

**EFFECTO DEL CORTE DE AGUA Y LA VISCOSIDAD DEL FLUIDO DE
PRODUCCION EN LA EFICIENCIA VOLUMETRICA DE LAS BOMBAS DE
CAVIDADES PROGRESIVAS**

ERWIN CHAPARRO FONSECA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
BUCARAMANGA**

2008

**EFFECTO DEL CORTE DE AGUA Y LA VISCOSIDAD DEL FLUIDO DE
PRODUCCION EN LA EFICIENCIA VOLUMETRICA DE LAS BOMBAS DE
CAVIDADES PROGRESIVAS**

ERWIN CHAPARRO FONSECA

Trabajo de Grado como requisito parcial
para optar el título de Ing. de Petróleos

Director:

Ing. FERNANDO CALVETE

Ingeniero de Petróleos

Docente UIS

Co-director:

Ing. William Abril Avellana

Ingeniero de Petróleos

Weatherford Colombia Ltda

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
BUCARAMANGA**

2008

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. BOMBAS DE CAVIDADES PROGRESIVAS	17
1.1 RESEÑA HISTORICA.....	17
1.2 GENERALIDADES	18
1.3 COMPONENTES DEL SISTEMA	23
1.3.1 Equipo de subsuelo	23
1.3.2 Equipo de superficie	33
1.4 PRINCIPIOS BASICOS	36
1.4.1 Geometria de bombas PCP	38
1.4.2 Capacidad de desplazamiento	41
1.4.3 Capacidad de levantamiento.....	42
1.4.4 Requerimientos de torque y potencia	44
2. EFICIENCIA VOLUMETRICA DE LAS BOMBAS DE CAVIDADES PROGRESIVAS	46
2.1 EFICIENCIA VOLUMETRICA	46
2.2 FACTORES QUE AFECTAN LA EFICIENCIA VOLUMETRICA DE LAS BOMBAS DE CAVIDADES PROGRESIVAS.....	46
2.2.1 Velocidad de operación.....	47
2.2.2 Presión de levantamiento.....	48
2.2.3 Temperatura del fluido	49
2.2.4 Gravedad y viscosidad del fluido de producción	51
2.2.5 Interferencia rotor-estator.....	52
2.2.6 Corte de agua y BSW	53
2.3. GRAFICOS DE EFICIENCIA VOLUMETRICA EN BOMBAS DE CAVIDADES PROGRESIVAS	54
2.3.1 Eficiencia volumétrica y desplazamiento real de la bomba.....	55

2.3.2 Eficiencia volumétrica y deslizamiento.....	55
2.3.3 Eficiencia volumétrica y ajuste rotor - ESTATOR.....	56
2.3.4 Eficiencia volumétrica y capacidad de levantamiento	58
2.3.5 Torque de la bomba.....	59
3. BANCO DE PRUEBA PARA BOMBAS DE CAVIDADES PROGRESIVAS.....	61
3.1 PRUEBA DE LA BOMBA	61
3.2 COMPONENTES DEL BANCO DE PRUEBAS.	61
3.2.1 Motor eléctrico o hidráulico	62
3.2.2 Variador de frecuencia (VDS)	63
3.2.3 Sistema de poleas y correa.....	64
3.2.4 STUFFIN BOX	65
3.2.5 Tanque de almacenamiento, bomba centrífuga y manguera.	65
3.2.6 Soportes del banco	66
3.2.7 Válvula choke.....	67
3.2.8 Tanque báscula	68
3.2.9 Válvula neumática.....	69
3.2.10 Panel de control	70
3.3 FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS.....	72
3.4 FORMATO DE PRUEBAS DE BOMBAS PCP	74
3.5 INSTRUCCIONES Y PROCEDIMIENTO DE PRUEBA	77
4. METODOLOGIA PLANTEADA.....	81
4.1. VARIABLES DE ANALISIS.....	81
4.1.1 Viscosidad dinámica y cinemática	81
4.1.2 Corte de agua de producción.....	84
4.2 METODOLOGIA PARA DETERMINAR EFECTO DE VISCOSIDAD EN LA EFICIENCIA VOLUMETRICA DE LAS BOMBAS PCP.....	85
4.3 METODOLOGIA PARA DETERMINAR EFECTO DEL CORTE DE AGUA EN LA EFICIENCIA VOLUMETRICA DE LAS BOMBAS PCP.	89
4.4 OBSERVACIONES GENERALES DE LOS RESULTADOS.....	90

4.5 EFECTO DE LA VISCOSIDAD EN LA EFICIENCIA VOLUMETRICA DE LAS BOMBAS PCP.	91
4.6 EFECTO DEL CORTE DE AGUA EN LA EFICIENCIA VOLUMETRICA DE LAS BOMBAS PCP.	99
4.7 EFECTO DEL CORTE DE AGUA EN EL TORQUE DE OPERACION DE LAS BOMBAS PCP.	102
5. VALIDACION DE RESULTADOS	105
6. CONCLUSIONES	114
BIBLIOGRAFÍA	119
ANEXOS	121

LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Comparación de eficiencia para sistemas de levantamiento artificial	19
Figura 2. Equipo de Subsuelo PCP	24
Figura 3. Descripción del Estator	26
Figura 4. Descripción del Rotor	32
Figura 5. Equipo de Superficie PCP	33
Figura 6. Curvas Hipocicloides H1 y H2 (Geometría PCP 3:4)	36
Figura 7. Envolventes de las hipocicloides H1 y H2 (geometría PCP 3:4)	37
Figura 8. Bomba PCP de geometría 1:2.	39
Figura 9. Viscosidad del aceite pesado versus temperatura y Aceite pesado diluido en keroseno para diferentes relaciones (aceite pesado / keroseno).	50
Figura 10. Curva típica de Eficiencia Volumétrica y torque en función de la presión.	54
Figura 11 Efecto del deslizamiento en la eficiencia volumétrica de las bombas PCP.	56
Figura 12. Efecto del ajuste Rotor-estator en la eficiencia de las bombas PCP.	57
Figura 13. Efecto de la capacidad de levantamiento neto en la eficiencia volumétrica y el deslizamiento.	58
Figura 14. Comportamiento del torque en función de la presión diferencial.	59
Figura 15. Efecto de la velocidad de operación en el torque de la bomba PCP.	60
Figura 16. Motor eléctrico usado en sistemas PCP	62
Figura 17. Variador de frecuencia con filtro, resistencia y banco de condensadores.	63
Figura 18. Stuffin Box del banco de pruebas PCP.	65
Figura 19. Tanque de almacenamiento para fluido de prueba	66
Figura 20. Soportes del banco de pruebas PCP.	67
Figura 21. Válvula choke para similar presión hidrostática.	68

Figura 22. Tanque bascula del banco de pruebas.	68
Figura 23. Válvula neumática de descarga.	69
Figura 24. Panel de control del banco de pruebas PCP	70
Figura 25. Formato de pruebas de bomba PCP.	75
Figura 26. Reporte de pruebas de bomba PCP.	76
Figura 27. Definición grafica de viscosidad dinámica.	82
Figura 28. Efecto de la temperatura en la viscosidad del agua.	84
Figura 29. Viscosidad de mezcla @ 40°C para SAVE-VI S OGS	87
Figura 30. Efecto de la viscosidad en la eficiencia volumétrica para una bomba 18.40-600 operada @ 100 RPM.	92
Figura 31. Efecto de la viscosidad en la eficiencia volumétrica para una bomba 18.40-600 operada @ 200 RPM.	92
Figura 32. Efecto de la viscosidad en la eficiencia volumétrica para una bomba 18.40-600 operada @ 300 RPM.	93
Figura 33. Efecto de la viscosidad en la eficiencia volumétrica para una bomba 24.40-1200 operada @ 100 RPM	94
Figura 34. Efecto de la viscosidad en la eficiencia volumétrica para una bomba 24.40-1200 operada @ 200 RPM.	95
Figura 35. Efecto de la viscosidad en la eficiencia volumétrica para una bomba 24.40-1200 operada @ 300 RPM.	95
Figura 36. Efecto de la viscosidad en la eficiencia volumétrica para una bomba 22.40-2500 operada @ 100 RPM.	96
Figura 37. Efecto de la viscosidad en la eficiencia volumétrica para una bomba 22.40-2500 operada @ 200 RPM.	97
Figura 38. Efecto de la viscosidad en la eficiencia volumétrica para una bomba 22.40-2500 operada @ 300 RPM.	97
Figura 39. Efecto de desplazamiento de la bomba en la eficiencia volumétrica con agua como fluido de prueba @ 100 RPM.	98
Figura 40. Efecto de desplazamiento de la bomba en la eficiencia volumétrica con agua como fluido de prueba @ 200 RPM.	99

Figura 41. Efecto de desplazamiento de la bomba en la eficiencia volumétrica con agua como fluido de prueba @ 300 RPM.	99
Figura 42. Efecto del corte de agua en la eficiencia volumétrica @ 100 RPM.	100
Figura 43. Efecto del corte de agua en la eficiencia volumétrica @ 200 RPM.	101
Figura 44. Efecto del corte de agua en la eficiencia volumétrica @ 300 RPM.	101
Figura 45. Efecto del corte de agua en el torque de las PCP @ 100 RPM.	103
Figura 46. Efecto del corte de agua en el torque de las PCP @ 200 RPM.	103
Figura 47. Efecto del corte de agua en el torque de las PCP @ 300 RPM.	104
Figura 48. Pruebas de producción Gua 49.	107
Figura 49. Pruebas de producción Gua 61.	107
Figura 50. Pruebas de producción Gua 62.	108
Figura 51. Pruebas de producción Gua 64.	108
Figura 52. Pruebas de producción Gua 89.	109
Figura 53. Pruebas de producción pozo 113	109
Figura 54. Pruebas de producción pozo 114	110
Figura 55. Pruebas de producción pozo 126	110
Figura 56. Pruebas de producción pozo 137	111
Figura 57. Pruebas de producción pozo 143	111

LISTADO DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Rangos de aplicación del sistema PCP	22
Tabla 2. Tabla de propiedades físicas y químicas de los elastómeros.	30
Tabla 3. Propiedades físicas de los fluidos de prueba.	86

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. FICHAS TECNICAS DE FLUIDOS DE PRUEBA	122
ANEXO B. PRUEBAS DE BOMBA CON FLUIDOS DE PRUEBA	140
ANEXO C. PRUEBAS DE PRODUCCION DE EMULSIONES	155
ANEXO D. PRUEBAS DE BOMBAS CON DIFERENTES CORTES DE AGUA.	156
ANEXO E. PRUEBA DE PRODUCCION POZOS DE VALIDACION.	163

RESUMEN

TITULO: EFECTO DEL CORTE DE AGUA Y LA VISCOSIDAD DEL FLUIDO DE PRODUCCION EN LA EFICIENCIA VOLUMETRICA DE LAS BOMBAS DE CAVIDADES PROGRESIVAS*.

AUTOR: ERWIN CHAPARRO FONSECA**.

PALABRAS CLAVE: Presión hidrostática, temperatura, Bomba de cavidades progresivas, Rotor, Estator, Variador de frecuencia, Viscosidad, BSW, Eficiencia volumétrica, RPM, Torque, Amperios, desplazamiento, Relación de transmisión.

La eficiencia volumétrica de las bombas de cavidades progresivas es un parámetro de importancia en la selección y el diseño apropiado para un determinado pozo. Por otro lado, existen factores que sin duda alguna afectan la eficiencia volumétrica de las bombas PCP pero no se conoce mucho del grado en que éstos influyen. El estudio de estos factores representa para la industria un avance en conocimiento técnico de las bombas de cavidades progresivas y sus alcances económicos pueden ser extraordinarios.

En la mayoría de aplicaciones en las que se usan bombas de cavidades progresivas se extraen crudos de alta viscosidad como es el caso de países como Canadá, Venezuela, Rusia, entre otros y por lo tanto es la viscosidad un parámetro esencial en este estudio de investigación. De igual forma la presión de operación, que en pozo es equivalente a la profundidad de instalación ha sido presentada como una limitante del sistema. Sin embargo mediante este estudio se observa que el efecto negativo de la presión es contrareestado por la velocidad de operación y el grado de viscosidad del fluido.

Tanto el comportamiento obtenido en el banco de pruebas como las pruebas de producción de los pozos seleccionados demuestran que el comportamiento de la eficiencia volumétrica con relación al corte de agua es directamente proporcional, mientras que el torque neto del sistema es inversamente proporcional al corte de agua.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Químicas, Escuela de Ingeniería de Petróleos, Director de Proyecto Ingeniero de Petróleos Fernando Calvete, Profesor Escuela de Ingeniería de Petróleos, Codirector del Proyecto Ingeniero de Petróleos William Abril Avellaneda

ABSTRACT

TITTLE: EFFECT OF WATER CUT AND PRODUCTION FLUID VISCOSITY IN THE VOLUMETRIC EFFICIENCY OF PROGRESSIVE CAVITY PUMP*.

AUTHOR: ERWIN CHAPARRO FONSECA**.

KEYWORDS: Hydrostatic Pressure, Temperature, Progressive cavity Pump, Rotor, Stator, Viscosity, BSW, Volumetric efficiency, RPM, Torque, Ampere, Displacement, Transition Relation.

The volumetric efficiency of progressive cavity pump is an important parameter in the selection and design suitable for a given well. On the other hand, there are certainly factors that affect the volumetric efficiency of PCP pumps but not much is known of the extent to which they affect. The study of these factors represents a breakthrough for the industry in technical knowledge of the progressive cavity pump and its economic achievements can be extraordinary.

In most applications that use progressive cavity pumps are heavy oil reservoirs as is the case in countries such as Canada, Venezuela, Russia, among others, and therefore the viscosity is an essential parameter in this study. Likewise pressure operation (which is equivalent to depth in the wells) has been presented as a limiting system. In this study will show that the negative effect of the pressure is minimized by the operation speed and the fluid's viscosity.

Both the behavior obtained in the test bench as evidence of producing wells selected show that the behavior of the volumetric efficiency in relation to cut water is directly proportional, while the net torque system is inversely proportional to cut water.

* Degree Work

** Faculty of Physical Chemical Engineering, Petroleum Engineering School, Advisers: Eng. Fernando Calvete, Eng. William R Abril

INTRODUCCIÓN

Desde comienzos del siglo XIX, el hombre ha sido dependiente de las fuentes de energía, especialmente de los combustibles fósiles como el hidrocarburo. Por lo cual ha desarrollado técnicas adecuadas para su descubrimiento, extracción, producción y refinación. Desde los años 20, la producción de petróleo a nivel mundial se realizó mediante bombeo mecánico. Sin embargo a través de los años y en base a las diferentes condiciones de extracción, se han desarrollado otros sistemas de producción como bombeo electrosumergible, gas Lift, bombeo hidráulico, bombeo por cavidades progresivas, entre otros.

El bombeo mecánico sigue siendo el método más preferido y utilizado a nivel mundial con más de 450000 instalaciones (85% del total de pozos activos con equipo de bombeo), lo cual representa un incremento interanual del 1,27% a partir de 1920. En segundo lugar se ubica el bombeo electrosumergible con más de 45000 instalaciones, equivalente al 8,52% y un incremento interanual de 2,44% desde su implementación en 1958. En tercer lugar se ubica el bombeo hidráulico con más de 2500 instalaciones (0,47% del total) representado en un 3,23% de incremento anual promedio desde su implementación en 1978. Por último, las bombas de cavidades progresivas cuentan con un total aproximado de 30500 instalaciones que representan un 5,78% del total de los equipos de bombeo y un incremento interanual de crecimiento del 5,26% a partir de 1980.

Como se puede observar, las bombas de cavidades progresivas representan el método de mayor índice de crecimiento interanual, lo cual indica la aceptación que ha tenido desde su implementación ya que estas poseen la mayor eficiencia volumétrica, son adaptables a diferentes tipos de fluido y en especial en crudos pesados y viscosos como los que actualmente se explotan. El bombeo de

cavidades progresivas es un sistema económico, eficaz y de bajo riesgo. El 70% de las instalaciones se han realizado en yacimientos de crudo pesado como los que se encuentran en Canadá (18000 instalaciones), Rusia, China, Venezuela, entre otros.

Sin embargo, las bombas de cavidades progresivas son aún muy novedosas y presenta limitaciones asociadas principalmente a sus capacidades volumétricas y de levantamiento, relativos cortos tiempos de vida útil (de 10 a 18 meses) y la sensibilidad del elastómero a ciertos fluidos y condiciones de operación hacen de este método una oportunidad clara de mejora en cuanto a desarrollos tecnológicos apropiados, prácticas operacionales, y mejores criterios de selección que permitan avanzar en el desarrollo de este sistema de levantamiento artificial.

Este método de producción ha tenido más y más aceptación en diferentes países que explotan campos de aceite viscoso como Canadá, Venezuela, Rusia y China. Pero también ha sido muy efectiva en la producción de aceites livianos, abrasivos y puede ser producida en caudales altos.

Las fábricas anglo-americanas han llamado a esta bomba como Progressing o Progressive Cavite Pump. Las bombas de cavidades progresivas están compuestas principalmente por dos elementos, un rotor metálico y un estator de elastómero. Cuando el rotor gira dentro del estator, el fluido se transporta a lo largo de las cavidades existentes entre el rotor y el estator. El caudal de producción depende de parámetros como diámetro del rotor, excentricidad, longitud pitch del estator, entre otras. Cualquier variación entre estos diferentes parámetros está disponible en los diferentes tipos de bombas PCP disponibles en el mercado.

Cada distribuidor desarrolla su propia línea de producto en base a la variación de la geometría, presiones, tasas de fluido, clases de elastómero, capa protectora de

rotor, etc. Otros factores como la tasa de flujo a determinadas RPM, presión hidrostática, diámetro de casing, presencia de arena, condiciones de succión, torque, límites de potencia, compatibilidad entre el fluido de producción y el elastómero deben ser considerados durante la selección de la bomba de cavidad progresiva.

