



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA EN PETRÓLEO

TEMA:

**“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS SISTEMAS DE
PRODUCCIÓN DE BOMBEO MECÁNICO Y BOMBEO DE CAVIDADES
PROGRESIVAS APLICADO AL POZO AHU29 DEL CAMPO GUSTAVO
GALINDO VELASCO”**

AUTOR:

JORGE LUIS YELA RIVERA

TUTOR:

ING. CARLOS ALFREDO MALAVÉ CARRERA

LA LIBERTAD, ECUADOR

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA EN PETRÓLEO**

TEMA:

**ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS SISTEMAS DE
PRODUCCIÓN DE BOMBEO MECÁNICO Y BOMBEO DE
CAVIDADES PROGRESIVAS APLICADO AL POZO
AHU29 DEL CAMPO GUSTAVO GALINDO VELASCO**

**PROYECTO PRACTICO DEL EXAMEN COMPLEXIVO
“CASO PRÁCTICO”**

AUTOR:

JORGE LUIS YELA RIVERA

TUTOR:

ING. CARLOS ALFREDO MALAVÉ CARRERA, MSc.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2021

DEDICATORIA

A mis padres Luis y Roció, quienes con su cariño y esfuerzo me han permitido lograr una meta más en mi vida, muchos de mis logros y éxitos han sido gracias a ustedes.

También a mis hermanos Darío y Michael por su apoyo incondicional.

A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento han hecho de mí una mejor persona.

Santa Elena, 18 de octubre 2021

CARTA DE ORIGINALIDAD

QF. RONALDO CALERO, PHD
Director (e) de la Carrera de Petróleo
Universidad Estatal Península de Santa Elena

Cumpliendo con los requisitos exigidos, envío a Uds. La Tesina Titulada “ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE BOMBEO MECÁNICO Y BOMBEO DE CAVIDADES PROGRESIVAS APLICADO AL POZO AHU29 DEL CAMPO GUSTAVO GALINDO VELASCO”, para que se considere la Sustentación, señalando lo siguiente:

La investigación es original.

No existen compromisos ni obligaciones financieras con organismos estatales ni privados que puedan afectar el contenido, resultados o conclusiones de la presente Investigación. Constatamos que la persona designada como autor es el responsable de generar la versión final de la investigación.

El Tutor certifica la originalidad de la investigación y el desarrollo de la misma cumpliendo con los principios éticos.

JORGE LUIS YELA RIVERA
Autor: Nombres y Apellidos

Firma:  _____

N° de Cedula FB442732

Correo: jorge_luis1592@hotmail.com

CARLOS ALFREDO MALAVÉ CARRERA
Tutor: Nombres y Apellidos

Firma:  _____

N° de Cedula 0912370095

Correo: cmalave@upse.edu.ec

AGRADECIMIENTOS

A la UPSE por abrirme sus puertas, aportar en mi crecimiento personal e intelectual y darme la oportunidad de ser profesional.

A la Facultad de Ingeniería, por brindarme una óptima preparación y darme las armas para desarrollar mi profesión.

A todos los maestros que impartieron sus clases, gracias por sus consejos y conocimientos que me transmitieron.

Al ingeniero Carlos Malavé Carrera, por brindarme su apoyo en esta investigación, sin su ayuda no hubiese sido posible, muchas gracias.

CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN	vii
CAPITULO I: EXPOSICIÓN DEL CASO PRACTICO	1
1.1 Problemática Detectada	1
1.2 Objetivos	1
1.3 Alcance	1
CAPITULO II: RESOLUCIÓN DEL CASO PRACTICO	3
2.1 MARCO TEÓRICO	3
2.1.1 Ubicación geográfica	3
2.1.2 Fundamentos Del Levantamiento Artificial Por Bombeo Mecánico	4
2.1.3 Equipos de superficie	5
2.1.3 Fundamentos Del Levantamiento Artificial Por El Sistema De Cavidades Progresivas	9
2.1.4 Ventajas y desventajas del sistema de bombeo de cavidades progresivas .	19
2.2 METODOLOGÍA PROPUESTA PARA RESOLUCIÓN	20
2.3 RESOLUCION DEL CASO PRÁCTICO	21
CAPITULO III: ANALISIS DE RESULTADOS	23
3.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS	23
CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	24

BIBLIOGRAFÍA	25
---------------------------	-----------

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica del campo Gustavo Galindo Velasco (Pacifpetrol 2018)	3
Figura 2 Principio físico del bombeo mecánico (Partidas, 2003).....	4
Figura 3 Balancín del campo ancón (Pacifpetrol, 2018).....	7
Figura 4 Cabezal del pozo del campo Ancón (Pacifpetrol, 2018).....	7
Figura 5 unidad de bombeo de cavidades progresivas (Hirschfeldt, 2008).....	10
Figura 6 Principio de operación de la bomba de cavidades progresivas (Hirschfeldt, 2008)	10
Figura 7 Sistema de bombas de cavidades progresivas (Hirschfeldt, 2008)....	13
Figura 8 Sistema de bombas de cavidades progresivas (Hirschfeldt, 2008)....	14
Figura 9 Rotor, estator y elastómero utilizado (PCP) (Hirschfeldt, 2008).....	15
Figura 10 Niple utilizado en BCP (Hirschfeldt, 2008)	16
Figura 11 Ancla de torque (Hirschfeldt, 2008).....	17
Figura 12 Centralizador de Varillas (Hirschfeldt, 2008).....	18
Figura 13 Tubing BCP (Hirschfeldt, 2008).....	19

