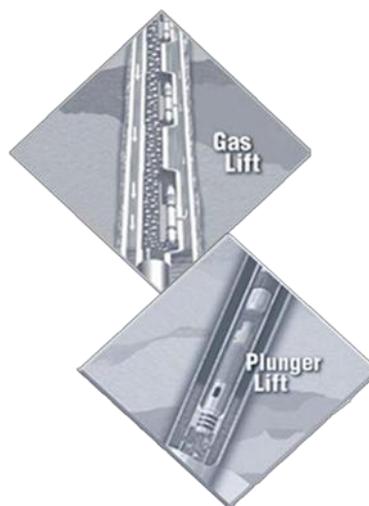
Al incorporar el plunger lift, se elimina el retorno del líquido al pozo ya que provee un sello entre el líquido y el gas, permitiendo producir los fluidos de manera más eficiente.

Las ventajas de este sistema son:

- Reducción del retorno de los fluidos al fondo del pozo.
- Gran disponibilidad de diseños aptos para distintos pozos.
- No requiere intervención del pozo para reemplazo de pistón.
- Aplicable en pozos desviados.

Las limitaciones de este sistema son:

- Requerimiento de disponibilidad de gas.
- Requerimiento de planta compresora de gas en caso de presión insuficiente.
- La alta viscosidad del fluido a producir puede limitar la utilización de este sistema.
- No apto para fluidos con presencia de sólidos.
- Requiere un sistema de control para optimizar su producción.



Sistema de interés

Gas Lift - Rod pump

Introducción

En la actualidad existen una gran cantidad de pozos con altas tasas de producción, pero con el inconveniente de que muchos de ellos hacen trabajar a la bomba con una muy baja presión de succión y a grandes profundidades de extracción. Esto trae como consecuencia sobretensiones en las varillas y condiciones severas de bombeo, haciendo que los costos operativos y los volúmenes de producción se vean afectados de manera negativa.

Para estos casos de diseño, se requiere bombas de elevado tamaño que exigen la selección de varillas de alta resistencia y motores de gran potencia, haciendo que el conjunto final se vuelva costoso. La incorporación de gas lift en el diseño convierte a este sistema en uno más económico y eficiente ya que los esfuerzos en las varillas y motores se reducen sin modificar el tamaño de bomba y la profundidad de extracción.

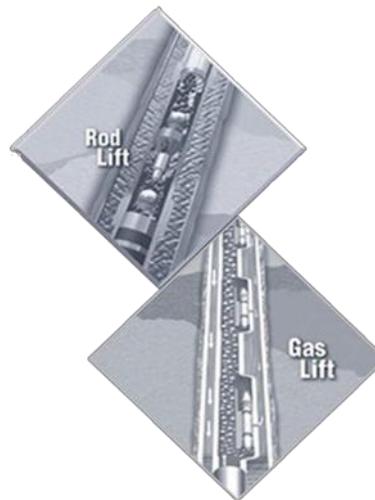
Otra particularidad de este sistema es que permite extender el límite de la profundidad máxima de operación ya que los esfuerzos en las varillas disminuyen.

Las ventajas de este sistema son:

- Aumento de la producción.
- Extensión del límite de profundidad máxima de operación de la bomba SRP.
- Reducción en los requerimientos mecánicos de las varillas.
- Reducción en los requerimientos de potencia.

Las limitaciones de este sistema son:

- Requerimiento de disponibilidad de gas.
- Requerimiento de planta compresora de gas en caso de presión insuficiente.
- Un alto GOR en los fluidos de formación puede afectar la producción.
- Potencial desgaste del tubing por rozamiento de varillas.
- Limitaciones para el manejo de fluidos con presencia de sólidos.



Concepto

El concepto de este sistema híbrido se basa en considerar al Rod pump como un sistema primario y al gas lift como sistema secundario de producción. La separación de este conjunto en dos sistemas busca lograr que ambos sistemas puedan diseñarse y configurarse de manera independiente, con el fin de lograr la máxima eficiencia del conjunto y aumentar la producción del pozo.