1. BOMBAS DE CAVIDADES PROGRESIVAS

1.1 RESEÑA HISTORICA¹.

El concepto de bombas de cavidades progresivas se desarrolló a finales de los años 20 por el Francés René J Moineau. En 1930 obtuvo su primera patente con un nuevo concepto aplicable a maquinas mecánicas y en 1932 creó su compañía llamada "*Pompes Compresseurs Mecanique*" en asociación con Gevelot company. Con el tiempo vendió sus patentes bajo acuerdos de licencia a diversas compañías a nivel mundial.

En un principio, la tecnología de bombas de cavidades progresivas fue aplicada en sistemas de transmisión para industrias de alimentos, papel, agricultura, etc. Pero solo hasta la década de los 50 se da su primera aplicación con fines petroleros, cuando se desarrollan los primeros motores hidráulicos con mecanismo de doble rotor helicoidal para la perforación de pozos direccionales. En la década de los 70 se realizaron esfuerzos importantes en la búsqueda de la implementación del principio de Moineau en sistemas de producción de petróleo.

Desde 1957, Rusia estudió la oportunidad de usar el principio de Moineau en sistemas de perforación y producción de petróleo. En la década de los setenta ellos usaron las bombas de Moineau para la producción in situ de aceites pasados, las cuales eran rotadas por un motor eléctrico sumergible de 4 polos girando a 1450 RPM bajo 50 Hz de frecuencia.

¹ CHOLET, Henri. Progressing Cavity Pumps. Instituto Francés Del Petróleo. Editions Technip. Paris-Francia, 1997

En 1979, industrias Canadienses implementaron las bombas de cavidades progresivas en campos de crudo pesado y de alto corte de arena. Una vez obtuvieron excelentes resultados, se desarrollaron sistemas completos de subsuelo y superficie. En los años subsiguientes, la gama de productos se amplió y la comercialización de las bombas de cavidades progresivas se expandió a nivel mundial.

En 1985, el instituto Francés del petróleo y la PCM, corren la primera bomba de Moineau en un pozo operado por TOTAL, la cual era operada desde superficie por medio de sarta de varillas. Esta es sencilla, económica y apropiada para todos los ambientes.

En las últimas dos décadas, las bombas de cavidades progresivas han experimentado un desarrollo gradual como un método de levantamiento artificial. Se estima que hoy en día existen más de 35000 instalaciones a nivel mundial, de las cuales más de 18000 se encuentran en Canadá. Las bombas de cavidades progresivas están aún en sus principios comparada con otros sistemas de levantamiento artificial como el bombeo mecánico, electrosumergible o hidráulico. Por lo tanto se han venido presentando mejoras continuas en este sistema a fin de ampliar sus rangos de aplicación. Sin duda alguna el porcentaje de crecimiento de las PCP seguirá aumentando considerablemente debido a que es un sistema económico, eficiente, práctico y ha demostrado ser muy útil en la producción de petróleo.

1.2 GENERALIDADES²

Las bombas de cavidades progresivas son bombas de desplazamiento positivo conformadas principalmente por un estator de elastómero sintético pegado

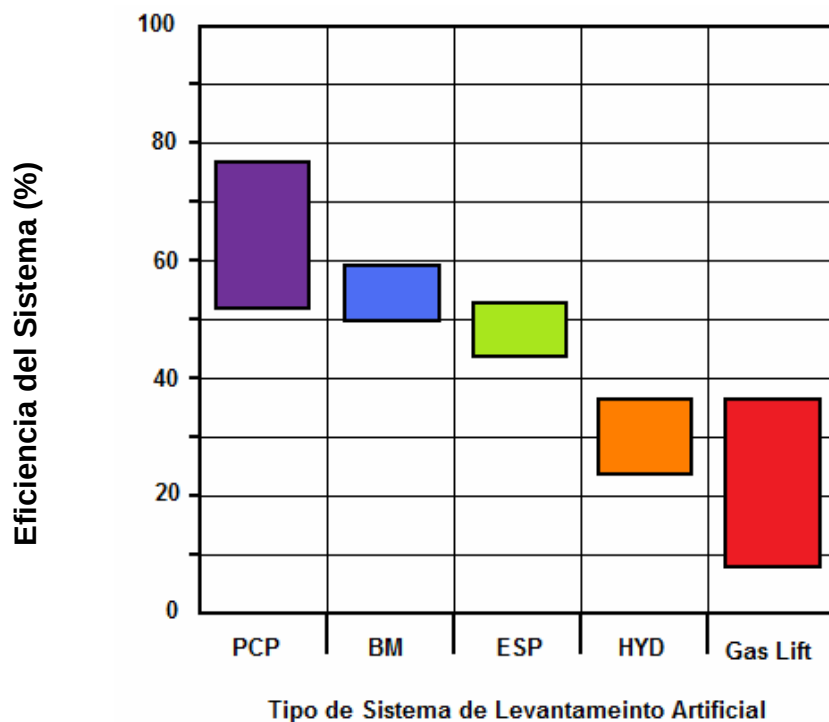
² CUIIIA, Francisco. Principios fundamentales para diseño de sistemas con bombas de cavidad progresiva. Weatherford Artificial Lift Systems. Alberta- Canadá, 1999

internamente a un tubo de acero, el cual se instala en pozo conectado a la tubería de producción y un rotor helicoidal que está conectado al final de una sarta de varillas. La rotación de esta sarta de varillas se da desde superficie por medio del accionamiento de una fuente externa.

El movimiento giratorio del rotor dentro del estator fijo, permite el desplazamiento del fluido en dirección ascendente.

El sistema de levantamiento artificial con bombas de cavidades progresivas tiene ventajas importantes con respecto a otros sistemas de producción de petróleo. Como se muestra en la figura 1, la principal ventaja está asociada a la alta eficiencia, que en algunos casos llega a superar el 80%.

Figura 1. Comparación de eficiencia para sistemas de levantamiento artificial



Fuente: Modificado de CUILLA, F. Principios fundamentales para diseño de sistemas con bombas PCP.

Otras ventajas adicionales del sistema PCP son las siguientes:

- Habilidad para producir fluidos viscosos y pastosos.
- Habilidad para producir altas concentraciones de arena
- Habilidad para tolerar altos porcentajes de gas libre
- Ausencia de válvulas o partes reciprocantes evitando bloqueo o desgaste de las partes móviles.
- Muy buena resistencia a la abrasión
- Bajos costos de inversión inicial
- Bajos costos de energía
- Simple instalación y operación
- Bajo mantenimiento
- Equipo de superficie de pequeñas dimensiones
- Bajo nivel de ruido

Sin embargo el sistema de levantamiento PCP también presenta desventajas asociadas principalmente a la capacidad de desplazamiento y presión de levantamiento de la bomba así como la incompatibilidad del elastómero con componentes aromáticos del fluido de producción. Las principales desventajas son las siguientes:

- Capacidad de desplazamiento real
- Capacidad de levantamiento real
- Resistencia a la temperatura
- Alta sensibilidad a los fluidos producidos (Hinchamiento, endurecimiento, ampollamiento o desgarramiento del elastómero)
- Sujeto a bajas capacidades volumétricas cuando existen altas cantidades de gas libre
- Desgaste entre las varillas y la tubería de producción (Pozos direccionales)

- Se requiere equipo de workover para sacar tubería de producción y sustituir el estator
- Sistema propenso a vibración bajo altas velocidades requiriendo el uso de anclas de tubería y centralizadores de varilla.
- Poca experiencia en el diseño, instalación y operación del sistema.

Hoy en día existen las siguientes técnicas y tecnologías que permiten eliminar algunas de las anteriores desventajas.

- El uso de bombas PCP insertables elimina la necesidad de un equipo de workover durante su cambio o sustitución.
- El uso de sarta de varilla continua distribuye la carga de contacto a la largo de toda la sarta y por lo tanto disminuye las fallas por desgaste.
- El uso de tubing rotator (rotador de tubería), aumenta la vida útil de la tubería de producción.
- El uso de separadores de gas y tubos de cola mantienen la eficiencia y capacidad de desplazamiento de las bombas de cavidades progresivas.
- La instalación de sensores de nivel evitan que la bomba trabaje en seco, es decir sin sumergencia.

Día a día las empresas de servicios petroleros trabajan en el mejoramiento continuo de los sistemas, en el caso de las bombas de cavidades progresivas se concentran los esfuerzos por desarrollar tecnologías que permitan crear elastómeros resistentes y duraderos a fin de ampliar el tiempo de vida útil de las bombas PCP.

Tabla 1. Rangos de aplicación del sistema PCP

CARACTERISTICA	RANGO TIPICO	MAXIMO
Profundidad de Operación	(1000 - 5000)ft (TVD)	9000 ft (TVD)
Volumen de Operación	(5 - 2500) BFPD	5000 BFPD
Temperatura de Operación	(75 - 170) °F	300 °F
Desviación de Pozo	N/A	Dog-Leg (15º 100 ft)
Manejo de Corrosión	Excelente	
Manejo de Gas	Bueno	
Manejo de Sólidos	Excelente	
Densidad de Fluido	Por debajo de 45°API	
Tipo de Fluido	Fluidos Dulces	
Servicio y Reparación	Requiere equipo de Workover	
Tipo de Movimiento Principal	Motor Eléctrico o de combustión interna	
Aplicación Off-shore	Excelente	
Eficiencia del Sistema	50 - 70 %	90%

Fuente: Progressing Cavity Pump manual, general information, Version 1.0, Weatherford Artificial Lift Systems, 1999

El sistema de levantamiento artificial por bombas de cavidades progresivas, posee ciertos rangos de operación que son de gran importancia a la hora de diseñar la aplicación a determinado pozo o campo.

En la Tabla 1 podemos observar que la aplicación de sistemas de levantamiento artificial con bombas de cavidades progresivas está enmarcada dentro de

yacimientos someros, de baja presión, de baja producción y para fluidos sin contenido de aromáticos o corrosivos como H₂S y/o CO₂.

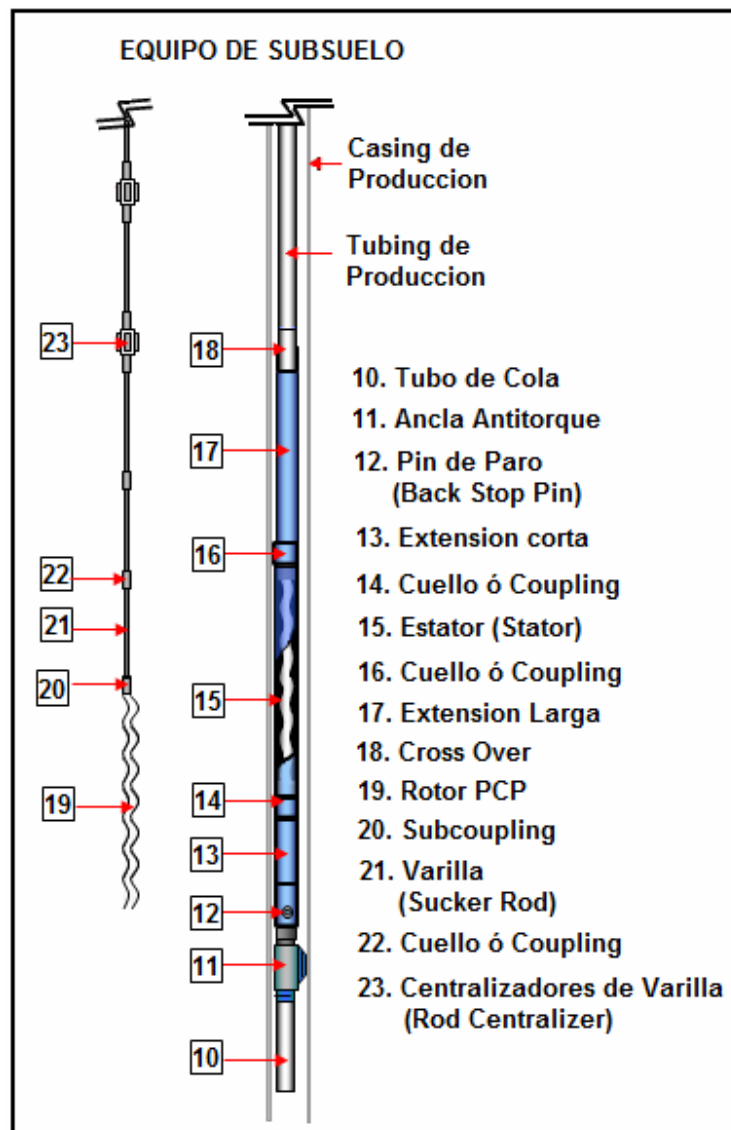
1.3 COMPONENTES DEL SISTEMA

Existen diferentes compañías proveedoras de sistemas de levantamiento con bombas de cavidades progresivas como Netzsch, Kudu y Weatherford, por lo tanto las configuraciones del sistema pueden variar dependiendo del fabricante. Sin embargo, existen componentes principales como la bomba PCP (Estator y Rotor) para el equipo de subsuelo y cabezal, motor y variador para el equipo de superficie.

1.3.1 Equipo de subsuelo. El equipo de fondo o subsuelo está conformado principalmente por la bomba de cavidades progresivas, sus accesorios, el rotor y la sarta de varillas.

- o **Tubo de Cola.** Las bombas de cavidades progresivas pueden trabajar en pozos con alto GOR, sin embargo el desplazar gas disminuye la eficiencia volumétrica de la bomba y la interacción entre el gas y el elastómero pueden conllevar a problemas de hinchamiento, endurecimiento, desgarramiento, entre otro. Por lo tanto es recomendable que la profundidad de succión de la bomba sea mayor a la profundidad de los perforados inferiores, evitando así el paso del gas por la bomba de cavidades progresivas. Algunas situaciones en las que la bomba quede por encima de perforados es aconsejable instalar un separador de gas o un tubo de cola que permita llevar la punta de la sarta de producción por debajo de los perforados inferiores facilitando así que el gas se produzca por el espacio anular y el líquido por la sarta de producción. De esta forma el tubo de cola actúa similar a un separador de gas.

Figura 2. Equipo de Subsuelo PCP

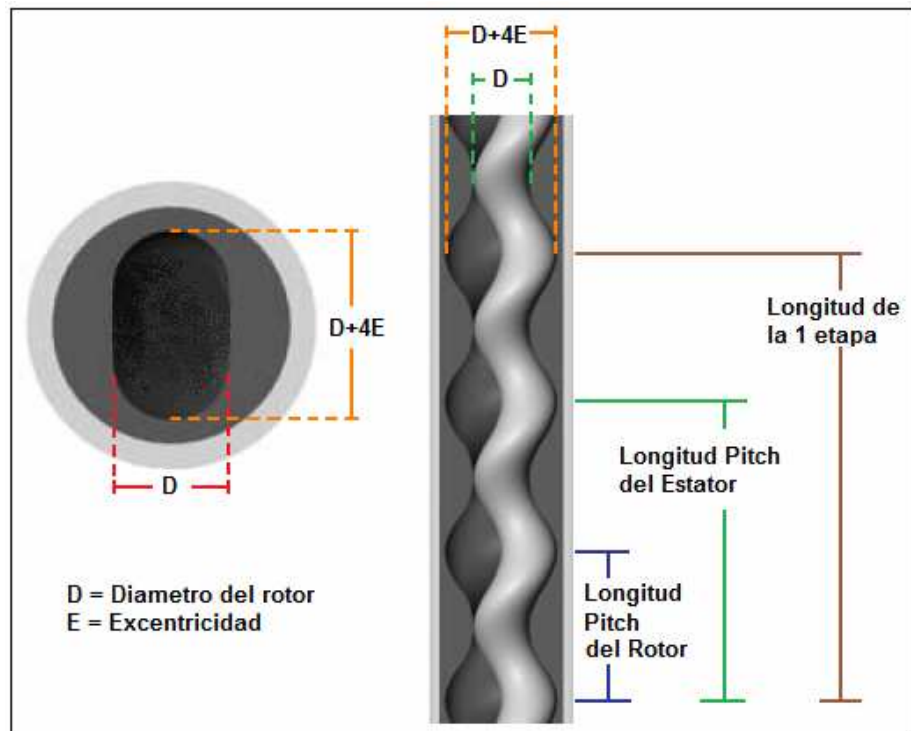


- o **Ancla Antitorque.** El ancla antitorque es uno de los accesorios mas importantes en el equipo de subsuelo de las bombas de cavidades progresivas ya que esta impide que el BHA de producción no se desconecte a causa de la fuerza interna que el rotor ejerce sobre el estator durante su constante

movimiento en sentido horario. Existen diferentes marcas y tipos de anclas (NT, Excalibre, Torqstopper, entre otras).

- o **Pin de Paro (Back Stop Pin).** El pin de paro ó Back Stop pin es un accesorio indispensable en todo BHA de bombas de cavidades progresivas. Su principal función es servir como punto de referencia para el espaciamiento del rotor dentro del estator durante la instalación del sistema. Otra importante función del pin de paro se evidencia cuando el sistema de varillas se rompe, caso en el cual el rotor no puede pasar del pin de paro y de esta forma permite que la varilla partida pueda ser pescada sin necesidad de sacar la tubería de producción.
- o **Extensión Corta.** La sarta de varillas al igual que cualquier otro material, resiste esfuerzos axiales que producen elongación. La elongación de la varilla debe ser compensada con el espaciamiento del rotor mediante el levantamiento de la sarta de varillas evitando así que durante su operación el rotor toque el pin de paro. Si se conecta el estator directamente con el pin de paro, al espaciar el rotor este quedará por encima del intake de estator. Por lo tanto, la extensión corta es un Pup Joint que permite espaciar el rotor con el fin de que su extremo coincida con el extremo inferior del estator.
- o **Estator (Stator).** Los estatores son tubos de acero con cuerpos de elastómeros (o caucho) pegados internamente. Los internamente torneados como hélices de dos o más lóbulos (dependiendo de la geometría). El elastómero interno de un estator se caracteriza por 3 parámetros que son:
 - Ancho mínimo de la sección transversal = D
 - Ancho máximo de la sección transversal = $D+4E$
 - Longitud Pitch del Estator (PS) = $2 \times Pr$

Figura 3. Descripción del Estator



El elastómero es el componente principal del elastómero y sus propiedades son la clave para la duración y desempeño de la bomba de cavidades progresivas. Hoy en día existe una amplia gama de tipos de elastómeros acordes a las diferentes aplicaciones de presión, temperatura, tipo de fluido, gas, etc. Sin embargo las propiedades mecánicas y formulación química varían de un fabricante a otro.