**“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS SISTEMAS DE
PRODUCCIÓN DE BOMBEO MECÁNICO Y BOMBEO DE
CAVIDADES PROGRESIVAS APLICADO AL POZO AHU29 DEL
CAMPO GUSTAVO GALINDO VELASCO”**

Autor: Jorge Luis Yela Rivera

Tutor: Ing. Carlos Alfredo Malavé Carrera

RESUMEN

Los sistemas de producción aportan energía suficiente para transportar el petróleo desde el fondo del pozo hacia la superficie. En el campo Gustavo Galindo Velasco la presión de yacimiento no es suficiente para transportar el petróleo desde el pozo, debido es un yacimiento de gas en solución. Este estudio busca comparar teóricamente qué método, entre bombeo mecánico y de cavidades progresivas, es más factible en el pozo AHU29. El estudio técnico consiste en aplicar las ecuaciones de productividad, en este caso de Vogel para yacimientos de gas en solución, para estimar un mayor caudal en el pozo AHU29 con ambos sistemas de producción. Los resultados obtenidos con las ecuaciones indicaron que en el pozo AHU29, se obtiene un mayor caudal aplicando bombeo mecánico, cual es 12 barriles por día, mientras que, con el sistema de levantamiento artificial por bombeo de cavidades progresivas, se obtiene un caudal máximo de 6 barriles por día.

KEYWORDS: Producción de petróleo; bombeo mecánico; bombeo por cavidades progresivas; factibilidad

“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS SISTEMAS DE
PRODUCCIÓN DE BOMBEO MECÁNICO Y BOMBEO DE
CAVIDADES PROGRESIVAS APLICADO AL POZO AHU29 DEL
CAMPO GUSTAVO GALINDO VELASCO”

Autor: Jorge Luis Yela Rivera

Tutor: Ing. Carlos Alfredo Malavé Carrera

ABSTRACT

The production systems provide enough energy to transport the oil from the bottom of the well to the surface. In the Gustavo Galindo Velasco oil field, the reservoir pressure is not enough to transport the oil from the well, because it is a reservoir of gas in solution. This study seeks to theoretically compare which method, between mechanical pumping and progressive cavity pumping, is more feasible in the AHU29 well. The technical study consists of applying the productivity equations, in this case of Vogel for gas reservoirs in solution, to estimate a higher flow in the AHU29 well with both production systems. The results obtained with the equations indicated that in the AHU29 well, a higher flow is obtained by applying mechanical pumping, which is 12 barrels per day, while, with the artificial lift system by pumping progressive cavities, a maximum flow of 6 barrels per day.

KEYWORDS: Oil production, Rod pumping; progressive cavity pumping, feasibility

CAPITULO I: EXPOSICIÓN DEL CASO PRACTICO

1.1 Problemática Detectada

El problema que presenta el Campo Gustavo Galindo Velasco es la baja producción de petróleo porque la presión del yacimiento es relativamente baja, esta propuesta busca determinar cuál de los dos métodos de levantamiento artificial, es técnicamente factible en algunos pozos para la mayor producción de petróleo por día en este bloque.

1.2 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

Comparar la factibilidad técnica del sistema de bombeo de cavidades progresivas con el bombeo mecánico en el campo Gustavo Galindo Velasco.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Aplicar los dos métodos de producción en el pozo AHU29 del campo Gustavo Galindo Velasco para un estudio de factibilidad técnica.
- Determinar mediante los análisis técnicos que sistema de levantamiento artificial es más rentable en términos de producción.

1.3 Alcance

El petróleo del Campo Gustavo Galindo Velasco tiene una gravedad de 38 API, por lo tanto, si se aumenta la producción se incrementarían los ingresos al comercializar este petróleo de alta calidad, con una completación que requiere poco mantenimiento y no es afectada por la presencia de elementos como el agua. La mayoría de los pozos en este campo producen mediante el sistema de bombeo mecánico, sin embargo, no se ha considerado implementar el bombeo de cavidades progresivas.