Desarrollo

Los sistemas de elevación artificiales son diseñados e instalados con el fin de incrementar el volumen de producción de los yacimientos, en los que la energía del reservorio es insuficiente para elevar los fluidos hacia la superficie. Las variables como la energía requerida y el dimensionamiento de los equipos son dependientes de la profundidad del yacimiento, corte de agua, tasa de producción, etc.

En los sistemas de elevación artificial, la demanda de energía puede ser calculada de manera sencilla aplicando los cálculos de potencia hidráulica. Esto se calcula tomando en cuenta la presión diferencial que existe en el sistema entre los punzados y las instalaciones de superficie. Además, se debe evaluar la tasa de producción del yacimiento y la eficiencia que se logra en función del sistema de elevación elegido. En resumen, el sistema de elevación seleccionado debe ser capaz de proveer suficiente energía al yacimiento para que los fluidos de la formación alcancen las instalaciones de superficie.

Lo anterior, en términos más generales, define que una presión diferencial más baja en el sistema implica un menor requerimiento de energía de extracción, y mayor producción mejorando la relación costo beneficio. Por otro lado, el empleo de Gas Lift cumple dicha función en lograr una presión diferencial más baja ya que al inyectar

gas en los fluidos, se reduce la densidad de la columna hidrostática. Como consecuencia de esto, el gradiente de presión baja considerablemente permitiendo que los fluidos del reservorio puedan alcanzar las instalaciones de superficie con un menor requerimiento de potencia. Lo descrito anteriormente es el principio teórico que se utiliza para combinar los sistemas de elevación en nuestro modelo.

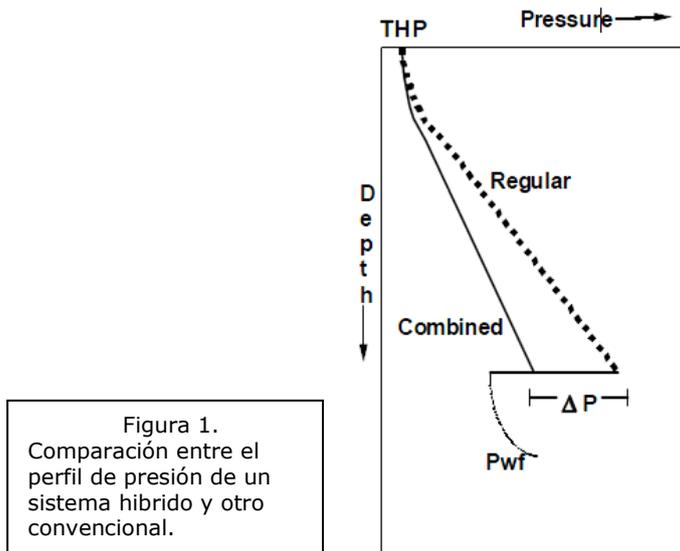
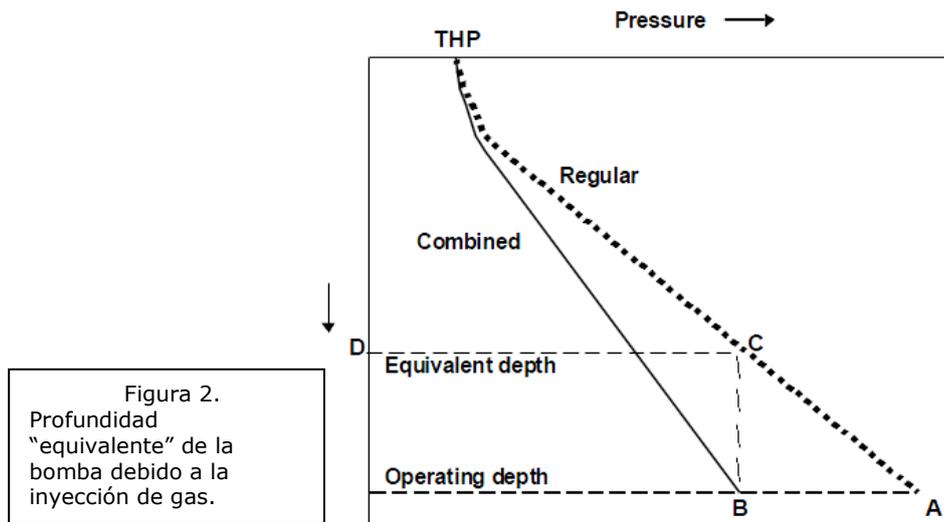


Figura 1.
Comparación entre el perfil de presión de un sistema híbrido y otro convencional.