Propiedades de los Elastómeros³

El elastómero en una bomba PCP es pieza clave y su selección debe estar acorde a la aplicación. Algunas de las propiedades del elastómero son las siguientes:

- **Dureza:** La dureza es la media del módulo estático de elasticidad del elastómero. Esta relacionada con la profundidad de penetración de una bola sujeta a pequeños y grandes esfuerzos según norma ASTM D2240

³ CUILLA, F. Op. Cip.

expresada en grado internacional de dureza (IRHD Internacional Rubber Hardness Degree). El rango típico de dureza en los elastómeros es de 65 a 75 IRHD, aunque pueden darse casos entre 55 a 80 IRHD.

- **Resistencia a la Tensión y Elongación:** La resistencia a la tensión es utilizado como una medida comparativa de la calidad del elastómero, adicionalmente es un indicativo a la resistencia abrasiva y al desgarre. La resistencia a la tensión y elongación esta determinada por el punto de ruptura de una muestra sometida a tensión según normas ASTM D412.
- **Elasticidad:** Un elemento elástico forma la fase continua del un elastómero aunque él también comprenda un elemento viscoso de fricción. Como resultado, los elastómeros se clasifican como materiales viscoelásticos y su habilidad para alcanzar una máxima flexibilidad es evaluada por la medición de su resiliencia, deformación, esfuerzo de relajación y ajuste por compresión. Determinado mediante el rebote de una bola en caída libre (ASTM D1054) sobre una muestra de elastómero, expresada en porcentaje de la distancia de rebote. La deformación se determina mediante la aplicación de un esfuerzo en forma constante y midiendo periódicamente el incremento de deformación en el tiempo. La prueba de esfuerzo de relajación (ASTM D1390) La disminución en la fuerza requerida para mantener una deformación constante medida periódicamente a través del tiempo.
- **Resistencia a la Abrasión:** Es medida mediante una muestra de elastómero sometida a la abrasión mediante discos cortantes o cuchillas (ASTM D1630 y D2228) midiendo el volumen de material removido. Algunos aditivos especiales pueden contribuir con el mejoramiento de esta propiedad.

- **Resistencia al Desgarre:** Es la fuerza requerida para desgarrar un elastómero mediante norma ASTM D624. La resistencia al desgarre se expresa como fuerza por espesor de muestra.
- **Fatiga y Resistencia fractura por flexión:** En un esfuerzo cíclico se desarrollan procesos de histéresis entre el trabajo recuperado y el trabajo requerido, esta histéresis puede resultar en un incremento considerable de calor dentro del elastómero. Por otro lado, la flexión y compresión del elastómero conlleva a la iniciación y desarrollo de facturas. La característica de la fatiga y la tasa de generación de calor del elastómero se determina al someter una muestra de elastómero a fuerzas dinámicas de compresión (ASTM D623). Con esta prueba se mide el incremento de temperatura, el grado de ajuste permanente, cambios dimensionales y en algunos casos el tiempo requerido para lograr la falla por fatiga de ruptura interna (ASTM D430). Un elastómero de menor elasticidad y resiliencia provocan mayores pérdidas de energía e incrementa el calor. Por otro lado, la fatiga por flexión esta relacionada con la composición del elastómero, el enlace químico y aditivos utilizados.
- **Resistencia al Calor:** La exposición del elastómero al calor causa una expansión del material y puede ayudar a ciertas reacciones químicas que afecten la integridad del mismo. Lo anterior causa una perdida irreversible de propiedades del material. Una goma natural puede resistir los 50°C (120°F) y una goma sintética soporta límites hasta de 150°C ó más. La resistencia al calor puede ser determinada mediante la aplicación de calor al elastómero y la medición de sus propiedades físicas y químicas.
- **Resistencia a los Líquidos:** La absorción de líquidos por el elastómero causa un incremento en su volumen (hinchamiento) lo que provoca un deterioro en sus propiedades. Este hinchamiento es un proceso de difusión.

El ataque químico es otro causante de la degradación del elastómero por fluidos. Los elastómeros que presentan mayor densidad de enlaces son más resistentes a este tipo de ataque. La determinación de la resistencia a los líquidos (ASTM D471) consiste en sumergir una muestra de elastómero en fluidos por un determinado tiempo y se calcula el hinchamiento como el porcentaje de incremento de volumen durante este periodo.

- **Resistencia a los gases:** La permeabilidad relativa al gas es determinada por la medición de difusión del gas a través de una muestra delgada de elastómero (ASTM D815). Lo cual es gobernada por los niveles de solubilidad y difusividad del gas en la muestra de elastómero. Estas tasas son variables con la temperatura, la presión diferencial, el espesor del elastómero.

Los elastómeros utilizados en bombas de cavidades progresivas deben cumplir las siguientes características:

- Buena resistencia química al fluido de transporte
- Buena resistencia térmica
- Buena resistencia a la abrasión y al desgarre
- Capacidad de recuperación elástica
- Adecuadas propiedades mecánicas (resistencia a la fatiga)

Los elastómeros comunes en las bombas de cavidades progresivas son:

- Cauchos de Nitrilo convencional
- Cauchos de Nitrilo Hidrogenado
- Fluoroelastómeros

La selección de un elastómero está limitada principalmente a la aplicación. Si existen dos o más elastómeros, debe seleccionarse aquel que sea de mejores

propiedades mecánicas y mas competitivo desde el punto de vista económico. En la tabla 2, se muestran los principales elastómeros y sus propiedades.

Tabla 2. Tabla de propiedades físicas y químicas de los elastómeros.

PROPIEDAD	Nitrilo Contenido Medio (BUNA)	Nitrilo de Alto Contenido (High Nitrile)	Nitrilo Hidrogenado (Hydrogenated)	Fluoro- Elastomero (Vitón)
Propiedades Mecánicas	<i>Excelente</i>	<i>Promedio</i>	<i>Muy bueno</i>	<i>Bajas</i>
Resistencia Abrasiva	<i>Buena</i>	<i>Promedio</i>	<i>Buena</i>	<i>Bajas</i>
Resistencia a Aromáticos	<i>Promedio</i>	<i>Buena</i>	<i>Promedio</i>	<i>Muy Buena</i>
Resistencia a Crudos agrios	<i>Promedio</i>	<i>Promedio</i>	<i>Promedio</i>	<i>Promedia</i>
Resistencia al Agua (100°C)	<i>Promedio</i>	<i>Pobre</i>	<i>Buena</i>	<i>Excelente</i>
Temperatura máxima de servicio	<i>95°C (200°F)</i>	<i>105°C (221°F)</i>	<i>135°C (275°F)</i>	<i>150°C (302°F)</i>
Resistencia al gas	<i>Promedio</i>	<i>Buena</i>	<i>Buena</i>	<i>Muy Buena</i>
Resistencia al H₂S	<i>Promedio</i>	<i>Muy Pobre</i>	<i>Buena</i>	<i>Excelente</i>

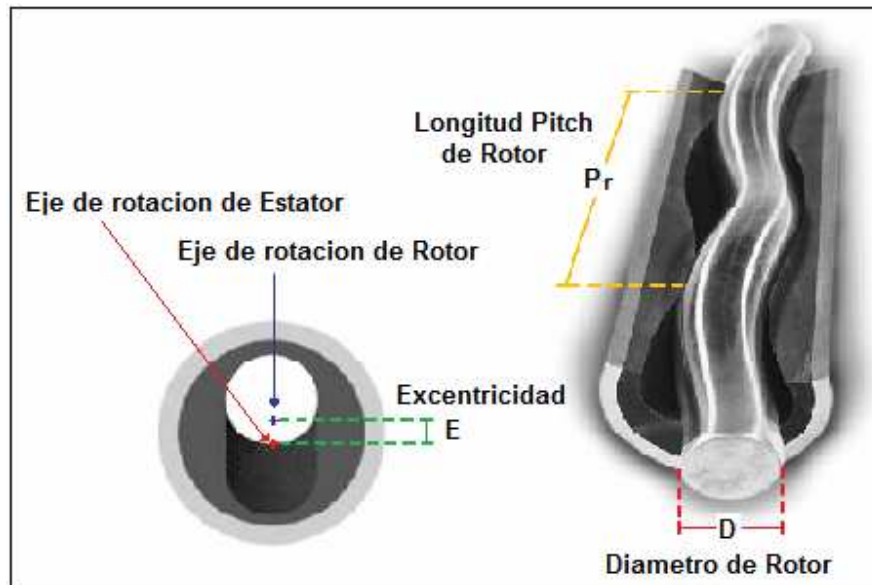
Fuente: Basics in Progressing Cavity Pumping Systems Course. PCP Training Program, Weatherford Artificial Lift Systems International. Bogotá-Colombia, 18-20 April 2007.

- o **Extensión Larga.** En las bombas de cavidades progresivas, el rotor tiene una longitud de aproximadamente 2 ft mayor a la del estator, esto con el fin de asegurar que durante la operación de las bombas de cavidades progresivas se creen todas las líneas de sello entre el rotor y el estator. Por lo tanto es aconsejable que el diámetro interno del tubo inmediatamente por encima del estator sea superior al diámetro de orbita del rotor y de esta forma evitar rozamiento rotor–Tubería. La extensión larga es un Pup joint que cumple con las condiciones antes nombradas.
- o **Rotor.** El rotor es una pieza de acero de alta resistencia torneado externamente en forma helicoidal y cubierto por una capa de cromo que lo hace resistente a la abrasión. Algunos fabricantes han usado capa de Boro para aplicaciones en pozos con muy alto corte de arena. La función del rotor dentro del estator es crear líneas de sello (Rotor – Elastómero) y formar cavidades que desplacen el fluido de forma ascendente durante el movimiento giratorio del rotor en sentido horario.

Como se ilustra en la figura 3, los rotores están definidos por 3 parámetros geométricos que son:

- Diámetro (D): El diámetro del lóbulo del rotor.
- Excentricidad (E): La distancia entre la línea o eje central del rotor y la línea o eje central del estator.
- Longitud Pitch de Rotor (Pr): La longitud descrita por una cresta durante una rotación de 360°. $Pr = PS/2$

Figura 4. Descripción del Rotor



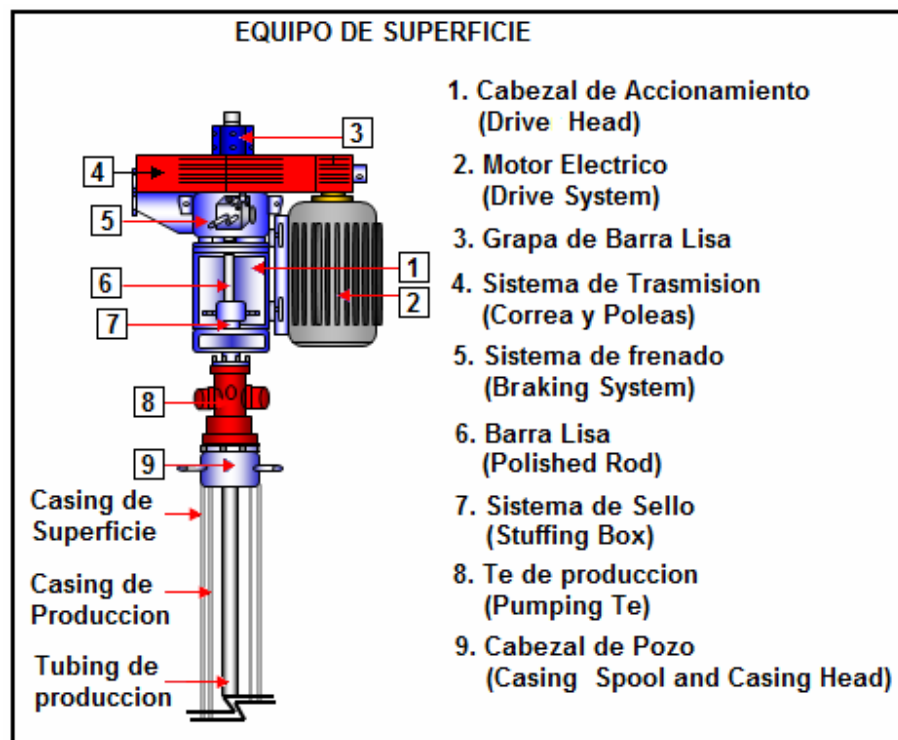
- o **Sarta de varillas.** La sarta de varillas es un conjunto de varillas unidas por cuellos o couplings y cuya función principal es transmitir la potencia (torque) desde el cabezal en superficie hasta la bomba en fondo (rotor). La sarta de varillas de aplicación PCP combina cargas axiales debido al peso de la sarta y cargas torsionales debido al movimiento giratorio del sistema.

La limitación del sistema de bombas de cavidades progresivas en pozos horizontales o altamente desviados se debe a la sarta de varillas. Sin embargo existen aplicaciones especiales en pozos desviados mediante la utilización de centralizadores de varilla para evitar el rozamiento metal – metal ó mediante el uso de varilla continua, con la cual se distribuyen los esfuerzos o cargas de contacto a lo largo de toda la sarta y de esta forma se reducen los problemas de tubería rota y varilla partida.

Actualmente existe en el mercado una amplia gama de tipos de varilla, entre las que se encuentran varillas sólidas de alto torque, varillas huecas de bajo peso, varilla continua, etc.

1.3.2 Equipo de superficie

Figura 5. Equipo de Superficie PCP



El equipo de superficie es seleccionado de acuerdo a los requerimientos de potencia del sistema de subsuelo, del tipo de energía disponible, etc. Este equipo está compuesto por un cabezal de accionamiento que puede ser mecánico ó hidráulico, un sistema generador de energía (motor eléctrico o de combustión interna), un sistema de frenado y un sistema de sello (Stuffing Box).

- o **Cabezal de Accionamiento.** El cabezal de accionamiento se ubica por encima de la te de producción en la cabeza de pozo y sus funciones principales son

sostener la sarta de varillas de bombeo y la carga axial que estas generan, tener un sistema de transmisión de potencia desde el motor hasta la sarta de varillas suspendida por medio de una barra lisa (polished rod), proporcionar un sistema de sello que impida fugas de fluido de producción y disponer de un sistema de freno que permita un back spin (giro en sentido contrario) controlado durante la liberación de energía acumulada cuando el sistema es detenido.

Para cumplir los anteriores requerimientos, los cabezales PCP están conformados por los siguientes sistemas:

- Sistema de suspensión de carga (Grapa)
- Sistema de transmisión (Poleas y correa / Hidráulico)
- Mecanismo de frenada (Mecánico / centrifugo / hidráulico)
- Sistema de sello (Stuffing box)

Hoy en día existe en el mercado diferentes tipos del cabezal de accionamiento de acuerdo a los requerimientos de cada uno de los sistemas que lo componen.

o **Motor.** El motor es el equipo que genera el movimiento giratorio del sistema. Existen dos tipos de motor utilizables en los sistemas de levantamiento artificial con bombas de cavidades progresivas, el motor eléctrico y el motor hidráulico. La selección de uno u otro se debe a la disposición de energía eléctrica de la locación.

Cuando el motor utilizado es eléctrico, se requiere de un variador de frecuencia para la variación de la velocidad de operación del sistema. El motor eléctrico requiere bajos costos de mantenimiento, posee alta eficiencia, bajos costos de energía, es de fácil operación y de muy bajo ruido.

En los motores hidráulicos la potencia es aplicada al eje por medio de un motor hidráulico suplantado por una bomba de desplazamiento positivo. Un amplio rango de velocidades es disponible. La protección de torque al sistema debe darse por un controlador de presión (provisto de una válvula de seguridad). La acción de freno es generada por el bombeo de un sistema de fluido hidráulico a través de nozzles. Esta energía es absorbida.

La implementación de un motor hidráulico es de operación manual, pueden trabajar con gas natural, diesel o gasolina, requiere de altos costos de mantenimiento y sus eficiencias son menores a las del motor eléctrico. Sin embargo son una excelente elección en zonas no electrificadas.

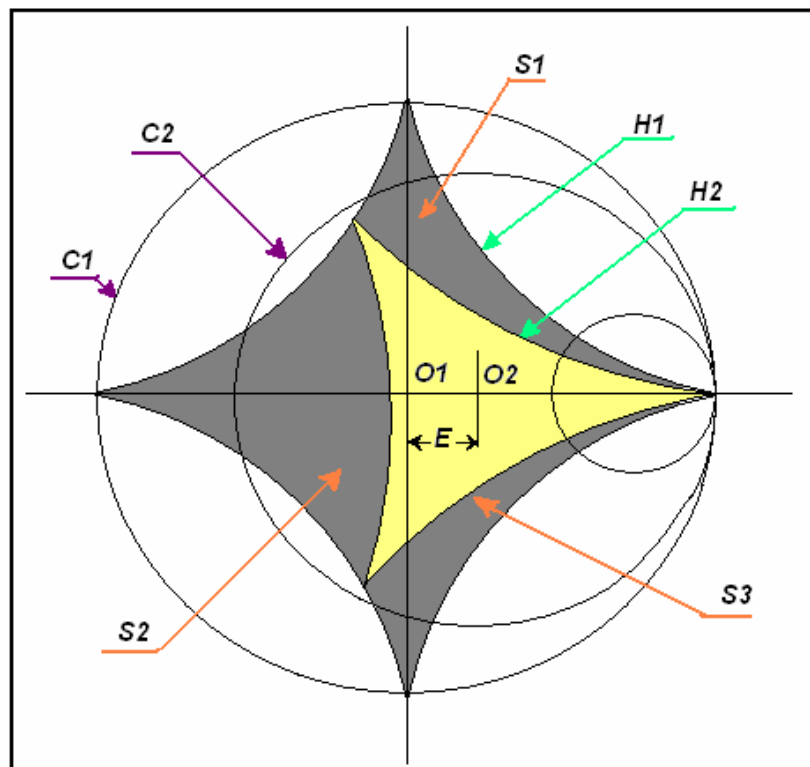
- o **Variador de Frecuencia.** Los variadores de frecuencia son de gran utilidad para proteger y controlar el sistema de levantamiento con bombas de cavidades progresivas. Este puede ser operado por carga (Torque) o por carga de motor (Corriente) y pueden ajustarse parámetros de control que son límites a los cuales el variador se detiene protegiendo así el sistema. El variador de frecuencia también brinda la posibilidad de regular la velocidad de operación y posee conexiones externas análogas que permiten optimizar el sistema con la instalación de sensores de presión, temperatura y nivel de sumergen cía.
- o **Te de producción (Pumping tee).** La te de producción es un dispositivo necesario en las instalaciones de bombas de cavidades progresivas para dirigir el fluido de producción del tubing a la línea de producción de superficie (pipeline). Existen diferentes dispositivos de cabeza de pozo como la composite pumping tee, que es una te de producción provista de BOP's de varilla, las cuales son utilizadas con objetivos de seguridad.