1.4 Variables

1.4.1 Variables Dependientes:

- Presión
- Caudal
- Temperatura
- Dimensiones de las bombas

1.4.2 Variables Independientes

- Principios físicos de las bombas
- Modelos matemáticos

CAPITULO II: RESOLUCIÓN DEL CASO PRACTICO

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Ubicación geográfica

El Campo Gustavo Galindo Velasco, se encuentra ubicado en la península de Santa Elena a 120 km de la ciudad de Guayaquil. tiene una extensión total de 1200 km², de las cuales 720 km² se encuentran en superficie terrestre y 480 km² fuera de la costa. En el campo se han perforado aproximadamente 2882 pozos, los primeros pozos productores de petróleo en el Ecuador



Figura 1 Ubicación geográfica del campo Gustavo Galindo Velasco (Pacifpetrol 2018)

2.1.2 Fundamentos Del Levantamiento Artificial Por Bombeo Mecánico

El Método de Bombeo Mecánico consiste en elevar el fluido (petróleo + agua) desde el nivel que éste alcanza en el pozo y desplazarlo al punto de recolección (estación satélite o tanque elevado) por medio de una bomba de profundidad accionada por la columna de varillas que transmiten el movimiento del equipo de bombeo. Este método que es el más antiguo y ampliamente usado.

Principio físico

Este sistema es mediante válvulas (viajera y estacionaria), el cual, interviene el movimiento vertical ascendente, libera la válvula estacionaria haciendo un efecto de absorción que permite llenar el barril de la bomba, una vez alcanzado su máximo tope de elevación, comienza su carreteo descendente el cual permite cerrar la válvula estacionaria comprimiendo el fluido del barril de la bomba abriendo la válvula viajera y liberando el hidrocarburo hacia la parte superior del barril que nos va a permitir levantarlo en la siguiente carrera.

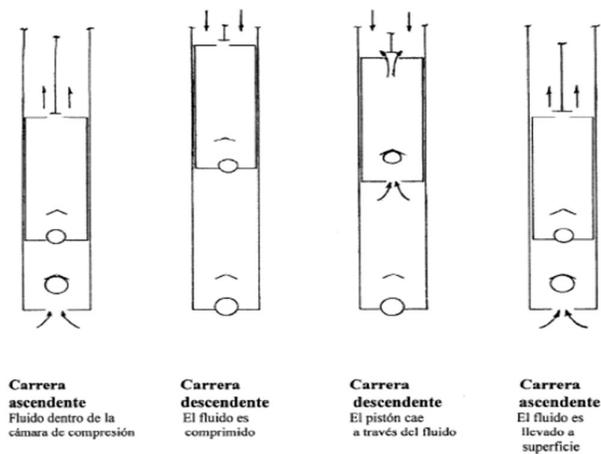


Figura 2 Principio físico del bombeo mecánico (Partidas, 2003)

El sistema de bombeo mecánico consta de las siguientes partes: equipos de superficie y equipos de subsuelo.

2.1.3 Equipos de superficie

Es la parte en el cual se desarrolla como soporte en el sistema de bombeo espontáneo, generando también la energía necesaria para el buen funcionamiento del sistema. Las partes principales que se encuentran en la superficie de un sistema de bombeo mecánico son la cabeza, el cuerpo de soporte, el contra peso, las patas, la caja reductora, y el motor.

El equipo de superficie se conforma de la siguiente manera:

- Unidad de bombeo
- Motor de la unidad
- Cabezal del pozo

Unidad de bombeo: es un aparato integrado cuyo objetivo es facilitar un cambio angular a rectilíneo normal, a una velocidad apropiada con el deseo de accionar la sarta de varillas y la bomba de subsuelo. Las partes principales de la unidad de bombeo son:

Estructura: es la parte principal estructural de la unidad de bombeo, es la base la cual se fabrica con perfiles de acero. Sirve como miembro rígido que une el soporte maestro, reductor y motor con una alineación apropiada para el mecanismo de trabajo.

Soporte maestro: constituido de tres soportes de perfiles de acero. Debe tener suficiente rigidez y resistencia para soportar el doble de la carga máxima del varillón pulido.

Bloque viajero: este elemento está constituido de un perfil de acero, el mismo que se coloca sobre un cojinete central que se encuentra en el centro del soporte maestro.

Biela: es un elemento fabricado de acero, el mismo que sirve para transmitir el movimiento al bloque viajero.

Manivela: se fabrica de hierro fundido y están acopladas al eje del reductor de velocidades para transmitir el movimiento a las bielas.

Reductor de velocidades: es un conjunto de engranajes helicoidales cuyo objetivo es reducir la velocidad y cambiar el movimiento de rotación entre el motor y el sistema biela - manivela que este accionado por medio de correas o bandas.

Correas o Bandas: son elementos muy importantes dentro de la unidad de bombeo ya que se utilizan para transmitir el movimiento del motor al reductor de velocidades.

Cabeza del balancín: es un elemento constituido por placas metálicas, el mismo que sirve como guía a los cables que van acoplados mediante el elevador con el varillón pulido.

Elevador: es un elemento que sirve como unión entre los cables y el varillón pulido, permitiendo de esta manera transmitir el movimiento rectilíneo vertical del varillón pulido sin dificultad.



Figura 3 Balancín del campo ancón (Pacifpetrol, 2018)

Motor de la unidad: es considerado como una máquina motriz que suministra la fuerza requerida para la operación de la unidad. Los motores se los utiliza para abastecer de energía mecánica a las unidades de bombeo para que logren llegar a la superficie los fluidos del pozo.