En la figura 1 se muestra un gráfico donde se puede observar la variación de la presión en función de la profundidad dentro de un tubing cuando se convierte un sistema convencional en uno híbrido. En el pozo producido con el sistema convencional, el gradiente de presión está definido por la densidad del fluido de la columna de producción. A medida que la columna de fluidos se aliviana gracias a la inyección de gas, la presión en el fondo del pozo se reduce. Esta reducción se conoce con el nombre de "Drawdown". Esto trae como consecuencia una menor presión diferencial, que reduce los requerimientos de potencia hidráulica por el sistema de bombeo.

Todos los principios de diseño del Gas Lift como presión de inyección, profundidad de inyección, volumen de gas, GLR y puntos óptimos de inyección deben ser aplicados en el desarrollo de este sistema híbrido.

Para evaluar el efecto neto de este sistema híbrido, se aplica el concepto de profundidad equivalente o aparente. Esto define una nueva profundidad de operación en lugar de la profundidad real que normalmente se emplearía para simular la performance del sistema.



La figura 2 representa en el punto A la presión de descarga de un sistema convencional. En el punto B se observa la presión de descarga en un sistema híbrido con Gas Lift. Si el punto B se lo extiende hasta el gradiente de presión del sistema convencional, se puede determinar la profundidad equivalente en base a la nueva presión de fondo. En términos generales, esta es la nueva presión que se debe usar para el diseño del sistema primario de elevación artificial junto al caudal requerido. Cabe aclarar que la profundidad actual de la bomba no ha cambiado. En el punto D se observa la profundidad equivalente que el sistema percibe en conjunto con el Gas Lift. La diferencia de presión entre A y B se traduce en una menor presión diferencial, por ende en un menor esfuerzo en las varillas y en la bomba.

El concepto de profundidad equivalente es particularmente importante para el diseño y la evaluación de los beneficios del sistema híbrido. Entre otros beneficios este sistema puede ser ajustado de manera continua a las condiciones cambiantes del reservorio, como en los casos donde se emplean programas de inyección de agua/mantenimiento de presión, que implican continuos cambios en los perfiles de presión dentro del tubing.

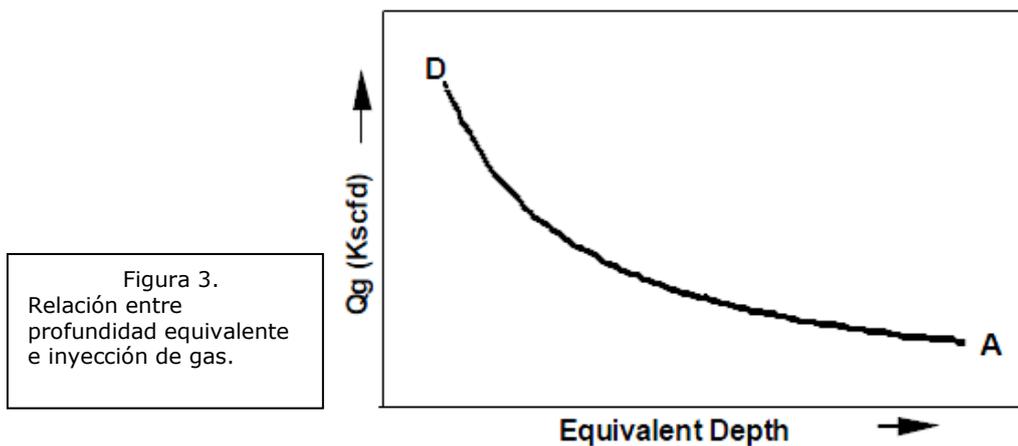
Diseño

Una de las grandes ventajas que dispone este sistema es que permitiría emplear herramientas de diseño convencionales ya que solo se está integrando dos tecnologías de extracción existentes para que trabajen en conjunto.