1.4 PRINCIPIOS BASICOS⁴

El concepto teórico de las bombas de cavidades progresivas parte de dos condiciones necesarias para obtener las cavidades cerradas:

- El rotor debe tener un lóbulo menos que el estator y cada lóbulo debe estar siempre en contacto con la superficie interna del estator.
- El rotor y el estator constituyen longitudinalmente dos engranajes helicoidales.

Figura 6. Curvas Hipocicloides H1 y H2 (Geometría PCP 3:4)



Fuente: Modificado de CUIIIA, F. Principios fundamentales para diseño de sistemas con bombas PCP.

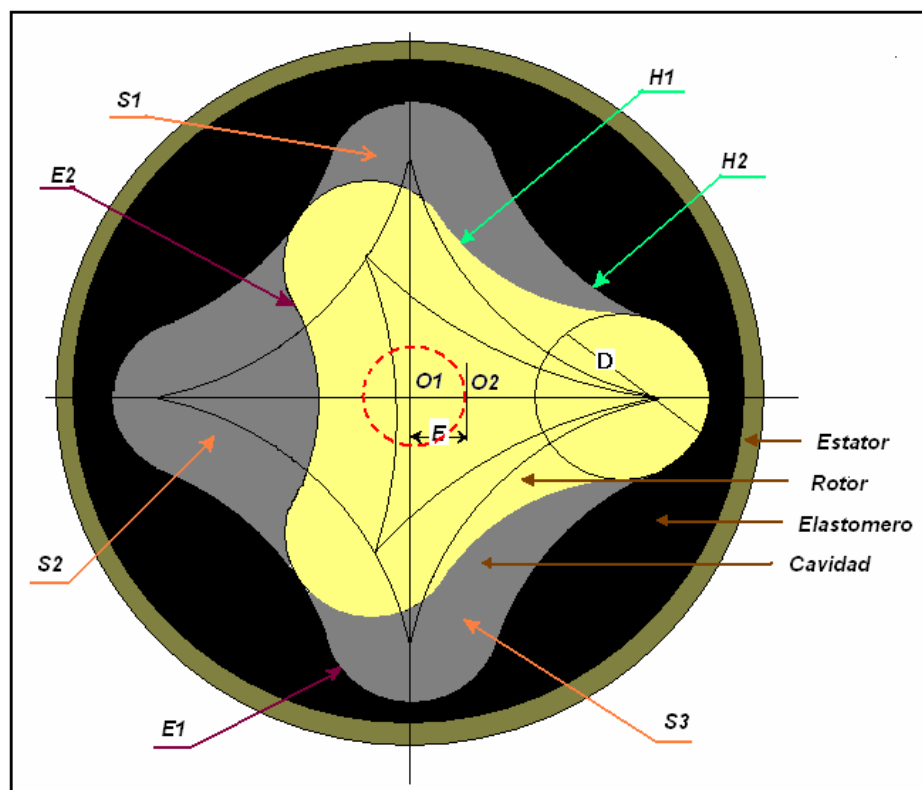
⁴ CUIIIA, Francisco. Op. Cip

Como se observa en la figura 6 la hipocicloide **H1** con n dientes (4 para el caso de la figura 1,6) cuya base es el círculo **C1 (O1, R1)** esta conectada a la hipocicloide **H2** con $(n-1)$ dientes (3 para el caso de la figura 1,6), cuya base es el círculo **C2 (O2, R2)** por la relación $R_2/R_1=(n-1)/n$. Estas dos curvas generan dos engranes, uno dentro del otro.

Como se muestra en la figura 1.7, estando la hipocicloide **H1** fija, cuando **H2** gira con una dirección determinada, su centro **O2** dibuja en dirección opuesta un círculo de centro **O1** y de radio **O1O2** tal que:

$$O2O1 = E = \text{Excentricidad}$$

Figura 7. Envoltentes de las hipocicloides H1 y H2 (geometría PCP 3:4)



Fuente: Modificado de CUILLA, F. Principios fundamentales para diseño de sistemas con bombas PCP.

Durante este movimiento los vértices de **H2** están siempre en contacto con **H1** y entre las hipocicloides se forman superficies cerradas **S1**, **S2** y **S3** de área variable cuya sumatoria (**S1 + S2 + S3**) permanece siempre constante.

Para cumplir la segunda condición, las envolventes **E1** y **E2** rotan longitudinalmente sobre helicoides tridimensionales, cuya relación de altura entre crestas (paso) será igual a la relación de lóbulos entre ambas piezas.

Con éste desplazamiento helicoidal las superficies **S1**, **S2** y **S3** se convierten en volúmenes lenticulares definidos por los espacios vacíos entre ambos engranes, haciendo de esta forma posible las “cavidades cerradas”

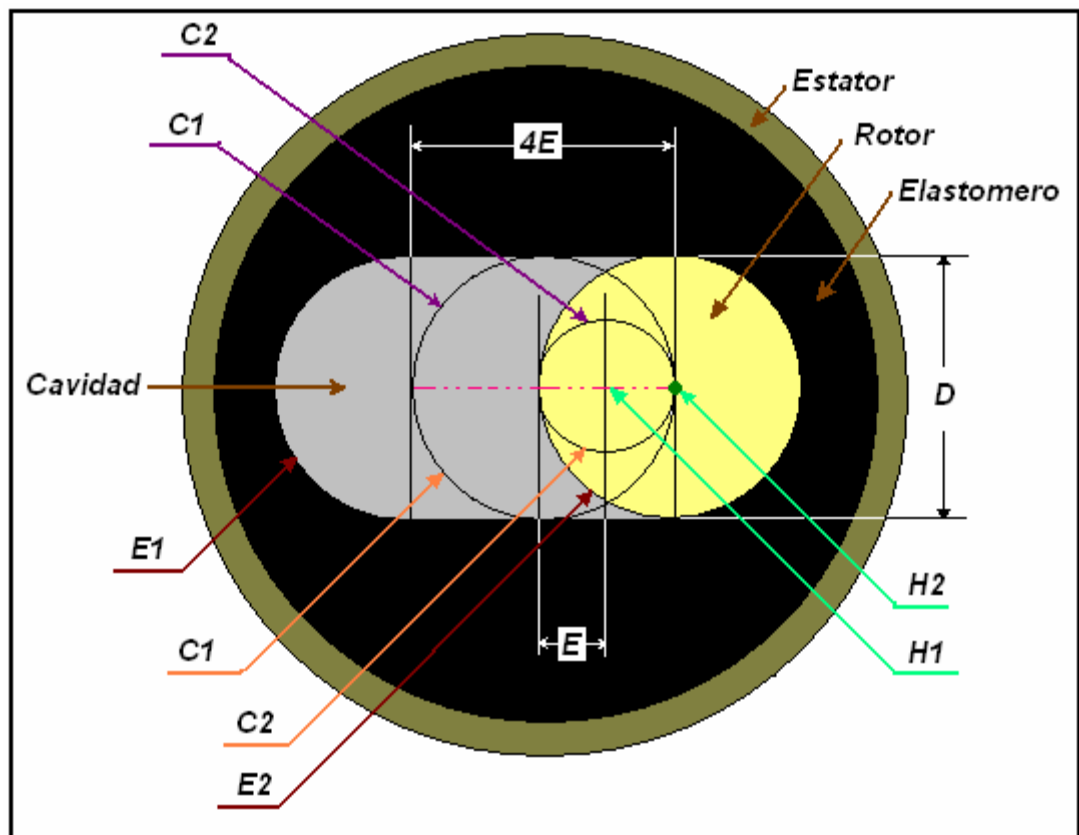
La línea continua de contacto entre el rotor y el estator es lo que se conoce como “línea de sello” y su eficiencia dependerá de la presión diferencial existente entre las dos cavidades consecutivas separadas por dicha línea.

1.4.1 Geometría de bombas PCP. La geometría de una bomba de cavidades progresivas esta definida básicamente por la relación de lóbulos entre el rotor y el estator, el cual debe obedecer a las dos condiciones anteriormente expuestas, por ejemplo la geometría de una bomba con rotor externamente helicoidal simple y estator internamente helicoidal doble se conoce como bomba de geometría 1:2.

El rotor no es concéntrico con el estator. Por lo tanto, el movimiento del rotor dentro del estator resulta de la combinación de dos movimientos:

- La rotación alrededor de su propio eje en una dirección (sentido horario).
- La rotación en sentido contrario de su eje longitudinal alrededor del eje del estator.

Figura 8. Bomba PCP de geometría 1:2.



Fuente: Modificado de CUILLA, F. Principios fundamentales para diseño de sistemas con bombas PCP.

o Diámetros y excentricidad

- La sección más delgada del rotor helicoidal simple (diámetro menos) se simboliza con la letra "D".
- La excentricidad es la distancia entre el eje central del rotor y el eje central del estator y se simboliza con la letra "E".
- El diámetro del rotor medido de cresta a cresta (diámetro mayor) se simboliza como $(D+2E)$.
- En consecuencia las distancias internas del estator serán: D y $(D+4E)$.

- o **Longitud de paso.** La longitud de paso esta definida como la distancia lineal que separa dos crestas consecutivas del rotor separadas por 180° de rotación (en caso de las bombas 1:2). Se simboliza como P_r .

Si definimos el paso del rotor como P_r y el paso del estator como P_s , la relación de paso entre el rotor y el estator se define como:

- Para una bomba de geometría 1:2:

$$P_s = 2 P_r$$

- Para una bomba multilobulos, donde L_r es el numero de lóbulos:

$$P_s = \frac{L_r + 1}{L_r} \times P_r$$

- o **Cavidad.** Las cavidades son volúmenes lenticulares, espirales y cerrados en los espacios vacíos entre el rotor y el estator. Su existencia es posible debido a la hélice adicional en el estator. Cada cavidad se mueve en forma de espiral alrededor del eje del estator progresando desde la entrada hasta la salida de la bomba como consecuencia de la rotación del rotor. La longitud de la cavidad es siempre igual a la longitud de paso del estator. La determinación del número de cavidades esta dado por la siguiente ecuación:

$$N_c = L_r \left(\frac{H_s}{P_r} - 1 \right)$$

Donde: L_r es el número de lóbulos del rotor

H_s es la longitud del estator

P_r es la longitud del paso del rotor

1.4.2 Capacidad de desplazamiento. A medida que la bomba gira, las cavidades se mueven axialmente desde la succión hacia la descarga creando acción de bombeo. Cuando el rotor completa una revolución, el volumen contenido entre el rotor y el estator es desplazado por el paso del estator. Debido a que el área transversal total permanece constante a lo largo de la bomba, éste desplaza el fluido sin pulsaciones.

La capacidad de desplazamiento de una bomba de cavidades progresivas esta definida como el volumen de fluido producido por la bomba por cada rotación del rotor.

Como se puede observar en la figura 1.8, el área transversal constante de la cavidad para una bomba de geometría 1:2 es:

$$Ac = 4E \times D$$

Por lo tanto el volumen correspondiente a una cavidad es:

$$Vc = 4E \times D \times Ps$$

Donde:

Vc = Volumen de cavidad [=] Bls/dia.RPM

E = Excentricidad [=] in

Ps = Paso del estator [=] in

D = Diámetro del rotor [=] in

C = Constante [=] $5,94 \times 10^{-1}$

Los rangos típicos de desplazamiento de las bombas van desde 0,02 m³/dia.RPM (0,13 Bls/dia.RPM) a mas de 1,2 m³/dia.RPM (7,55 Bls/dia.RPM).

La tasa de flujo teórica de una bomba de cavidades progresivas es directamente proporcional a su desplazamiento y la velocidad de rotación. Se determinación esta dada por la siguiente ecuación:

$$Q_{Teorico} = Vc \times Nc \times RPM$$

Donde:

Vc = Volumen de cavidad [=] Bls/día.RPM

Nc = Numero de cavidades [=] Adimensional

RPM = Revoluciones por minuto de la bomba

Sin embargo durante la operación de la bomba a una determinada presión diferencial a través de ella, cierta cantidad del fluido se desliza a través de las líneas de sello entre el rotor y el estator, causando una reducción en la tasa de flujo. Como consecuencia, la tasa de flujo real de la bomba puede calcularse así:

$$Q_{Real} = Q_{Teorico} - Q_{Slip}$$

Donde:

Q_{Real} = Tasa de flujo real (Bls/día)

$Q_{Teórico}$ = Tasa de flujo teórico (Bls/día)

Q_{Slip} = Tasa de deslizamiento (Bls/día)

El deslizamiento de una bomba de cavidades progresivas esta relacionado con el grado de ajuste entre el rotor y el estator, las propiedades de los elastómeros, la viscosidad del fluido, la presión diferencial a través de la bomba, etc.

1.4.3 Capacidad de levantamiento. La presión diferencial a través de la bomba causa el deslizamiento o filtración del fluido a través de las líneas de sello entre el rotor y el estator desde las cavidades de mayor hasta las cavidades de menor presión. El deslizamiento de fluido origina en la bomba una gradiente de presión a

través de la misma, el cual dependerá de la naturaleza y composición del fluido de producción. Los fluidos incompresibles como el agua tendrán un comportamiento lineal mientras que los compresibles como es el caso de los hidrocarburos con gas en solución, tendrán un comportamiento exponencial desde la entrada hasta la descarga de la bomba.

La capacidad de levantamiento de una bomba de cavidades progresivas será controlada por la presión diferencial máxima que puede ser desarrollada tanto por una sola cavidad como por el total de cavidades de la bomba. La máxima capacidad de presión de cada cavidad es función directa de la integridad de la línea de sello entre el rotor y el estator y las propiedades de los fluidos producidos. En general, la presión diferencial máxima a través de las líneas de sello incrementa cuando se tiene una mayor interferencia entre metal y elastómero, la máxima presión diferencial entre cavidades varía típicamente en un rango de 35 a 44 psi (en bombas de lóbulo simple) este rango alcanza los 105-132 psi por cada etapa de la bomba (asumiendo que cada etapa es igual a 1,5 veces el paso del estator, es decir 3 cavidades). Históricamente los fabricantes han utilizado el número total de etapas de la bomba para indicar su capacidad máxima de levantamiento. Sin embargo, hace algunos años empezó a utilizarse el valor de presión máxima real acorde con ciertos criterios de eficiencia, a manera de obtener una referencia más exacta.

La operación de las bombas de cavidades progresivas que excedan las recomendaciones del fabricante ocasionara una alta tasa de deslizamiento que a su vez causa mayor deformación de los lóbulos del elastómero. Una operación continua bajo estas condiciones resulta en un deterioro acelerado de los elastómeros y en consecuencia reducirá significativamente el tiempo de vida útil de la bomba.

1.4.4 Requerimientos de torque y potencia. La rotación del rotor provoca el movimiento de fluido hacia arriba deslizándose de cavidad a cavidad en contra de la presión diferencial. La energía requerida para girar y mover el fluido es suministrada a la bomba en forma de torque.

El torque requerido para la bomba consta de dos componentes: el torque hidráulico y el torque por fricción. El componente hidráulico (torque necesario para vencer la presión diferencial) es directamente proporcional al desplazamiento de la bomba ya la presión diferencial a través de la bomba, su cálculo se puede hacer mediante la siguiente ecuación:

$$T_{Hidraulico} = K \times V \times \Delta P$$

Donde:

V = Capacidad de desplazamiento [=] Bls/dia.RPM

ΔP = Presión diferencial a través de la bomba [=] psi

K = Constante [=] $8,97 \times 10^{-2}$

El torque de fricción es aquel necesario para vencer la fricción mecánica entre el rotor y el estator. La magnitud del torque por fricción depende del ajuste por interferencia entre ambas partes, el tipo de recubrimiento del rotor, el tipo de elastómero utilizado en el estator, las propiedades lubricantes del fluido producido, la longitud de la bomba y el tamaño del rotor. Los valores de torque de fricción varían en un rango desde 0 a más de 400 lb.ft

De modo que el torque total requerido por las bombas de cavidades progresivas esta dado por:

$$T_{Total} = T_{Hidraulico} + T_{friccion}$$

Donde:

T_{Total} = Torque total de la bomba (lb.ft)

$T_{Hidraulico}$ = Torque hidráulico de la bomba (lb.ft)

$T_{Friccion}$ = Torque por fricción de la bomba (lb.ft)

La potencia requerida para suministrar el torque total al sistema será función de este torque y de la velocidad de operación, siendo determinada por:

$$P_{bomba} = K \times T_{Total} \times N$$

Donde:

P_{bomba} = Potencia requerida por la bomba [=] Hp

T_{Total} = torque total de la bomba [=] lb.ft

N = Velocidad de operación [=] RPM

K = Constante [=] $1,91 \times 10^{-4}$

2. EFICIENCIA VOLUMETRICA DE LAS BOMBAS DE CAVIDADES PROGRESIVAS

2.1 EFICIENCIA VOLUMETRICA

A manera de dimensionar efectivamente bombas nuevas y/o evaluar el factor de servicio de bombas usadas, es esencial una interpretación adecuada del comportamiento de la bomba obtenido en el banco de prueba y su comportamiento real en el pozo. La eficiencia volumétrica representa el parámetro de mayor importancia a la hora de estudiar el comportamiento de una bomba ya que por medio de éste valor se puede conocer si existen daños en la integridad de la misma, si existen altos torque por hinchamiento o endurecimiento del elastómero, desgarre, descompresión explosiva, etc. De esta forma se puede optimizar una aplicación dada.