Cabezal de pozo: está constituido por una serie de dispositivos y de válvulas que permiten el paso del fluido del pozo a la tubería. Conjuntamente con la prensa estopa, esto permite el paso del varillón pulido en el ciclo de bombeo.



Figura 4 Cabezal del pozo del campo Ancón (Pacifpetrol, 2018)

Equipos del subsuelo

Están compuestas por la sarta de varillas y la bomba.

La varilla: es una herramienta que tiene como actividad principal proveer el pronunciamiento vertical desde la bomba y además soporta el peso del fluido y del propio peso de las varillas utilizadas.

La bomba: trabaja mediante diferenciales de presiones que se originan por las bolas y asientos, que ayudan a la entrada y sello del fluido en ciclos periódicos sincronizados.

Las funciones de la bomba son:

- Recibir el fluido desde la formación hacia dentro de la sarta de producción.
- Levantar el fluido hacia la superficie.

Los Componentes principales de la bomba de subsuelo

- Barril de trabajo.
- Pistón.
- Válvula fija.
- válvula viajera.

El Funcionamiento de una bomba de subsuelo se acciona mediante sus válvulas; la válvula fija ayuda a que el petróleo circule en el cilindro de la bomba. En la corrida descendente de las varillas, la válvula estática se cierra y se abre; la válvula viajera permite que el petróleo pase de la bomba a la tubería. En la carrera ascendente, la válvula viajera se cierra para mover hacia la superficie el petróleo que está en la tubería y la válvula viajera da paso a el petróleo para que entre en la bomba. La repetición continua del movimiento ascendente y descendente mantiene el flujo.

Ventajas y desventajas del bombeo mecánico

Ventajas

- Se utiliza generalmente en crudos pesados y con viscosidades considerables.
- Puede utilizar alternadamente combustible o electricidad como fuente de energía.
- El equipo es capaz de ponerse en marcha a temperaturas elevadas sin complicaciones.
- Varía la velocidad de embolada y longitud de carrera para el control de los indicadores de producción.

Desventajas

- Altos costos de mantenimiento.
- El equipo es de gran peso y ocupa mucho espacio.
- Alta producción de sólidos.
- No es apto en locaciones urbanas.

2.1.3 Fundamentos Del Levantamiento Artificial Por El Sistema De Cavidades Progresivas

Las bombas de cavidades progresivas (BCP) representan un método de Levantamiento Artificial de crudos pesados, medianos y livianos que ofrece una amplia versatilidad, alta eficiencia y bajo costo.

Un sistema BCP está formado por un cabezal de accionamiento en superficie y una bomba de fondo compuesta de un rotor de acero, en forma helicoidal de paso simple y sección circular, que gira dentro de un estator de elastómero vulcanizado. En la figura 5, se presenta la unidad de bombeo de cavidades progresivas.



Figura 5 unidad de bombeo de cavidades progresivas (Hirschfeldt, 2008)

Principio físico

El estator y el rotor no son concéntricos y el movimiento del rotor es combinado, uno rotacional sobre su propio eje y otro rotacional (en dirección opuesta a su propio eje) alrededor el eje del estator. Como se muestra en la figura 6.

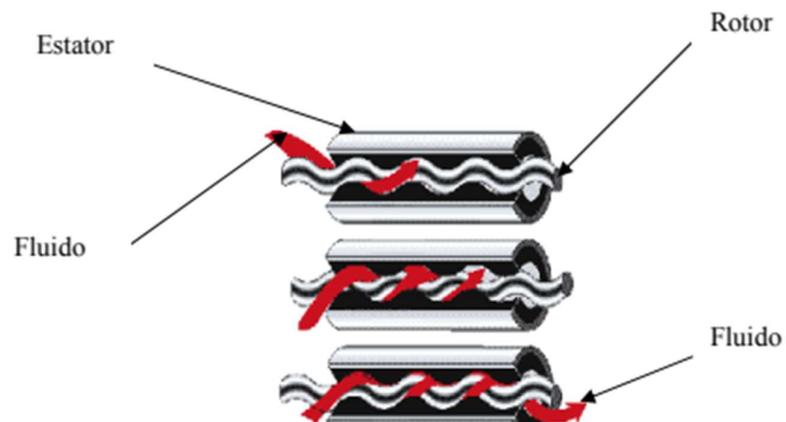


Figura 6 Principio de operación de la bomba de cavidades progresivas (Hirschfeldt, 2008)

Equipos de superficie

Los equipos que se encuentran en superficie deben tener la capacidad de proveer suficiente energía para abastecer el sistema, debiendo realizar lo siguiente:

- Suspender la sarta de varillas y soportar la carga axial del equipo de fondo.
- Entregar el torque requerido en el vástago.
- Rotar el vástago a la velocidad indicada.
- Prevenir la fuga de fluidos en superficie.