El proceso de diseño de un sistema híbrido para un determinado yacimiento se basa en considerar al sistema primario de extracción (Rod pump) como un sistema convencional. En este paso del proceso

con los datos de los caudales a producir y las características del yacimiento obtenidas de la curva IPR, se determina una primera aproximación del tamaño de la bomba y el requerimiento de las varillas en función del esfuerzo que deben soportar. Una vez obtenidos estos datos, empleando la misma curva IPR, se reajusta el diseño para el caso de un sistema híbrido mediante la incorporación de gas lift. En base a los distintos caudales de inyección de gas, se obtienen distintas densidades que permiten recalcular los nuevos esfuerzos en las varillas, bomba y caja reductora.

Los requerimientos finales del sistema de elevación primario pueden ser calculados para cada profundidad equivalente entre el punto A y D de la figura 3. Esta profundidad es dependiente del volumen de gas inyectado durante la operación del gas lift.



La figura 3 muestra cómo la profundidad equivalente del sistema se reduce al incrementar el caudal de inyección de gas, manteniendo constante los demás parámetros de diseño. Esta variación se debe analizar para determinar el punto de máxima eficiencia del sistema híbrido en base a los costos de operación del conjunto.

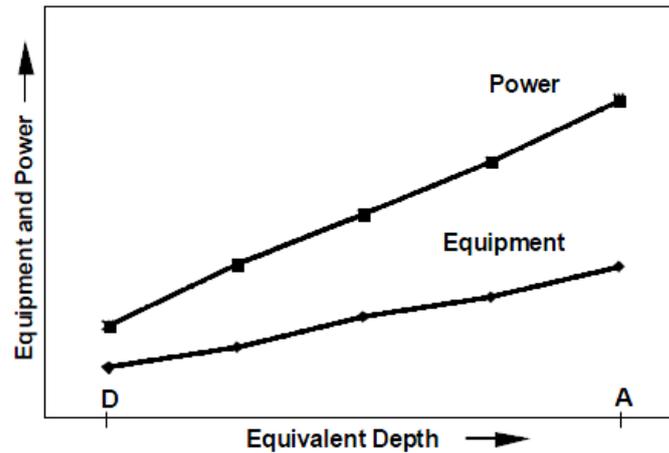


Figura 4.
Efecto sobre el cambio
de la profundidad
equivalente.

En la figura 4 se puede observar cómo los requerimientos del sistema (potencia, consumo, tamaño) se reducen a medida que la profundidad disminuye. Los cambios más importantes se ven en la reducción de la potencia del motor y en el grado de resistencia de varillas.

Operación

Antes de la puesta en marcha de este sistema, se deben crear procedimientos de arranque y parada. También, se deben establecer medidas de seguridad durante la operación. Esto es debido a que las condiciones de diseño contemplan que siempre este sistema va a estar operando con el gas lift activo.

Durante el arranque del sistema, se debe asegurar de activar primero el gas lift y luego el bombeo mecánico. Si el sistema de inyección de gas no se activa en esta secuencia, se pueden inducir esfuerzos en las varillas y en la bomba, mayores a los previstos en el diseño. Con el sistema de inyección de gas funcionando, se garantiza que la columna de producción siempre va a tener una densidad menor y por ende el esfuerzo sobre el bombeo mecánico se va a encontrar dentro de los parámetros de diseño. La misma metodología debe considerarse durante la parada del sistema. Primero se debe detener la operación del bombeo mecánico y luego el gas lift. Por último, se debe incorporar un sistema de seguridad con parada de emergencia que detenga el bombeo mecánico en caso de una interrupción en la inyección de gas.

Antecedentes

Actualmente existen muy pocos antecedentes registrados sobre el empleo de esta nueva técnica de extracción. La información más relevante que se tiene en la actualidad es la del empleo de este

sistema en el campo de Motatan, Venezuela (PDVSA) donde se lo aplicó por primera vez al pozo MOT-67 en el año 2011. Este pozo tiene una profundidad de 10850 pies y una capacidad de producción de aproximadamente 900 BBPD de petróleo API° 19. Originalmente este pozo estaba siendo producido con una bomba electro sumergible. La alta presencia de asfáltenos y carbonatos presentes en los fluidos de extracción, generaban el inconveniente de bloquear las etapas de la bomba, haciendo que la producción de ese pozo cesara de manera recurrente. La decisión de reemplazar la bomba ESP por un sistema híbrido del tipo Rod-pump+Gas lift, buscó aumentar la disponibilidad del sistema ya que el rod pump es uno de los sistemas más simples y robustos que existen en la actualidad. Este sistema cumplió satisfactoriamente con el objetivo de aumentar la disponibilidad manteniendo constantes los caudales de producción. Actualmente existe un programa de implementar más sistemas híbridos de este tipo en los pozos de Motatan que presenten producción diferida por paro de producción debido a problemas en los sistemas de extracción actuales.