La eficiencia volumétrica es una sencilla relación entre el volumen real desplazado por la bomba en un determinado lapso de tiempo y el volumen teórico nominal esperado en el mismo lapso de tiempo. Expresado en términos de porcentaje.

$$Eficiencia_Volumetrica = \frac{Volumen_real_obtenido}{Volumne_teorico_no\ min\ al} \times 100$$

2.2 FACTORES QUE AFECTAN LA EFICIENCIA VOLUMETRICA DE LAS BOMBAS DE CAVIDADES PROGRESIVAS

Como se ha mencionado anteriormente, las bombas de cavidades progresivas presentan ciertas desviaciones de caudal producido con respecto al teórico esperado debido a que se ve afectado su funcionamiento por factores como la

presión diferencial, interferencia, tipo de bomba, estado del elastómero, sumergencia, espaciamiento del rotor, velocidad de operación, entre otras. La eficiencia volumétrica no es un parámetro que deba ser analizado por separado, por el contrario debe relacionarse con los parámetros operacionales, parámetros de pozo, características del fluido, etc. Y de esta forma determinar el mejor diseño.

A continuación se mencionan los parámetros más influyentes en el comportamiento de las bombas de cavidades progresivas.

2.2.1 Velocidad de Operación. La velocidad de operación de la bomba depende de diversos parámetros entre los que se encuentra la viscosidad del fluido de producción, caso en el cual se recomienda operar a bajas revoluciones por minuto a fin de prolongar la vida útil de la bomba. Sin embargo la velocidad de operación esta directamente relacionada con la tasa de producción y por lo tanto del potencial de producción del pozo (aplicación). Para ellos, se debe tener en cuenta las perdidas por deslizamiento a determinada presión diferencial de operación, sin olvidar que existe una velocidad mínima requerida para que sistema pueda ser puesto en marcha.

El deslizamiento de fluido es un fenómeno que tiende a verse disminuido cuando la bomba es operada a mayor velocidad. Lo anterior obedece a que a una determinada presión diferencial constante a través de la bomba, existe una tasa de deslizamiento constante sin importar las RPM a las que se opere la bomba. Por lo tanto, cuando se opera a mayor velocidad, el porcentaje de deslizamiento es menor debido a que la tasa de producción es mayor; Por lo tanto la bomba será mas eficiente.

En el caso particular de la producción de aceites pesados es recomendable operar a la menor velocidad posible para incrementar la duración de la bomba, de la sarta de varillas, de la sarta de producción y del equipo de superficie. Las caídas de

presión friccional y la gravedad específica se incrementan con la presencia de arena, por lo tanto también deben ser tenidas en cuenta a la hora de determinar una velocidad adecuada.

2.2.2 Presión de levantamiento⁵. La presión diferencial entre la succión y la descarga genera una fuga de fluido entre dos cavidades sucesivas desde la de mayor a la de menor presión, consecuentemente es creado un gradiente a lo largo de la bomba. Éste gradiente de presión depende de las características del fluido bombeado, los líquidos quasi-incompresibles generan gradientes de presión lineales. Sin embargo en fluidos compresibles (gas en solución) generan gradientes de presión casi exponenciales desde la succión hasta la descarga.

La cabeza de presión esta determinada por:

1. Numero de cavidades formadas entre el rotor y el estator.
2. La presión desarrollada dentro una cavidad elementaría, la cual depende de:
 - La delgada línea de sello entre el rotor y el estator, el diámetro del rotor es ligeramente mayor que el diámetro menor del estator.
 - Las características del fluido bombeado (Mayores presiones son registradas con fluidos viscosos)
 - Valores que determinan el perfil geométrico de la bomba (diámetro, paso del rotor y excentricidad)
 - La composición química del elastómero.
 - Las características mecánicas del elastómero
 - El espesor del elastómero
3. Para una primera aproximación, un valor de referencia para presión diferencial de una cavidad puede ser seleccionada entre 200 y 300 Kpa. La resistencia de las bombas PCP a altas presiones diferenciales puede ser

⁵ CHOLET, Henri. Op. Cip

obtenida mediante un gran número de cavidades. De modo que la presión total es evaluada mediante:

$$\Delta P = \delta p (2\eta_p - 1)$$

Donde:

ΔP = Presión diferencial total [=] psi

δp = presión diferencial de una cavidad

η_p = Numero de pasos de estator

Como se menciona anteriormente, a una presión diferencial superior a cero, existe una tasa de deslizamiento a través de las cavidades de la bomba, lo que afecta de manera directa la eficiencia volumétrica de las bombas de cavidades progresivas, de modo que a mayor presión diferencial es de esperarse que la eficiencia sea menor.

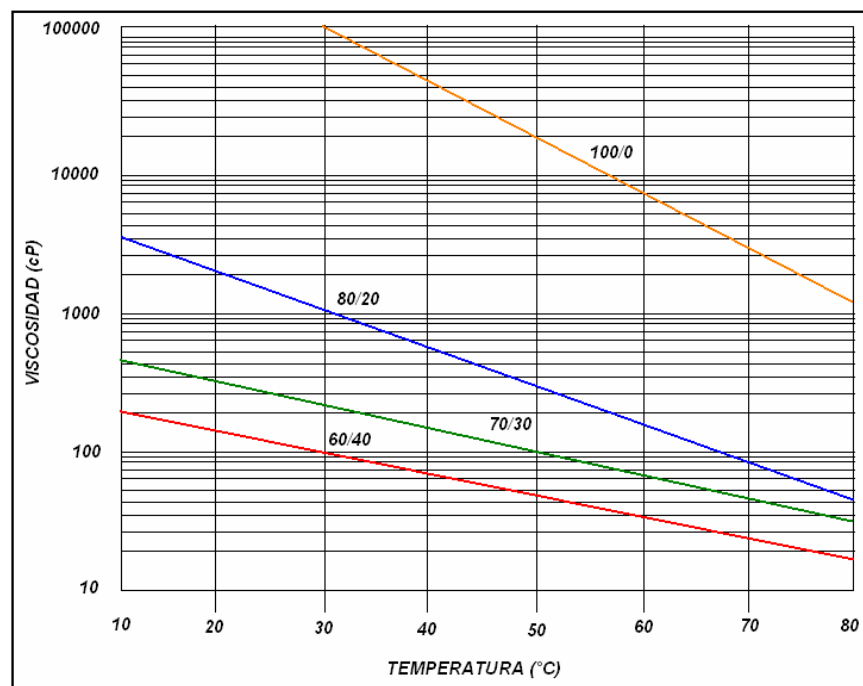
2.2.3 Temperatura del fluido. La temperatura del fluido de producción produce dos efectos principales que afectan la eficiencia volumétrica de las bombas de cavidades progresivas. Por un lado, si existen altas temperaturas de fluido pueden afectar de manera severa la integridad del elastómero. Si el elastómero presenta un hinchazón menor aumenta el ajuste rotor estator y por lo tanto la eficiencia volumétrica de la bombas PCP. De manera contradictoria, la temperatura del fluido esta directamente relacionada con la viscosidad del mismo de manera exponencial. Por lo tanto, el aumento en la temperatura de operación puede disminuir en forma importante la viscosidad del fluido y permitir de esta forma que se acentué el fenómeno del deslizamiento entre cavidades.

La temperatura del fluido bombeado es de gran importancia a la hora de estudiar la integridad del elastómero correspondiente al estator. Para profundidades de

pozo inferiores a los 6000 ft generalmente no se excede de los 110 °C (Rango limite para elastómeros Nitrogenados). Sin embargo, existen algunos elastómeros disponibles resistentes a altas temperaturas (por encima de los 160 °C). Temperaturas superiores al rango de operación correspondientes al tipo de elastómero aceleran la destrucción del elastómero provocando en ocasiones el desgarre del mismo y en consecuencia la disminución en la eficiencia volumétrica del sistema.

En la figura 9, se muestran datos importantes de la viscosidad de los aceites en función de la temperatura. Éste datos es de gran importancia en el calculo de caídas de presión por fricción y la resistencia de la sarta de varillas con respecto al torque.

Figura 9. Viscosidad del aceite pesado versus temperatura y Aceite pesado diluido en keroseno para diferentes relaciones (aceite pesado / keroseno).



Fuente: CHOLET, Henri. Progressing Cavity Pumps. Instituto Francés Del Petróleo. Editions Technip. Paris, 1997.

2.2.4 Gravedad y Viscosidad del fluido de producción⁶. Según estudios estadísticos a nivel mundial se estima que más del 50% de las aplicaciones de bombas de cavidades progresivas son utilizadas en la producción de crudos pesados y viscosos.

Un ejemplo de ello se encuentra en Canadá, Rusia, Venezuela y China, donde se produce petróleo de grados API menores a 14 y viscosidades de crudo muerto entre 1000 y 100000 centipoises. En principal problema asociado a la alta viscosidad y densidad del crudo es la influencia de estos parámetros en las pérdidas de producción, a demás de la excesiva fricción generada dentro de la bomba y la tubería, incrementando así los requerimientos de torque y potencia del sistema.

Las pérdidas de flujo, podemos decir que son convertidas en presión diferencial adicional a la presión hidrostática elevando así la presión neta de levantamiento requerida en la descarga de la bomba que a su vez se traduce en presión diferencial a través de la misma, provocando así pérdidas por deslizamiento adicionales. El cálculo de las pérdidas de presión por fricción en la tubería de producción pueden ser determinadas mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta P_f = \frac{7,05 \times 10^{-4}}{(D+d)(D-d)^3} \times Q \times \mu_f \times L \times \frac{1}{\ln \frac{\mu_s}{\mu_f}} \left(\frac{\mu_s}{\mu_f} - 1 \right)$$

Donde:

ΔP_f = Caída de presión por fricción [=] bar.

D = Diámetro interno del tubing de producción [=] cm.

d = diámetro de las sarta de varillas [=] cm

Q = Tasa de fluido bombeado [=] m³/día

μ_f = Viscosidad del fluido en fondo [=] cP

⁶ CUILLA, Francisco. Op. Cip

μ_s = Viscosidad del fluido en superficie [=] cP

L = Longitud de tubería [=] m

Para las aplicaciones en las que se manejan crudos pesados y viscosos pueden emplearse métodos que faciliten la producción tales como:

- Aumentar diámetro de tuberías de producción teniendo en cuenta si existe o no producción de arena o restricciones por tamaños de casing.
- Usar sarta de varilla continua a fin de eliminar áreas transversales restringidas como las presentadas entre los couplings de las sarts convencionales y la tubería de producción.
- Aislar térmicamente la tubería de producción en superficie a fin de mantener o disminuir la viscosidad del fluido bombeado.
- Realizar tratamientos para disminuir la viscosidad del fluido mediante la inyección de diluyentes, químicos, agua u otro componente con previo estudio de compatibilidad con el elastómero.

2.2.4 Interferencia Rotor-Estator. La interferencia entre el rotor y el estator, mediante la que se obtiene el aislamiento entre las cavidades, constituye un factor determinante en la operación de bomba de cavidades progresivas. En este sentido, durante el diseño del equipo debe lograrse un valor de interferencia óptimo que maximice el desempeño. Si el valor de interferencia es bajo como producto de una holgura entre el rotor y el estator, ocasiona un escurrimiento excesivo y por lo tanto una baja eficiencia de la bomba y por otro lado, si la interferencia es alta, se produce un estado de esfuerzos excesivos en el elastómero lo que contribuye a disminuir su vida útil y a desgarramiento prematuro del mismo.

La alteración del elastómero se presencia de diversas formas, principalmente en hinchamiento del elastómero como producto del ataque de fluido. La dilatación termina del material y la deformación producida por los esfuerzos mecánicos. De estos factores, los dos primeros contribuyen en el aumento de eficiencia, mientras que la deformación mecánica produce holgura en la bomba. Cada elastómero, de acuerdo a sus propiedades y características intrínsecas, manifiesta situaciones de resistencia diferentes.

2.2.6 Corte de agua y BSW. El corte de agua y sedimentos (BSW) no tiene una influencia directa en la eficiencia volumétrica de las bombas de cavidades progresivas. Sin embargo, se puede analizar por separado el efecto del corte de agua y de los sedimentos (sólidos).

La gravedad específica del aceite cuyo grado API es superior a 10, siempre es menor comparada con la del agua. Por lo tanto, la gravedad específica de la mezcla aumentara con respecto a la del aceite, lo que afecta directamente la magnitud del gradiente hidrostático del fluido de producción y por ende la presión de descarga requerida por la bomba de cavidades progresivas. Una vez aumenta la presión de descarga de la bomba, se requiere una presión diferencial mayor a través de la bomba, lo que conlleva a mayores perdidas de fluido por efecto de deslizamiento. o que en definitiva disminuye la eficiencia volumétrica de la bomba.

El contenido de sólidos en el fluido de producción no tiene una influencia inmediata en la eficiencia volumétrica de las bombas de cavidades progresivas, sin embargo cuando la bomba maneja sólidos su tiempo de vida útil se ve disminuido con el tiempo debido al alto desgaste generado de la abrasión de la arena al elastómero durante la operación de la bomba. Para contrarrestar éste efecto se recomienda una velocidad de operación lenta.

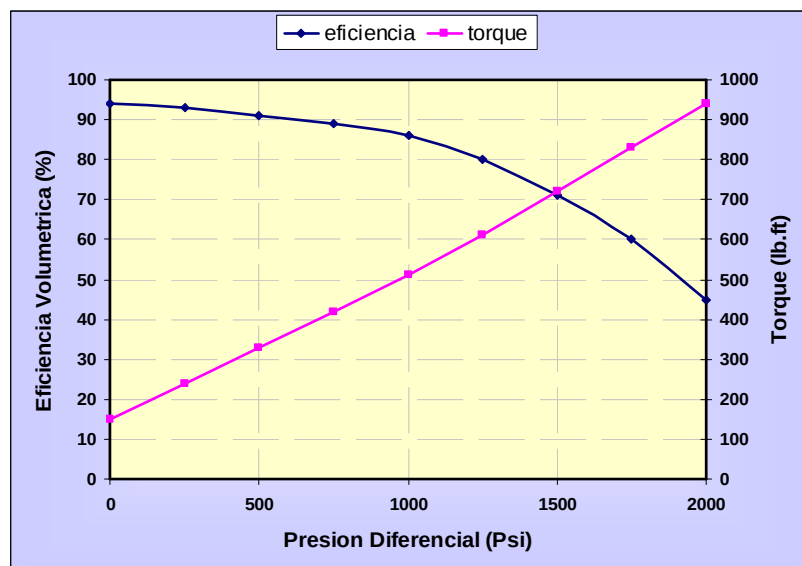
2.3. GRAFICOS DE EFICIENCIA VOLUMETRICA EN BOMBAS DE CAVIDADES PROGRESIVAS⁷

En la mayoría de los reportes de comportamiento, la velocidad, la presión diferencial, el desplazamiento y el torque son representados según se muestra en la figura 10.

Dependiendo de los diferentes procedimientos de prueba se pueden demostrar los comportamientos a diferentes velocidades o a diferentes escalas de presión diferencial.

Sin embargo, las curvas de eficiencia volumétrica y torque en función de la presión diferencial contienen toda la información necesaria para determinar la efectividad de aplicación de un modelo determinado de bomba.

Figura 10. Curva típica de Eficiencia Volumétrica y torque en función de la presión.



Fuente: Modificado de CUIIIA, F. Principios fundamentales para diseño de sistemas con bombas PCP.

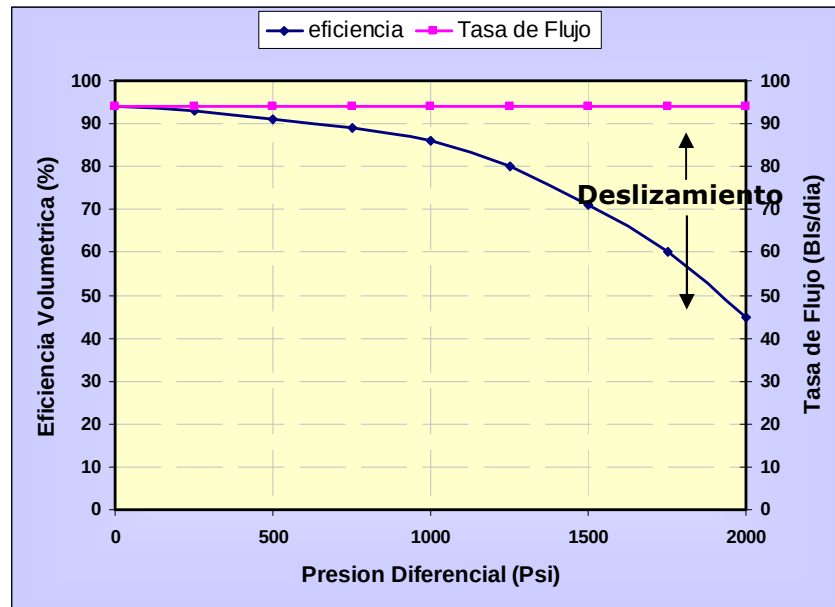
⁷ CUIIIA, Francisco. Op. Cip

2.3.1. Eficiencia volumétrica y desplazamiento real de la bomba. La eficiencia volumétrica se calcula como la relación de la tasa de flujo medida en la prueba y la tasa de flujo nominal de la bomba a la velocidad de prueba a una presión diferencial igual a cero, la eficiencia volumétrica debería ser del 100% sin embargo rara vez se obtiene este valor en las pruebas debido a pequeñas diferencias dimensionales del rotor, estator y en consecuencia la cavidad, por tanto es muy probable que se obtengan valores significativamente diferentes al 100% a presiones diferenciales iguales a cero (en algunos casos se han registrado diferencias superiores al 10% del valor nominal) uno de los factores que mas afectan las dimensiones de la cavidad es la variación del tamaño del rotor (undersize, estándar u oversize) las cuales registran diferencial de hasta el 5% en cuanto a lo nominal se refiere.