Cabezal de rotación: este es un equipo de accionamiento mecánico instalado en la superficie directamente sobre la cabeza del pozo. Consiste en un sistema de rodamientos o cojinetes que soportan la carga axial del proceso, un sistema de freno (mecánico o hidráulico) que puede estar integrado a la estructura del cabezal o ser un dispositivo externo, y un ensamblaje que incluye el sistema de empaque para evitar la filtración de fluidos a través de las conexiones de superficie.

Motor: La principal función del motor en el sistema es proveer la potencia requerida para generar el movimiento de rotación que se le debe suministrar al rotor. La potencia es función directa del torque y esta relación está expresada por la siguiente ecuación:

dónde:

$$P_{requerida} = \frac{C * T_{sarta} * N}{\mu_{transmisión}}$$

$P_{requerida}$ = Potencia total requerida por el sistema (Kw o HP).

T_{sarta} = Torque total sobre la sarta de varillas (N * m o Lbs.* ft.).

N = Velocidad de rotación del sistema (rpm).

μ transmisión = Eficiencia de transmisión (%).

$C =$ Constante (Sistema internacional: $1,504 * 10^{-2}$ o sistema inglés: $1,917 * 10^{-6}$).

Sistema de transmisión: Es el dispositivo utilizado para transferir la energía desde la fuente primaria (motor eléctrico o de combustión interna) hasta el cabezal de rotación. Existen tres tipos de sistemas de transferencia utilizados: poleas y correas, transmisión a engranajes e hidráulica.

Sistema de correas y poleas: La relación de transmisión con poleas y correas debe ser determinada dependiendo del tipo de cabezal seleccionado y de la potencia/torque que se debe transmitir a las varillas de bombeo (BCP). En el caso de los cabezales sin cajas reductoras (Directos) la relación es directa y viene determinada por la velocidad del motor y la requerida por el sistema.

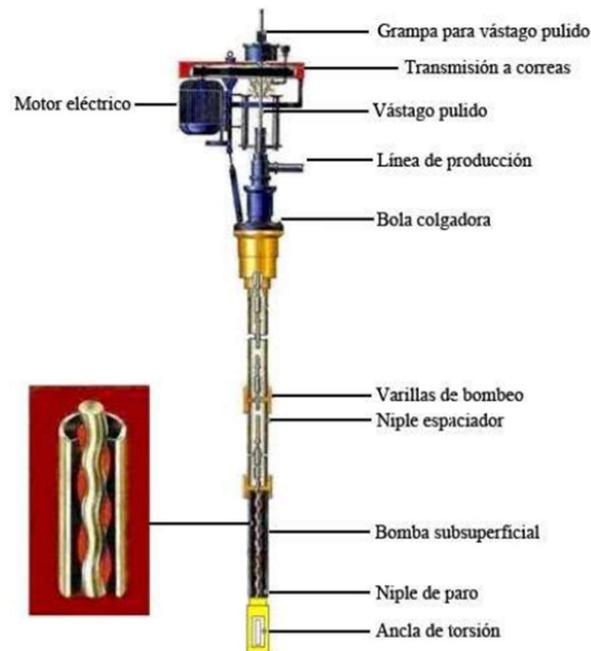


Figura 7 Sistema de bombas de cavidades progresivas (Hirschfeldt, 2008)

Sistema de frenado: La segunda función importante del cabezal es el frenado, que requiere el sistema una vez y rota en marcha inversa, llamado “Back-Spin”. Cuando un sistema BCP está en operación, una cantidad significativa de energía se acumula en forma de torsión sobre las varillas. Si el sistema se para repentinamente, la sarta de varillas de bombeo libera esa energía girando en forma inversa para liberar la torsión.

Variadores de frecuencia: Estos equipos son utilizados para brindar flexibilidad al cambio de velocidad en corto tiempo y sin recurrir a modificaciones mecánicas en los equipos. El variador de frecuencia rectifica la corriente alterna requerida por el motor y la modula electrónicamente produciendo una señal de salida con frecuencia y voltaje diferente. Al variar la frecuencia, varía la velocidad de rotación ya que ambas son proporcionales; finalmente, al variar la velocidad de operación, varía la producción.

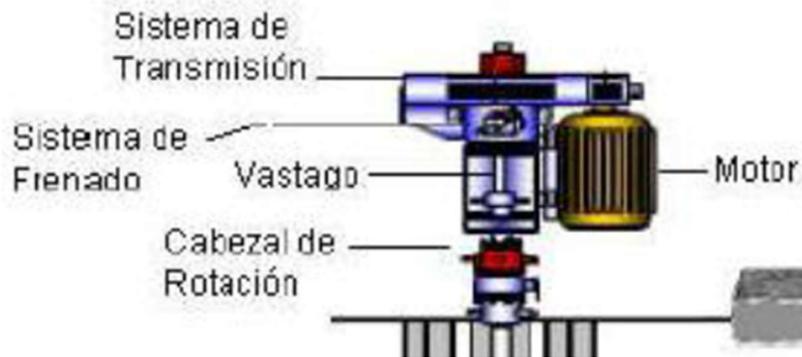


Figura 8 Sistema de bombas de cavidades progresivas (Hirschfeldt, 2008)