Por último, existen papers donde se expone que los sistemas con bombeo mecánico pueden alcanzar eficiencias en la producción mayores a los de un sistema con bombeo electro sumergible en iguales condiciones de operación. Esto es posible gracias a las mayores profundidades de operación que pueden alcanzar, permitiendo optimizar la eficiencia de la extracción. La comparativa entre ambos sistemas dio como resultado que una instalación con bombeo mecánico necesita hasta un 40% menos energía que una instalación con bomba electro sumergible. Esto fue demostrado sobre una producción de 1300 BLPD a una profundidad de 6900fts.

Ventajas

En resumen, se detallan las ventajas más importantes del sistema híbrido:

- En comparación con un sistema convencional, el rango de operación se amplía permitiendo que el sistema se adapte a las condiciones cambiantes del reservorio.
- Los problemas como el diámetro del tubing y la profundidad de operación se pueden resolver con la instalación de un sistema híbrido.
- La corrosión interna de los tubing disminuye al reducirse la presión parcial de los gases corrosivos en consecuencia del descenso de la presión de descarga de la bomba.

- Aumento de la flexibilidad del sistema primario ya que se puede ajustar la frecuencia de bombeo para obtener el máximo beneficio de ambos sistemas.
- Se mejora el rango de operación y previene sobrecargas en todos los componentes del sistema primario.
- Se reduce la frecuencia de pullings del equipamiento de fondo.
- Aumenta la vida útil del sistema.
- El Gas Lift facilita la inyección de químicos requeridos en tratamientos específicos.
- Al ser un sistema dinámico y flexible, se adapta mejor para desarrollos en campos con formaciones profundas, alto corte de agua, alta tasa de producción, locaciones remotas y continuas variaciones de producción debido a inyección de agua.
- Permite una continuidad de la producción del pozo mediante Gas Lift en caso de falla del sistema primario.
- Emplea herramientas de diseño (Software) convencionales ya que solo se combinan dos sistemas de extracción existentes.

Limitaciones:

- Requerimiento de disponibilidad de gas para inyección.
- Mayor costo de inversión inicial.
- Requerimiento de planta compresora de gas en caso de presión insuficiente.
- Mayor costo de operación.
- Mayor complejidad de operación y puesta a punto.

Conclusiones

- Los sistemas híbridos tienen el potencial de aumentar la producción.
- Los ciclos de vida del equipamiento deben ser considerados en las evaluaciones técnicas y económicas de los sistemas híbridos.
- Se obtiene mayor flexibilidad a través de un sistema híbrido.
- El diseño de un sistema híbrido permite obtener los puntos de operación óptimos para el sistema primario y secundario.
- Un procedimiento para la puesta en marcha y operación debe ser tenido en cuenta debido a la dependencia que existe entre estos dos sistemas.
- Se deben instalar medidas de protección en caso de que la inyección de gas se detenga.

Bibliografía

"Recommendations and Comparisons for Selecting Artificial-Lift Methods" J. D. Clegg, SPE Consultant; S. M. Bucaram, SPE, Arco E&P Technology; N. W. Hein Jr., SPE, Conoco Inc.

"Troubles, Problems, and Improvements of ESP" N. Shimokata, Y. Yamada, Abu Dhabi Oil Co., LTD (Japan)

"Latest Technological Advances in Rod Pumping Allow Achieving Efficiencies Higher Than With ESP Systems" G. Takacs and H. Belhaj, The Petroleum Institute"

"Evaluación de la Completación Dual de Bombeo Mecánico y Gas Lift en Pozos Profundos" Br. Díaz Rafael, Br. Segnini Orangel.