Para obtener una representación lógica del comportamiento de la bomba, los resultados de la misma deben referirse al valor inicial real medido independientemente que este sea diferente del 100%. Con ello estaríamos trabajando con valores de desplazamiento real y no con valores de desplazamiento nominal.

2.3.2. Eficiencia volumétrica y deslizamiento. Tal como se muestra en la figura 11, la eficiencia volumétrica de la bomba tiende a disminuir a medida que se aumenta la presión diferencial a través de ella. Esta disminución es debido al deslizamiento del fluido a través de la línea de sello rotor estator desde la zona de mayor a la de menor presión.

Figura 11 Efecto del deslizamiento en la eficiencia volumétrica de las bombas PCP.

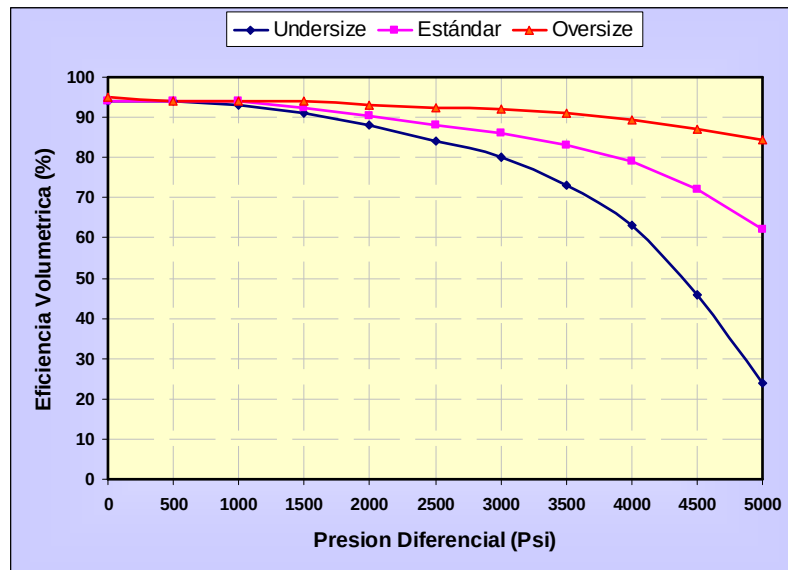


Fuente: Modificado de CUILLA, F. Principios fundamentales para diseño de sistemas con bombas PCP.

A mayor presión diferencial entre dos cavidades subsecuentes, mayor será la pérdida de flujo por efecto del deslizamiento. Entonces, es fácil deducir que el deslizamiento será la diferencia entre desplazamiento real de la bomba una presión diferencial cualquiera y el desplazamiento real inicial, es decir a una presión diferencial de cero.

2.3.3 Eficiencia volumétrica y Ajuste Rotor – Estator. La eficiencia volumétrica de las bombas PCP también se ve altamente afectada por el grado de ajuste entre el rotor y las paredes internas del estator. Es decir, a medida que este ajuste sea mayor, será más difícil que el fluido se deslice a través de la línea de sello a una presión diferencial determinada, disminuyendo así la pérdida por deslizamiento y aumentando la eficiencia volumétrica.

Figura 12. Efecto del ajuste Rotor-estator en la eficiencia de las bombas PCP.



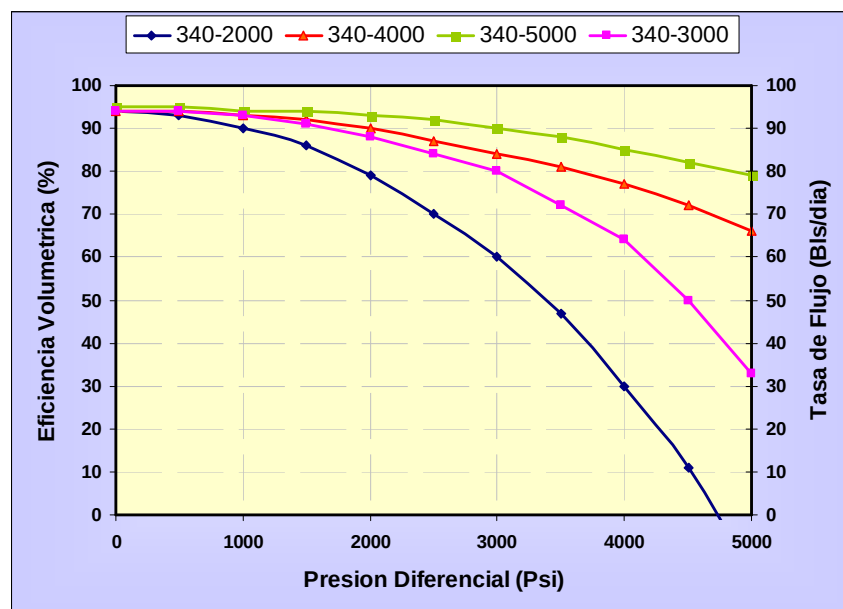
Fuente: Modificado de CUILLA, F. Principios fundamentales para diseño de sistemas con bombas PCP.

Este efecto se muestra en la figura 12, donde se compara el comportamiento de 3 bombas del mismo modelo pero con diferentes ajustes rotor - estator (alto, normal y bajo).

Como se ha mencionado anteriormente el ajuste por interferencia es debido a la dimensión del rotor, la expansión térmica del elastómero y la reacción química del mismo con determinados fluidos producidos (aromáticos). Por tanto, el conocimiento de la condiciones de operación de la bomba serán fundamentales al momento de interpretar los resultados obtenidos en el banco de prueba. Cabe señalar que a las mismas condiciones de operación, el efecto de la dimensión del rotor es menos influyente que el efecto de la expansión térmica del elastómero. Por lo tanto es recomendable una prueba de compatibilidad del elastómero con el fluido y temperaturas similares a la aplicación, de esta forma se determinará el comportamiento real de la bomba en pozo.

2.3.4 Eficiencia volumétrica y capacidad de levantamiento. Adicionalmente por ser una función de la presión diferencial, la eficiencia volumétrica y el deslizamiento también dependerán de la capacidad de levantamiento neto de la bomba. En la figura 2,5 se muestran las curvas de comportamiento de 4 bombas con diferentes capacidades de levantamiento neto (2000, 3000, 4000 y 5000) psi y la misma capacidad de desplazamiento (3,4 Bls/día RPM). Se puede apreciar claramente que el deslizamiento disminuye a medida que aumenta el número de etapas de la bomba. Es decir la capacidad del levantamiento neto debido a que cada cavidad aporta menor presión y en consecuencia disminuye significativamente la presión diferencial a través de cada línea de sello. En conclusión, a medida que exista mayor capacidad de levantamiento neto se tendrá menor deslizamiento y mayor eficiencia volumétrica a una condición de presión diferencial determinada.

Figura 13. Efecto de la capacidad de levantamiento neto en la eficiencia volumétrica y el deslizamiento.

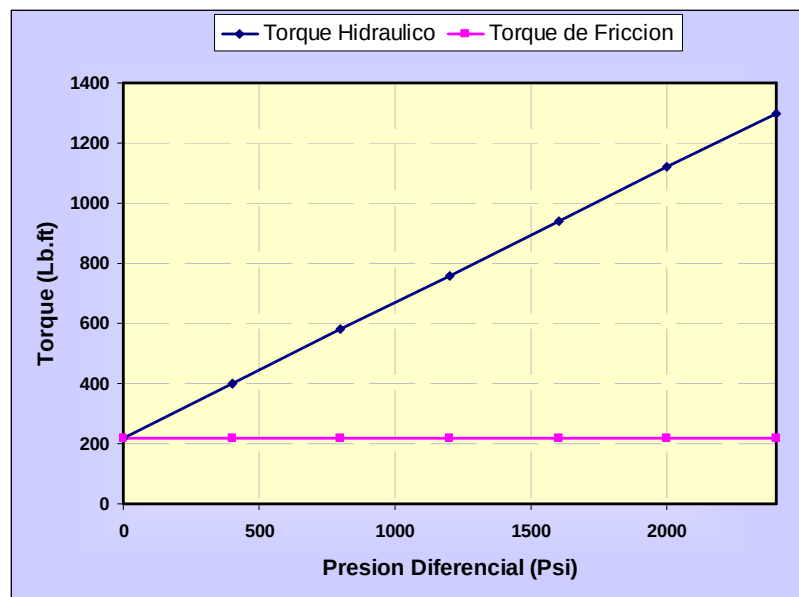


Fuente: Modificado de CUILLA, F. Principios fundamentales para diseño de sistemas con bombas PCP.

2.3.5. Torque de la bomba. Los valores de torque medidos durante la prueba también pueden ser utilizados para diagnosticar ciertas características mecánicas de la misma. En la figura 13 se observa el comportamiento típico de torque en función de la presión diferencial a una velocidad de operación constante.

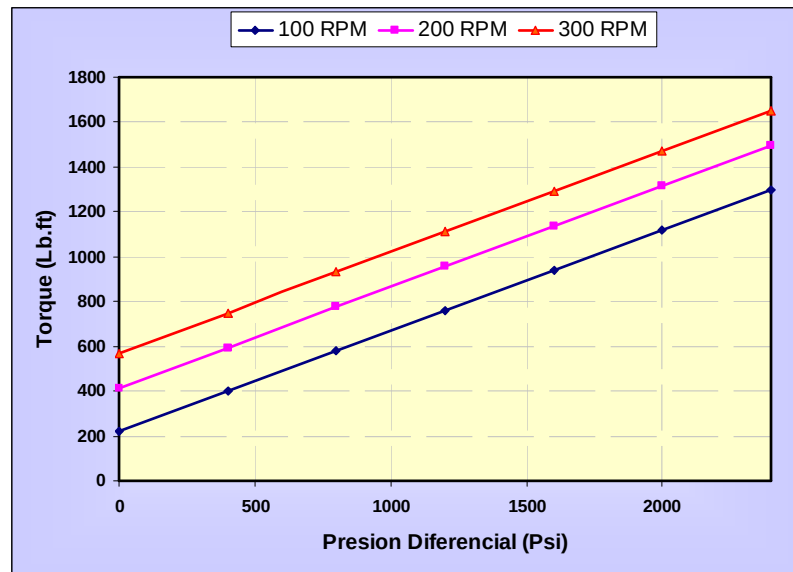
Como puede verse, el torque de fricción permanece relativamente constante y es independiente de la presión diferencial. Sin embargo, este componente se ve afectado seriamente por las características de los fluidos y la temperatura de operación ya que estos elementos influyen directamente en la interferencia rotor – estator de la bomba.

Figura 14. Comportamiento del torque en función de la presión diferencial.



Fuente: Modificado de CUILLA, F. Principios fundamentales para diseño de sistemas con bombas PCP.

Figura 15. Efecto de la velocidad de operación en el torque de la bomba PCP.



Fuente: Modificado de CUILLA, F. Principios fundamentales para diseño de sistemas con bombas PCP.

En la figura 15 se observa el comportamiento de torque en función de la presión diferencial a diferentes velocidades. Como puede verse, el comportamiento hidráulico no se ve afectado por la velocidad ya que su pendiente es constante. Por el contrario, el torque por fricción aumenta en forma directa con la velocidad de operación, trayendo como resultado un torque total mayor. Cabe resaltar que los cambios en torque por fricción son menos significativos en presencia de fluidos poco viscosos.

3. BANCO DE PRUEBA PARA BOMBAS DE CAVIDADES PROGRESIVAS

3.1 PRUEBA DE LA BOMBA

El banco de pruebas es usado para cuantificar el comportamiento de la eficiencia volumétrica y el torque total requerido por la bomba en función de la presión diferencial a través de ella. En el caso de bombas nuevas, estos resultados son utilizados para seleccionar las dimensiones adecuadas del rotor para una aplicación específica. En el caso de las bombas usadas, los resultados dan una idea del cambio en su comportamiento después de la aplicación en el campo, sirviendo como guía para identificar posibles fallas ocurridas o sencillamente clasificar la bomba para su eventual re-utilización.

3.2 COMPONENTES DEL BANCO DE PRUEBAS

El banco de pruebas de bomba de cavidades progresivas esta pospuesto por un circuito de circulación cerrado, un par de tanques de almacenamiento que mediante un variador de frecuencia se dirige un motor eléctrico que transmite un movimiento al eje de varillas (mediante un sistema de poleas), el cual permite que el rotor gire dentro del estator a determinadas RPM. El circuito cerrado inicial en un tanque de almacenamiento del cual se toma el fluido mediante una bomba centrífuga que desplaza el fluido desde el tanque hasta el intake de la bomba. Una vez el fluido este en el intake, la bomba de cavidades progresivas desplaza el fluido desde éste punto hasta la descarga, en la cual se controla la presión mediante una válvula choke. Una vez el fluido pasa por dicha válvula, es dirigido el fluido hasta un tanque báscula donde se tara el peso del fluido a determinadas RPM. Cuando el peso del tanque iguala al peso esperado, el cronometro del panel de control se detiene y de este modo puede calcularse la eficiencia volumétrica a

determinadas RPM y presión. Una vez realizada la prueba, se debe abrir la válvula de descarga instalada en la parte inferior del tanque báscula. La cual permite el paso hasta el tanque de almacenamiento inicial. En forma más detalla, el banco de pruebas esta compuesto de las siguientes partes.

3.2.1 Motor Eléctrico o Hidráulico. El motor eléctrico ó hidráulico en un sistema de levantamiento artificial con bombas de cavidades progresivas provee la potencia requerida por el sistema para transmitir el torque desde superficie hasta la bomba en subsuelo mediante las varillas de bombeo.

Figura 16. Motor eléctrico usado en sistemas PCP



El torque disponible en el sistema esta directamente relacionado con la potencia del motor, para el caso de motores eléctricos puede ser calculado como:

$$T_{Disp} = \frac{5252 \times Hp_{motor} \times RP}{RPM_{Motor}}$$

Donde:

T_{Disp} = Torque disponible del sistema [=] Lb.ft

Hp_{motor} = Potencia del motor [=] Hp

RP = Relación de poleas del sistema [=] adimensional

RPM_{Motor} = Frecuencia de operación del motor [=] RPM

3.2.2 Variador de Frecuencia (VDS). El variador de frecuencia es un dispositivo que permite convertir un voltaje de entrada del medio (mayor) a un voltaje de salida hacia el motor eléctrico (menor) no sin antes haber pasado por un filtro de armónicos. El variador de frecuencia permite controlar y conocer parámetros de operación mediante en tiempo real mediante señales electrónicas programadas en la configuración del mismo.

Figura 17. Variador de frecuencia con filtro, resistencia y banco de condensadores.



El variador de frecuencia (VDS) puede ser operado de forma manual o remota y su lectura y manipulación es mediante un display externo en el cual se realiza el setting de los parámetros de operación para cada aplicación. En él se observan

datos de RPM, Amperaje, Voltaje, Torque y registra el historial de fallos del sistema.

3.2.3 Sistema de Poleas y Correa. El sistema de poleas y correa permite transmitir el torque generado en el motor a la sarta de varillas y ésta a su vez hasta el fondo del pozo donde se encuentra la bomba PCP.

La sistema que permite transmitir el torque está constituido de una polea del motor y una del cabezal de accionamiento unidas entre si por una correa.

La relación en el tamaño de dichas poleas determina un parámetro de diseño denominado relación de poleas y dependiendo de éste, el sistema puede ser operado a unas determinadas RPM máximas y dispone de un torque máximo.

Como se mencionó anteriormente, el torque disponible del sistema es función directa de la relación de poleas. Es decir, si el tamaño de la polea del cabezal es **X** veces mayor que la del motor, la relación de poleas será (1: **X**) y el torque aumentará **X** veces. Sin embargo la velocidad máxima de operación disminuirá **X** veces de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$V_{\max \text{ oper}} = \frac{V_{\text{motor}}}{RP}$$

Donde:

$V_{\max \text{ oper}}$ = Velocidad máxima de operación [=] RPM

V_{motor} = Velocidad de motor [=] RPM

RP = Relación de poleas

3.2.4 Stuffin box

Figura 18. Stuffin Box del banco de pruebas PCP.



El stuffin box tiene como función principal evitar fugas de fluido de producción mediante un conjunto de empaque y felpas que están en contacto permanente con la barra lisa creando un sello sin aumentar de forma significativa el torque del sistema.

3.2.5 Tanque de Almacenamiento, Bomba centrífuga y Manguera. Como su nombre lo dice, el tanque de almacenamiento del banco de pruebas permite mantener fluido de prueba y garantiza que durante las pruebas, la bomba no sea trabajada en seco. Adicionalmente posee una resistencia eléctrica que facilita el calentamiento rápido del fluido de prueba, lo que es controlado mediante una termocupla instalada en el tanque.

Figura 19. Tanque de almacenamiento para fluido de prueba



El tanque de almacenamiento del banco de pruebas es el punto cero del un circuito cerrado. Desde allí es captado el fluido de prueba mediante una bomba centrífuga y bombeado a través de una manguera hasta el intake de la bomba a probar.

En el extremo de la manguera debe ser instada una válvula de bola a fin de evitar derrames durante el desmontaje de la bomba una vez sea probada.

3.2.6 Soportes del Banco. Los soportes del banco de pruebas tiene como función principal sostener la bomba (estator – rotor) en posición horizontal durante la prueba en el test bench. Esta constituido por dos soportes fijos equipados con ruedas y tres soportes móviles que permiten de manera práctica y segura la inserción del rotor dentro del estator.

Figura 20. Soportes del banco de pruebas PCP.



Durante el montaje de la bomba en el banco, se conecta el rotor al banco y se descansa en los soportes fijos. De forma similar el estator descansa sobre los soportes móviles y es sujetado a uno de ellos mediante una prensa de cadena con el fin de evitar su giro durante la inserción y prueba de la bomba.

3.2.7 Válvula Choke. La válvula choke es un accesorio que permite simular la presión hidrostática de la columna de fluido de producción en el banco de prueba mediante la restricción de fluido, de ésta forma la bomba debe vencer dicha presión.