Equipos de subsuelo

Rotor: Se fabrica con acero altamente resistente, hecho con precisión en un torno especial y se recubre con una capa de material de alta resistencia a la abrasión por medio de un proceso electroquímico de cromado. El rotor a diferencia de los elastómeros se elabora a diferentes diámetros y espesores de cromado; la variación de estos dos parámetros permite un ajuste fino de la interferencia. Este se conecta a una sarta de varillas de bombeo, las cuales le transmiten el movimiento de rotación desde la superficie (accionamiento o impulsor).

Estator: Es un cilindro de acero (tubo) revestido internamente con un elastómero sintético (Polímero de alto peso molecular), moldeado en forma de hélice dispuestas entre sí, cuyos pasos son el doble de la hélice del rotor.

Elastómero: Es la base del sistema BCP en el que está moldeado el perfil de doble hélice del estator. Constituye el elemento más “delicado” de la bomba de cavidades progresivas, de su correcta determinación, la interferencia con el rotor depende en gran medida la vida útil de la BCP. El elastómero reviste internamente al estator, también es un polímero de alto peso molecular con la propiedad de deformarse y recuperarse elásticamente; esto,

hace que se produzca la interferencia entre el rotor y el estator, la cual determina la hermeticidad entre cavidades contiguas; en consecuencia, la eficiencia de la bomba (bombeo). Los elastómeros deben tener resistencia química para manejar los fluidos corrosivos y excelentes propiedades mecánicas para resistir los esfuerzos y la abrasión.

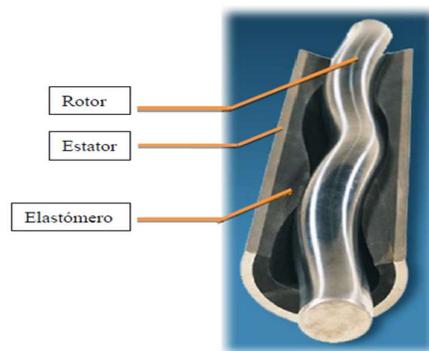


Figura 9 Rotor, estator y elastómero utilizado (PCP) (Hirschfeldt, 2008)

Niple de paro: Es un tubo de dimensiones pequeñas (figura 10), el cual se instala bajo el estator, sus funciones son:

- Servir de punto tope al rotor cuando se realiza el espaciado del mismo.
- Brindar un espacio libre al rotor de manera que permita la libre elongación de la sarta de varillas durante la operación del sistema.
- Impedir que el rotor y/o las varillas lleguen al fondo del pozo en caso de producirse rotura o desconexión de estas últimas.
- Servir de punto de conexión para accesorios tales como anclas de gas o anti torque, filtros de arena, etc.

Niple de maniobra: El movimiento excéntrico de la cabeza del rotor junto con el acople de unión a la primera varilla, describe un círculo de diámetro mayor que el propio. El diámetro que permitiría este movimiento es de $D + 2E$, donde:

- “D” es el mayor de los dos diámetros, el de la cabeza del rotor o el diámetro externo del acople.
- “E” es la excentricidad de la bomba (dato suministrado por el fabricante).

El niple de maniobra debe contar con un diámetro interno mayor que el resultado obtenido con la expresión $D + 2E$. En cuanto a su longitud, deberá ser de tamaño suficiente para garantizar que la cabeza del rotor (en condiciones de operación) se encuentre en el interior de dicho niple.

Niple de drenaje: Se utiliza para desocupar el crudo de la tubería de producción en aquellos casos cuando no es posible sacar el rotor de la bomba.

Niple X: Se emplea con el fin de detectar agujeros o uniones defectuosas en la sarta de tubería; se acostumbra realizar una prueba de presión durante la operación de bajada de la misma. Para realizar esta prueba se puede instalar un niple de asiento “X”, sobre el estator de la bomba, en el cual se asienta una válvula fija con pescante, que es fácil de recuperar luego de la prueba. Si el pozo presenta problemas de corrosión y la tubería es re-utilizada, es recomendable asentar la válvula en el niple “X” e ir probando a medida que se bajan los tubulares. Por ejemplo, cada 10 tubos; de esa manera es más fácil detectar y corregir la existencia de algún tubo defectuoso.



Figura 10 Niple utilizado en BCP (Hirschfeldt, 2008)

Ancla de torque: Al girar la sarta en el sentido de las agujas del reloj, se realiza la acción de girar la columna también hacia la derecha, es decir hacia el sentido de desenrosque de la tubería. A esto se suman las vibraciones producidas en la columna por las ondas armónicas ocasionadas por el giro de la hélice del rotor dentro del estator. La suma de estos efectos podría provocar el desprendimiento del tubing. El ancla de torque elude esta dificultad.