La válvula choke esta equipada de un sensor electrónico de presión y un manómetro que permiten controlar la presión deseada mediante botones localizados en el tablero de operación.

Figura 21. Válvula choke para simular presión hidrostática.



3.2.8 Tanque Báscula. El tanque bascula o tanque de peso, como su nombre lo dice es un tanque en el cual se pesa el fluido desplazado por la bomba.

Figura 22. Tanque bascula del banco de pruebas.



El valor del peso programado en el panel de control del banco es el peso del volumen de fluido desplazado por la bomba a unas determinadas RPM. Lo anterior es calculado en base al desplazamiento nominal de cada bomba según la siguiente ecuación.

$$P = 0.110405 \times \gamma_f \times D_n \times RPM$$

Donde:

P = Peso de fluido de prueba [=] Kg

γ_e = Gravedad específica del fluido de prueba

D_n = Desplazamiento nominal de la bomba [=] Bls/día x RPM.

RPM = Velocidad de prueba [=] RPM

3.2.9 Válvula Neumática

Figura 23. Válvula neumática de descarga.

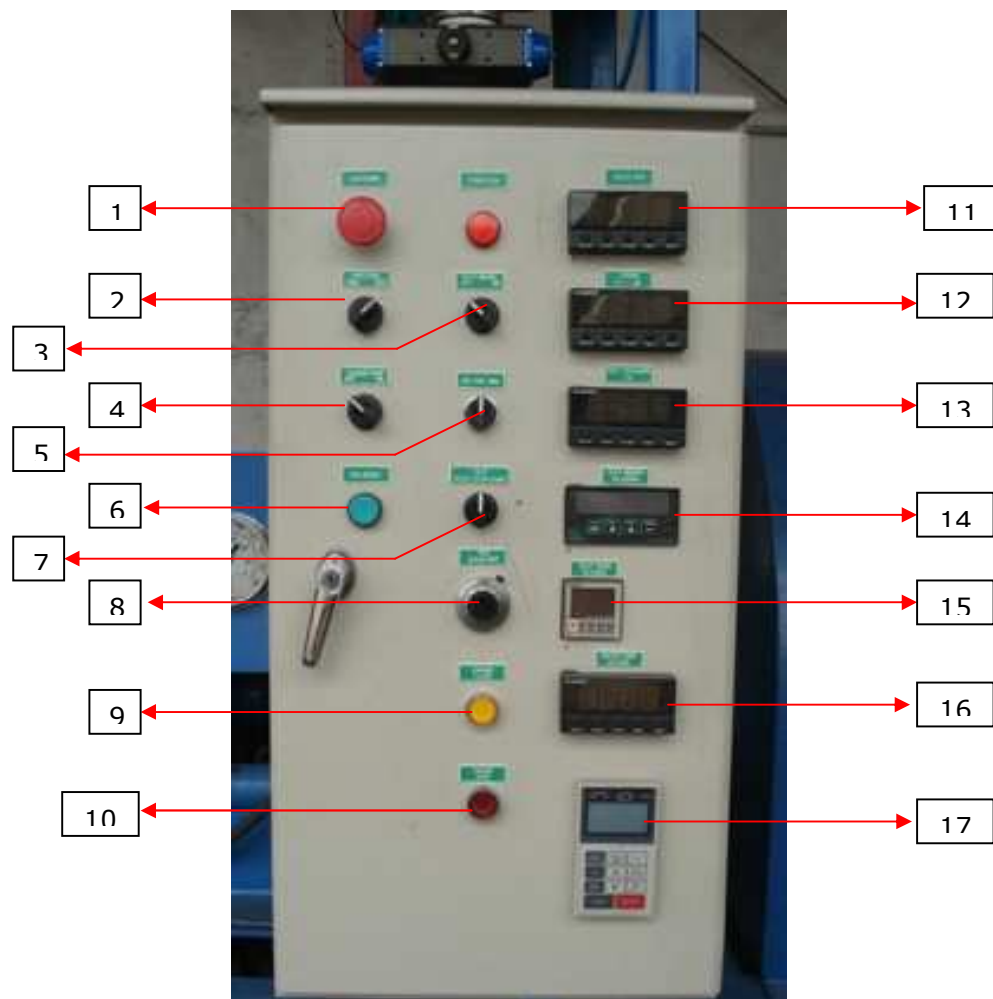


Para calcular el tiempo empleado por la bomba en desplazar determinado caudal nominal (ideal), es necesario cerrar la válvula de paso instalada por debajo del tanque báscula y de esta forma acumular el fluido que desplaza la bomba.

El cierre de dicha válvula debe ser de manera simultanea al arranque del cronometro para descartar errores en la medición del tiempo. El uso de una válvula neumática accionada por el mismo switch que pone a correr el cronometro del panel de control del banco de pruebas garantiza dicha condición.

3.2.10 Panel de Control. El panel de control esta constituido de perillas de accionamiento y un conjunto de displays en los que se observan los parámetros fundamentales para calcular la eficiencia volumétrica y el torque de la bomba durante la prueba.

Figura 24. Panel de control del banco de pruebas PCP



El panel de control esta constituido básicamente por los siguientes indicadores:

1. Botón de apagado de emergencia: En caso de ser requerido, el sistema acciona un brake que impide el paso de corriente al sistema.
2. Indicador y selección del sentido de giro: En la operación, durante la prueba y en la inserción del estator dentro del rotor, debe estar en la dirección horaria (sentido de las agujas del reloj). Y para el desmontaje debe ponerse en sentido inverso (contrario a las agujas del reloj).
3. Botón de encendido y apagado del banco de pruebas.
4. Botón de encendido de bomba centrífuga: la bomba centrífuga permite la recirculación del fluido de prueba. Debe ser encendida antes de inicial la prueba (para no trabajar en seco la bomba) y debe ser apagada antes de desconectar la manguera (para evitar derrames y/o contaminaciones).
5. Botón de velocidad: Esta perilla permite seleccionar de forma predefinida las velocidades de 150 y 300 RPM
6. Botón de Reset de VDS: permite resetear el variador de frecuencia cuando existe una falla por alto torque, sobre voltaje, etc. De esta forma puede ser reiniciado el banco.
7. Botón de inicio de prueba: Este botón tiene 3 posiciones (reset, stop y start). En stop, la válvula neumática esta abierta y el contador del peso esta congelado. En la posición de reset, el peso y el cronometro son tarados en cero y están listos para inicial la prueba. En la posición de Start, la válvula neumática se cierra y el cronometro empieza a correr.
8. Perilla de velocidad: Este perilla permite variar las RPM del sistema cuando el variador se encuentra programado para su operación manual.
9. Botón de cerrar choke: Este botón permite chocar el banco guiado por el manómetro y de esta forma realizar pruebas a diferentes presiones.
10. Botón de abrir choke: este botón permite aliviar la presión del banco.
11. Indicador de RPM: Como su nombre lo dice, indica las RPM a las que funciona el banco de pruebas

12. Indicador de Torque: El indicador de torque permite conocer el torque en lb.ft utilizado por el banco durante la prueba.
13. Indicador de Presión Digital: Este indicador permite conocer la presión que vence la bomba durante la prueba (presión total).
14. Programador de peso: Este dispositivo permite ingresar el setting del peso del fluido esperado. Una vez obtenido dicho peso, el cronometro es detenido.
15. Cronometro: El cronometro permite conocer el tiempo que demora la bomba en desplazar determinado volumen de fluido.
16. Indicador de temperatura: Permite conocer la temperatura del fluido de prueba mediante una termocupla instalada en el tanque de prueba.
17. Display del variador: Este display permite programar el sistema y conocer el en forma directa parámetros del sistema como RPM, Corriente, torque, etc.

3.3 FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS⁸

En una evaluación típica de bomba, esta es insertada horizontalmente en un banco de pruebas. El movimiento rotatorio y el torque requerido son provistos por una fase primaria de energía, la cual puede ser suministrada por un motor eléctrico o hidráulico (con motores de combustión interna no se posible obtener mediciones reales de torque y potencia; por lo tanto no cumple con los objetivos de la prueba). El fluido es bombeado y circulado a través de un ciclo cerrado que consiste en una fuente de almacenamiento y recolección de fluidos, un sistema de alimentación, dispositivos de filtración, la bomba y un sistema de descarga, conectados y distribuidos según criterio de cada fabricante. En la mayoría de los casos se utiliza agua como fluido de prueba. Para controlar la presión diferencial a través de la bomba se utiliza un regulador de flujo a la descarga de la misma.

⁸ CUILLA, Francisco. Op. Cip

El procedimiento de prueba normalmente consiste en variar la presión de descarga de la bomba mientras ella opera a una velocidad constante. La presión de entrada debe permanecer aproximadamente constante. Durante la prueba se monitorean diversos parámetros de operación como torque, presión diferencial, volumen desplazado y se observa su comportamiento en función del tiempo. Al principio de la prueba la presión diferencial debe ser igual a cero y a medida que avanza el tiempo debe incrementarse hasta un rango máximo limitado por los requerimientos de una aplicación específica o por la capacidad máxima de levantamiento de la bomba.

Este procedimiento se repite a diferentes velocidades para determinar el cambio de los parámetros de operación en función de la velocidad.

Los reportes del banco de pruebas generalmente muestran información acerca del comportamiento de las velocidades de operación, presiones de descarga de la bomba, volúmenes desplazados por la bomba, eficiencias volumétricas, torques y presiones hidráulicas, torques de fricción y potencias requeridas. Sin embargo los únicos parámetros directamente medidos durante la prueba serán la presión de descarga, la velocidad, el volumen desplazado y el torque.

La velocidad se mide directamente usando cualquier tipo de instrumentación mecánica, magnética u óptica. Sin embargo cualquiera de ellas provea una lectura confiable. La presión de descarga es monitoreada a través de una válvula de presión o un transductor de presión. Dependiendo de la instrumentación utilizada la confiabilidad de la presión utilizada variara sustancialmente. La tasa de flujo se mide a través de diferentes métodos: registro de tiempo necesario para descargar un volumen determinado en un tanque de almacenamiento.

Uso de un flowmeter, la confiabilidad de la medida obtenida será una función directa del tamaño de la muestra (volumen o masa). Los torque se determinan

directamente utilizando una celda de carga a nivel del eje del motor e indirectamente por el monitoreo de las presiones hidráulicas (en caso de motores hidráulicos) o la corriente requerida (en caso de motores eléctricos).

En cuanto al fluido utilizado aunque la mayoría de los fabricantes utilizan agua fresca, la utilización de fluidos gelificados o aceites (naturales o sintéticos) también son practica común al momento de probar una bomba. Con estos fluidos se pretende mejorar la lubricación entre el rotor y el estator y por otro lado simular el efecto de la viscosidad y la fricción. En cualquiera de los casos, se recomienda un procedimiento estándar de comparación entre el fluido utilizado para la prueba y el fluido que eventualmente la bomba producirá en pozo a fin de optimizar la selección de las partes.

3.4 FORMATO DE PRUEBAS DE BOMBAS PCP

El formato de pruebas de bomba empleado para la realización de la tesis consta de 2 hojas. La primera se subdivide en 3 secciones. La primera contiene información general contiene información acerca de la bomba a probar. La segunda sección corresponde a una inspección visual de la bomba (roscas, accesorios, etc.) y la tercera sección obedece a una inspección del correcto funcionamiento del banco de pruebas. En la parte inferior de ésta, se imprime un veredicto final del estado del equipo probado en base a las inspecciones visuales y los resultados de prueba.

La segunda hoja del formato esta constituido e un encabezado con la información general pertinente a la bomba probada, temperatura de prueba, tablas de resultados y graficas de torque y eficiencia volumétrica vs. Presión.

Figura 25. Formato de pruebas de bomba PCP.

FORMATO DE PRUEBA DE BOMBAS PCP									
Fecha:		Cliente:		Orden de Trabajo:					
Modelo:		Información Estator			Información Rotor				
Nueva		Elástomero:		Tipo:					
Usada:		Serial:		Serial:					
Pozo:		Campo:		Estado:					
Fecha Instalac.		Fecha Ult. Parada:		Fecha Desinstalac.					
Motivo Desinst.									
INSPECCION INICIAL DE LA BOMBA									
ESTATOR		SI	NO		ROTOR		SI	NO	
Condición exterior aceptable:					Buena condición de la rosca:				
Buena condición de la rosca:					Extremo en buena condición:				
<u>Elástomero</u>					Condición Aceptable de la				
Condición Aceptable en la Succión:					Capa de Cromo:				
Condición Aceptable en la Descarga:					Otros:				
Hinchamiento:					NIPLE DE PARO				
Desgarramiento:					Buena condición de la rosca:				
Otros:		Ninguno			Tope en Buena Condición:				
					Desechos Acumulados:				
<i>Nota: Utilizar el Borescope cuando sea posible</i>									
Observaciones:									
Estado General de la Bomba:									
VERIFICACION DE FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBA					RESULTADOS DE LA PRUEBA				
Variador de Frecuencia:		Indicador de Temperatura:			Conforme:				
Panel de Control:		Computador Principal:							
Luces del Circuito:		Dispositivos Periféricos			No Conforme:				
Control de Válvulas Solenoides:		Software:							
Indicador de Velocidad:		Condición aceptable agua:			Observaciones:				
Pretest									
Bomba de Circulación:		Celda de Carga:							
Manómetros:		Sello en la succión:							
Transductores de Presión:		Stuffing Box:							
Termómetro:		Válvula de Estrangulamiento:							
Termocupla:		Motor Eléctrico:							
Cierre a tiempo de la Válvula:					Anexo: Datos y gráfica				
Realizado por:		Aprobado por:							

Figura 26. Reporte de pruebas de bomba PCP.

REPORTE DE PRUEBA DE BOMBA				PTR N°:	
				FECHA:	
CLIENTE		PETROBRAS		OIT:	
FLUIDO:		MODELO:		ELASTOMERO	
		ROTOR N°:		ROTOR TIPO	
TEMP MAX:		STATOR N°:		DESPLAZAMIENTO	
TEMP MIN:		Presion Deseada		Torque Disponible	
				1335	
				Lb.ft	

SPEED [RPM]	PRES. PSI	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY Oil (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf. Ft)	VOL. EFF. [η]
300	0	0	66,2	0,0	7,0	5,25	93,5	0,91
300	400	923	67,1	0,0	15,8	11,85	210,9	0,89
300	800	1846	67,6	0,0	29,1	21,82	388,5	0,89
300	1200	2769	68,0	0,0	33,9	25,42	452,6	0,88
300	1600	3693	68,4	0,0	36,3	27,22	484,6	0,88

Shutt Off: psi Torque Disponible **1335** Lb.ft

SPEED [RPM]	PRES. PSI	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY Oil (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf. Ft)	VOL. EFF. [η]
200	0	0	66,8	0,0	6,6	4,95	88,1	0,90
200	400	923	67,4	0,0	13,8	10,35	184,2	0,89
200	800	1846	67,8	0,0	20,0	15,00	267,0	0,88
200	1200	2769	68,6	0,0	26,5	19,87	353,8	0,87
200	1600	3693	70,9	0,0	33,9	25,42	452,6	0,85

Shutt Off: psi Torque Disponible **1335** Lb.ft

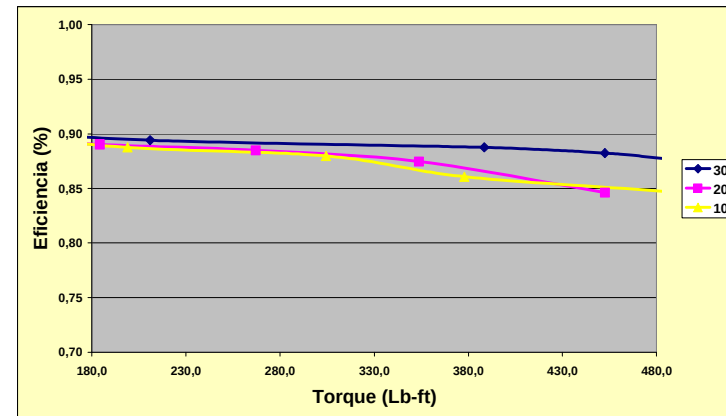
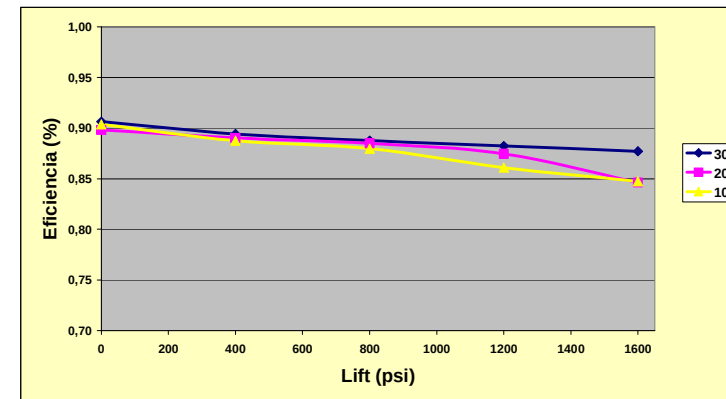
SPEED [RPM]	PRES. PSI	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY Oil (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf. Ft)	VOL. EFF. [η]
100	0	0	66,4	0,0	7,8	5,85	104,1	0,90
100	400	923	67,6	0,0	14,9	11,17	198,9	0,89
100	800	1846	68,2	0,0	22,8	17,10	304,4	0,88
100	1200	2769	69,7	0,0	28,3	21,22	377,8	0,86
100	1600	3693	70,8	0,0	36,2	27,14	483,3	0,85

Shutt Off: psi Torque Disponible **1335** Lb.ft

Realizado por:

Aprobado por:

Velocidad (RPM)	P. Lift (psi)	Eficiencia (%)	Torque (lbf.pie)
300	0	0,88	452,57
200	0	0,87	353,78
100	0	0,86	377,81



3.5 INSTRUCCIONES Y PROCEDIMIENTO DE PRUEBA

1. Mantener el banco de pruebas y el área de trabajo limpio todo el tiempo.
2. Si esta inseguro del procedimiento, consulte a su supervisor
3. No enfriar el rotor ni el estator; se debe permitir el enfriamiento natural a la temperatura del medio (una hora aproximadamente).
4. Los rotores y estatores no deben ser usados hasta que estén enfriados a la temperatura del medio (aproximadamente 70°F)
5. Todos los estatores de diámetro pequeño (Slim Hole) debe ser probado antes de ser transportado.