Cuanto más tiende la columna al desenrosque, más se ajusta el ancla. Debe ir siempre instalada debajo del estator, elemento de la columna donde el esfuerzo de torque es mayor. No siempre es necesaria su instalación, ya que, en bombas de menor caudal a bajas velocidades o profundidades, no se tienen torques importantes y/o se producen grandes vibraciones. No obstante, es recomendable en todos los casos.



Figura 11 Ancla de torque (Hirschfeldt, 2008)

Ancla de gas: La eficiencia volumétrica del BCP, al igual que la de otros tipos de bombas, es afectada de manera significativa por la presencia de gas libre en su interior. Anclas de gas es el nombre que comúnmente se emplea para referirse a los separadores estáticos gas-líquido de fondo de pozo, generalmente la separación gas – líquido ocurre fuera del ancla desviándose el gas al espacio anular entre el revestidor y la tubería de producción

y el líquido es enviado a la bomba; sin embargo, las anclas de gas no son 100% eficientes, por lo que, una porción del mismo es arrastrado a su interior y de allí a la bomba.

Centralizador de varillas: Los centralizadores de varillas se suelen colocar sólo en aquellos pozos con desviaciones o inclinaciones muy pronunciadas para evitar el desgaste de varillas/tubería y reducir el torque. El cojinete de los centralizadores es de plástico duro para resistir las incrustaciones de arena, aromáticos, ácido sulfhídrico, dióxido; un buen diseño de su ubicación alarga la vida útil de las varillas y el tubing.



Figura 12 Centralizador de Varillas (Hirschfeldt, 2008)

Tubing: En caso de haber instalado un ancla de torque, la columna se arma con torque óptimo API, correspondiente a su diámetro. Si existiera arena, aún con ancla de torque, se debe ajustar con el torque máximo API. De este modo, en caso de quedar el ancla atrapada, existen más posibilidades de librarla, lo que se realiza girando la columna hacia la izquierda. Si no hay ancla de torque, se debe ajustar también, con el máximo API, para prevenir el desenrosque del tubing.

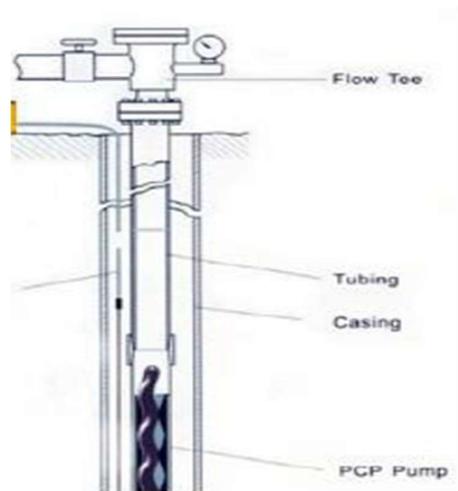


Figura 13 Tubing BCP (Hirschfeldt, 2008)

Trozo de maniobra: Es una varilla corta, la cual, es muy importante instalar encima del rotor cuando el sistema gira a una velocidad superior a 250 rpm. Debido a su longitud y al movimiento excéntrico del motor que se transmite directamente a ella, la varilla instalada tiende a doblarse y rozar contra las paredes del interior de la tubería de producción.

Varillas de bombeo API: Son las encargadas de transmitir el movimiento rotatorio generado por el sistema de impulsión en superficie al rotor de la bomba. Las varillas en este sistema soportan la carga axial generada por el propio peso de la sarta, más el par de torsión debido al movimiento rotatorio. La combinación de estas dos fuerzas da el esfuerzo total que debe soportar el sistema, el mismo que tiene el valor máximo en el extremo superior de la sarta de varillas (eje de impulsión) cuyo valor no debe sobrepasar los 14000 psi. Los diámetros máximos utilizados están limitados por el diámetro interior del tubing.

2.1.4 Ventajas y desventajas del sistema de bombeo de cavidades progresivas

Ventajas

- Produce crudos pesados, medianos y livianos.
- Tolera altos contenidos de gas libre
- Ausencia de válvulas evitando el desgaste de partes móviles
- Bajos costos de inversión inicial
- Bajos costos de energía
- Bajos costos de mantenimiento
- Simple instalación y operación
- Baja emisión de ruido.

Desventajas

- Resistencia a temperaturas menores de 350 °F.
- Poca experiencia en el diseño, instalación y operación del sistema.
- Opera con bajas capacidades volumétricas.
- Los fluidos pueden dañar los elastómeros por ser altamente sensibles.

2.2 METODOLOGÍA PROPUESTA PARA RESOLUCIÓN.

Investigación de campo

En esta modalidad se inspeccionarán las características del pozo AHU29 del campo Gustavo Galindo Velasco para luego ejecutar la comparación entre el sistema de producción de bombeo mecánico y el bombeo de cavidades progresivas.

Investigación bibliográfica

Se obtuvieron suficientes elementos de juicio respecto al régimen de producción con bombeo mecánico y bombas de cavidades progresivas con ayuda del internet, libros y registros técnicos que fundamentan el desarrollo del trabajo investigativo.

Tipo de estudio

Este trabajo será de tipo analítica lo que permitirá analizar los datos obtenidos para luego realizar un estudio que englobe toda la problemática a resolver.

Investigación analítica

La investigación analítica consiste en el estudio de la información mediante una base de datos del pozo AHU29 para observar que método de levantamiento artificial es más rentable.

Métodos y técnicas de recopilación de información y datos

De acuerdo con el objetivo de este estudio técnico para realizar la comparación entre el método de levantamiento artificial bombeo mecánico y bombeo de cavidades progresivas, los datos que se utilizarán son: historial de producción del pozo, datos PVT, características del pozo, completación.

2.3 RESOLUCION DEL CASO PRÁCTICO

La ecuación de Vogel se desarrolló en 1968, mediante una correlación para el flujo en dos fases (líquido y gas) en un yacimiento de petróleo saturado mediante el montaje de

una curva sobre los resultados de una multiplicidad de simulaciones de yacimientos con gas en solución.

P_r = Presión de yacimiento (820 *psi*)

P_{wf} = Presión de fondo fluyente actual (95 *psi*)

$$q_{o \max} = \frac{q_o}{1 - 0.2 \left(\frac{P_{wf}}{P_r} \right) - 0.8 \left(\frac{P_{wf}}{P_r} \right)^2} = \frac{6 \text{ bbl / dia}}{1 - 0.2 \left(\frac{95 \text{ psi}}{820 \text{ psi}} \right) - 0.8 \left(\frac{95 \text{ psi}}{820 \text{ psi}} \right)^2}$$
$$= 6.143 \text{ BPPD}$$

$$Q_{\max} = Q_o + Q_w = 6 \frac{\text{Bbl}}{\text{dia}} + 6.143 \frac{\text{Bbl}}{\text{dia}} = 12.143 \text{ Bbl/dia}$$

Según los resultados obtenidos del pozo AHU29 se observa que se encuentra produciendo bajo el punto de burbuja, con un Bsw de 50.4% a una tasa de 6 barriles por día con un P_{wf} de 95 Psi y se puede obtener un caudal máximo de 13.4 Bbl/d.

CAPITULO III: ANALISIS DE RESULTADOS

3.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el análisis técnico de la producción máxima de petróleo, se pudo abordar temas sobre los dos tipos de levantamiento artificial (bombeo mecánico y bombeo de cavidades progresivas), usando el bombeo mecánico para la extracción de petróleo se determinas un caudal máximo de 17 Bbl/dia. Mientas que en el bombeo de cavidades progresivas se obtuvo un caudal máximo de 12.14 Bbl/dia. Considerando las características del pozo AHU29 queda por sentado que el método de levantamiento artificial más idóneo es el bombeo mecánico, ya que obtuvo un caudal mayor.

CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- La importancia de los Sistemas de Levantamiento Artificial se debe a la pérdida natural de energía en el yacimiento, por lo que su correcta selección es de vital importancia para explotar de una manera eficiente, óptima y correcta un pozo petrolero.
- El método de levantamiento artificial más idóneo para el pozo AHU29 es bombeo mecánico debido a su mayor caudal de producción en comparación al método de cavidades progresivas.

4.2 RECOMENDACIONES

- Selección de pozos con la tasa de producción mayor o igual a 5 barriles diarios para facilitar la aplicabilidad del sistema BCP.
- Antes de realizar cualquier trabajo, que implique un cambio del sistema de producción al pozo seleccionado, es necesario actualizar la información de campo.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahmed, T. (2019). *Reservoir Engineering Handbook Fifth Edition*. Hampshire: Elsevier Inc.
- Dake, L. P. (1978). *Fundamental of reservoir engineering* . Elsevier Scientific Publishing .
- David Rodriguez, J. (2014). *Estudio de la factibilidad de la aplicacion de bombeo de cavidades progresivas* . Santa Elena.
- Hawkins, C. B. (1991). *Applied Reservoir Engineering*. New Jersey: Prentice-Hall international .
- Hirschfeldt, M. (2008). *Manual de Bombeo de Cabidades Progresivas*.
- Mortola, J. (s.f.). *Diseño de intalaciones de Bombeo mecanico*. Guayaquil.
- N, N. (16 de junio de 2005). *Textos Cientificos.com*. Obtenido de Recuperación Asistida de Petróleo: <https://www.textoscientificos.com/petroleo/recuperacion>
- Pacifpetrol. (2018). Obtenido de <https://www.pacifpetrol.com/es/historia>
- Partidas, H. (2003). *Bombeo Mecanico Optimización, Diagnósticoy OperaciónDictado*. San Tomé Edo.
- PerfoBlogger. (22 de Noviembre de 2018). *PerfoBlogger.wordpress.com*. Obtenido de Yacimientos Saturados y Subsaturados: <http://perfob.blogspot.com/2018/11/yacimientos-saturados-y-subsaturados.html>