Procedimiento:

1. Asegúrese que los seriales del estator y del rotor son los correctos para la prueba requerida. Para los estatores, debe ser físicamente visible el número de identificación de fábrica estampado en el barril del estator. Para el rotor, asegurarse que el número del serial estampado en la parte superior del rotor corresponda al modelo y serial adecuado.
2. Conectar el rotor al banco de pruebas. Asegurando que el extremo inferior del rotor se encuentre libre de rebabas, esto asegurará que el elastómero no sufra daños durante la instalación del rotor dentro del estator. Una vez enroscado el rotor en el banco de pruebas, realizar un tirón para ajustar la conexión del rotor.
3. Inspeccionar visualmente el lado interno del estator para asegurarse que éste esté libre de limaduras de metal o pedazos de elastómero.
4. Observar la longitud del estator e inspeccionar que esté derecho (puede conectarse un pop joint de 4 ft para ayudar a identificar alguna desviación).

5. Inclinar el estator, inundar con agua y lubricar con aceite de motor o similares. (antes de inundar con agua asegurase que las partes metálicas se encuentren a temperatura ambiente.
6. Asegurar firmemente el estator a un soporte del banco de prueba con una prensa de cadena. Y engrasar las roscas del banco de pruebas donde será conectado el estator.
7. Introducir la longitud del rotor dentro del estator mediante la rotación lenta del banco de pruebas en sentido horario hasta que el estator alcance el banco de pruebas. Verificar que las conexiones del nipple y el coupling sean del tamaño correcto. Una vez el estator este conectado al banco de pruebas, poner el banco de pruebas en posición neutral.
8. Asegurar que el rotor esta correctamente espaciado dentro del estator después de ser conectado. (La cabeza del rotor no puede operar dentro del elastómero del estator; el extremo inferior del rotor debe atravesar el elastómero del estator para lograr el espaciamiento adecuado.
9. Usar los controles hidráulicos ó prensa manual para asegurar el estator dentro del banco de pruebas.
10. Conectar la manguera de suministro de fluido al fondo del estator (intake), usando los accesorios necesarios, Una vez conectado, asegurarse que la válvula haya sido abierta.
11. Asegurar que el banco de pruebas este encendido y el choke este completamente abierto. Rotar el banco de pruebas en dirección horaria a 150 RPMN para bombas de geometría estándar y a 300RPM para geometrías de

alta velocidad (sin contra-presión en la bomba). Circular el fluido de prueba durante 5 a 8 minutos sin contra presión en la bomba.

- 12.** Chequear si existen fugas en el stuffing box o en las conexiones de la bomba. Si existen fugas, reparar o apretar lo requerido para solucionar el problema.
- 13.** Cerrar el choke para presurizar la bomba. Grabar esta presión en la carta como la presión máxima para la bomba.
- 14.** seleccionar los pesos de prueba de bomba de acuerdo a los volúmenes de desplazamiento de las bombas PCP. Realizar el setting del peso en el display del banco de pruebas.
- 15.** Asegúrese que la temperatura del agua del tanque este bajo los requerimientos. Si no, adicione agua caliente o agua fría para obtener la temperatura deseada.
- 16.** Para empezar la prueba, gire suavemente el choke hasta que el manómetro indique la presión de prueba deseada.
- 17.** Resetear el medidor de peso mediante el switch de prueba. Después, cerrar la válvula de descarga que se encuentra por debajo de la báscula del banco de pruebas y de manera simultanea accionar el switch del banco de pruebas para que el cronometro empiece a correr.
- 18.** Una vez se obtenga el peso deseado, registrar el tiempo (segundos) y el torque (lb.ft) y determinar la eficiencia volumétrica dividiendo 60 por el tiempo registrado. Por ejemplo: si el tiempo registrado en la prueba es de 72,5 seg., la eficiencia volumétrica será:

$$Eficiencia = \frac{60 \text{ seg}}{\text{tiempo}_{\text{registrado}}} \times 100$$

$$Eficiencia = \frac{60}{72,5} \times 100 = 82,7\%$$

19. Para calcular el verdadero torque de la bomba se debe tomar el valor del torque registrado en la prueba y sustraer el torque del banco de pruebas sin carga de rotor o estator. Registrar este valor en la carta de prueba.

El valor del torque del banco de pruebas debe ser calculado todas las semanas de la siguiente manera:

- a) Girar el banco de pruebas en dirección horaria a 150 y 300 RPM sin rotor ni estator.
- b) Medir el torque a cada velocidad y registrar este valor en un lugar visible para el operador del banco de pruebas.

20. Una vez obtenido el peso deseado y el tiempo ha sido detenido, girar el switch de prueba a la posición “stop”.

21. Si la bomba no cumple los requerimientos de eficiencia deseados, puede cambiar el rotor por uno de mayor o menor ajuste y/u otro estator.

4. METODOLOGIA PLANTEADA

4.1 VARIABLES DE ANALISIS

El desarrollo de esta investigación requiere un amplio conocimiento de las variables a serán analizadas como factores de influencia en el comportamiento de la eficiencia volumétrica de las bombas de cavidades progresivas. Tener claridad en las unidades y conversiones resulta de vital importancia.

4.1.1 Viscosidad Dinámica y Cinemática⁹.

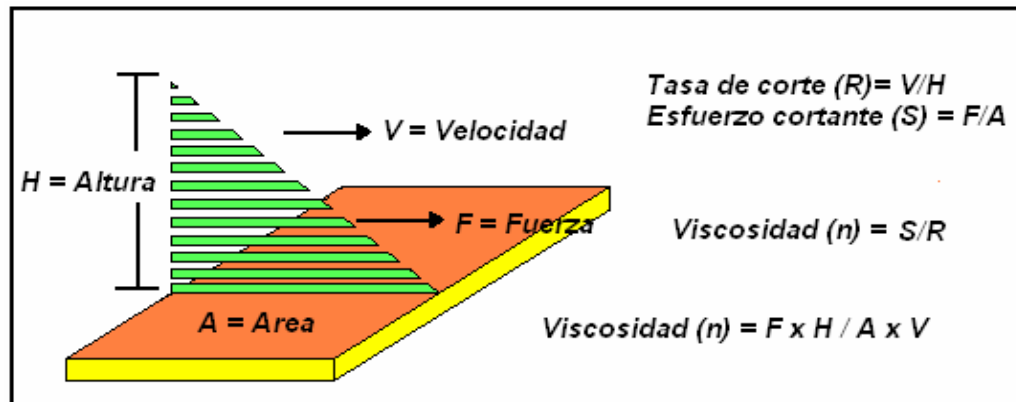
La viscosidad es una medida de la resistencia que ofrece una capa de fluido a desplazarse sobre la capa adyacente. A mayor viscosidad mayor resistencia a fluir (ej. la miel es más viscosa que el agua, pues posee más resistencia a fluir).

Para comparar las mediciones de viscosidad, es necesario relacionar los resultados de medición con las unidades de viscosidad del SI. La medida de la viscosidad es en Centistokes = mm^2/seg ó Centipoises = Centistokes / Densidad según el sistema internacional.

Como se muestra en la figura 27, físicamente la viscosidad esta definida como la relación entre el esfuerzo cortante y la tasa de corte, lo que en últimas se define como la razón del producto de la fuerza por el espesor de la capa y la velocidad del fluido por área de desplazamiento. En dimensiones de masa por longitud sobre tiempo.

⁹ TRUJILLO J, Sonia y REMOLINA M, Raúl. Trazabilidad de las mediciones de viscosidad. Centro Nacional de metrología. Simposio de metrología 25-27 Octubre 2006

Figura 27. Definición gráfica de viscosidad dinámica.



Fuente: Modificado de FERNANDEZ, D Pedro. Mecánica de fluidos. Departamento de ingeniería eléctrica y energética. Universidad de Cantabria

$$Viscosidad(n) = \frac{\left(\frac{Kg \cdot m}{s^2}\right) \times m}{m^2 \times \left(\frac{m}{s}\right)} = \frac{Kg}{m \times s}$$

Las unidades de viscosidad dinámica también pueden ser expresadas en Pa.s. En el sistema cgs, la unidad de viscosidad dinámica es el Poise = 1g/cm.s = 100 Cp.

La viscosidad cinemática está definida como la razón entre la viscosidad dinámica y la densidad del fluido. En las mediciones de viscosidad cinemática, la gravedad es la causa que hace fluir al líquido dentro de un capilar (ejemplo de equipos que miden viscosidad cinemática son los viscosímetros capilares, copas de flujo, etc.); mientras que en las mediciones de viscosidad dinámica se aplica una fuerza externa para inducir el movimiento del fluido (por ejemplo: viscosímetros rotacionales, viscosímetros de placa paralelas, cilindros concéntricos, etc.). Por lo tanto, todos los viscosímetros disponibles comercialmente obedecen a cualquiera de los dos principios, es decir, que miden viscosidad cinemática o viscosidad

dinámica. La unidad en el SI para la viscosidad cinemática es m^2/s . Para el sistema cgs es el Stokes = cm^2/s = 100 Centistokes (cSt) = $0.0001 \text{ m}^2/\text{s}$.

La viscosidad dinámica y la viscosidad cinemática se relacionan por medio de la densidad ρ , de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\nu = \frac{n}{\rho}$$

Donde:

ν = Viscosidad cinemática [=] Centipoises

n = Viscosidad Dinámica [=] Centistokes

P = densidad del fluido [=] g/cm^3

El efecto de la temperatura en la viscosidad de los líquidos puede ser determinado por pruebas de laboratorio o mediante ecuaciones empíricas como la ecuación de Andrade.

$$\ln(\mu) = A + \frac{B}{T}$$

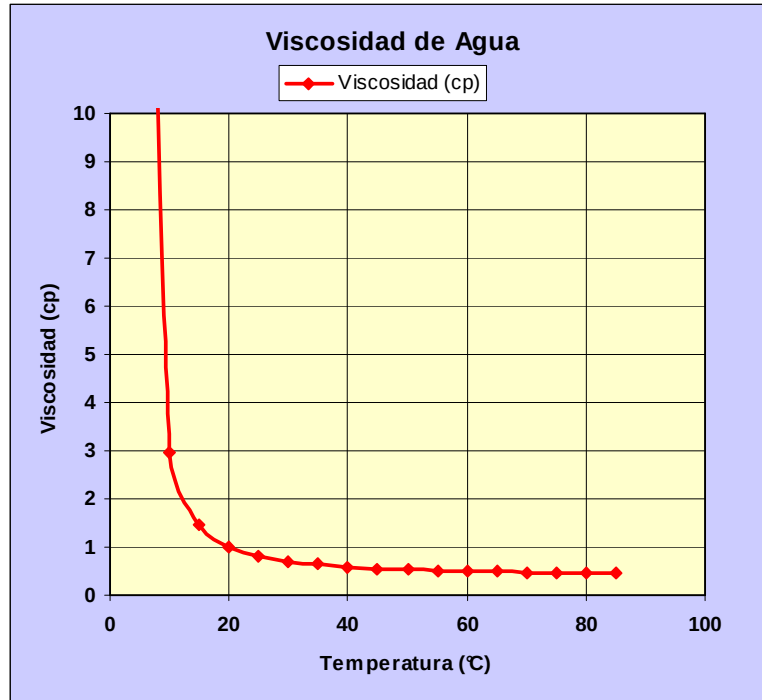
Donde:

μ = Viscosidad cinemática [=] Cp

T = Temperatura Absoluta [=] $^{\circ}\text{C}$

A, B = Constantes propias del fluido [=] Adimensionales

Figura 28. Efecto de la temperatura en la viscosidad del agua.



4.1.2 Corte de Agua de Producción. El corte de agua es considerado como parámetro operacional debido a que es una característica propia de cada pozo. Como definición podemos expresar el corte de agua como el porcentaje en volumen de agua producida en un volumen de producción determinado.

$$\text{Corte_de_agua} = \frac{\text{Volemen_de_agua}}{\text{Volumen_de_fluido}} \times 100$$

Es importante tener claridad en la diferencia existente entre el corte del agua y el BSW. En éste ultimo, el porcentaje de agua incluye sedimentos.

Cuando un pozo produce aceite y agua da lugar a la emulsión de fluidos, la cual puede ser directa o inversa dependiendo de la naturaleza del fluido y de las proporciones de cada una en la mezcla. Para el desarrollo de esta investigación,

se seleccionaron 6 pozos del campo Guando que tienen cortes de agua promedio de (0, 20, 40, 60, 80 y 100) %. Las propiedades físicas de estos crudos emulsionados son similares y por lo tanto son mecanismos de control que permitan analizar de forma confiable la influencia de otros parámetros en la eficiencia volumétrica y torque de las bombas de cavidades progresivas.

4.2 METODOLOGIA PARA DETERMINAR EFECTO DE VISCOSIDAD EN LA EFICIENCIA VOLUMETRICA DE LAS BOMBAS PCP

Para analizar el efecto de la viscosidad del fluido de producción en la eficiencia volumétrica de las bombas de cavidades progresivas se seleccionaron 3 tipos de bombas PCP de fabricación brasilera cuyo elastómero es conocido como NBRA ó Buna (Marca Weatherford). La nomenclatura que describe estas bombas conforma de tres números. El primero representa el número de etapas del estator, el segundo representa el diámetro del rotor en mm y el tercer número significa el desplazamiento a 500 RPM, (Bls/día x 500RPM).

Las bombas seleccionadas fueron:

- 18.40-600
- 24.40-1200
- 22.40-2500

La metodología empleada en la investigación constituyó en probar cada una de las anteriores bombas con cuatro fluidos de diferentes viscosidades a diferentes presiones y velocidades. Los fluidos seleccionados en esta investigación fueron los siguientes. (Ver fichas técnicas en el Anexo A)

- Agua: Como fluido base ó referencia, por la inercia química frente al elastómero y por motivos ambientales es el mas opcionado para las pruebas.
- Aceite Hidráulico Shell 68: En la búsqueda de fluidos de viscosidad conocida y de una manipulación segura, los aceites hidráulicos son la mejor opción.
- Aceite para motor SAE 20W-50: En la amplia gama de aceites hidráulicos, el aceite para motor presenta el de mayor viscosidad y para fines de ésta investigación es apropiado y brinda las características requeridas.
- Agua viscosificada con SAFE-VIS OGS: El uso de viscosificantes de fluidos permite realizar pruebas a viscosidades mayores. Para el caso de viscosificantes base salmuera ($11,6 \text{ CaCl}_2$), 2 gal/bl de SAFE-VIS OGS es una excelente opción para obtener una viscosidad de 600 Cp.

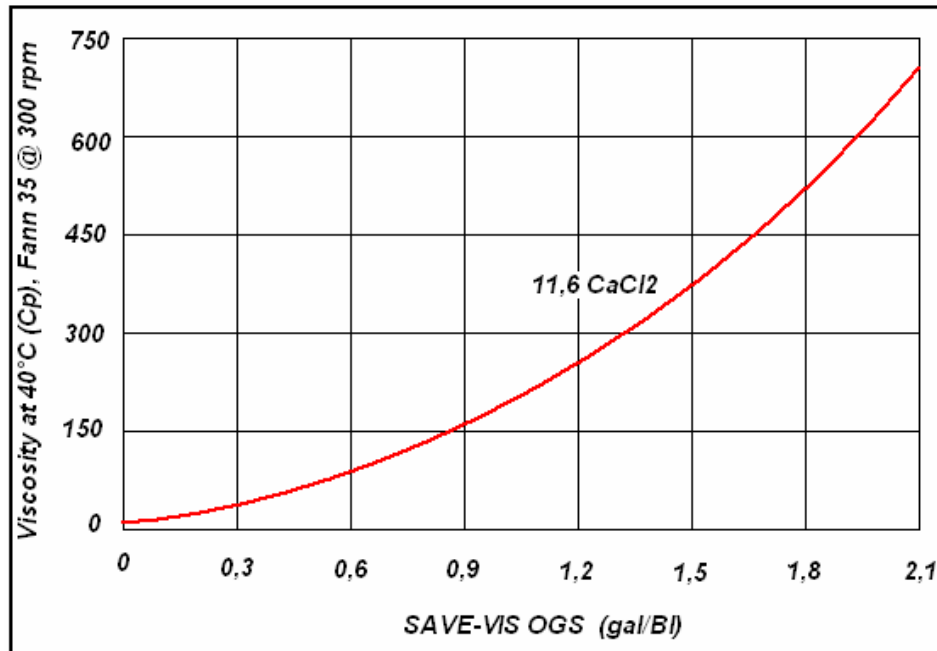
En la siguiente tabla se muestran las principales propiedades de los fluidos escogidos en la investigación.

Tabla 3. Propiedades físicas de los fluidos de prueba.

Característica	Agua	Aeite Hidraulico Tellus 68	Aceite para Motor SAE 20W-50	Agua Viscosificada
Densidad	1000 Kg./m ³	883 Kg./m ³	893 Kg./m ³	1060 Kg./m ³
Punto Inflamación	N/A	222°C	246°C	N/A
Temp. Ebullición	100°C	280°C	280°C	100°C
Viscosidad Cinemática	1 mm ² /s	68 mm ² /s	162 mm ² /s	Grafico
Temp. Congelación	0°C	(-30)°C	(-27)°C	0°C

Para la aplicación referente a esta investigación, se utilizaron 2 gal/bl de salmuera al 11,6 de CaCl_2 . Con lo que se obtuvo una viscosidad del 600 Cp según grafico.

Figura 29. Viscosidad de mezcla @ 40°C para SAVE-VI S OGS



Fuente: MI SWACO INC. Propiedades del viscosificante SAVE VIS OGS.

Como se mencionó en el segundo capítulo de éste libro, la eficiencia volumétrica de las bombas PCP se ve afectada por muchos parámetros, por lo tanto es importante ser cuidadosos a la hora de atribuir un comportamiento a un determinado parámetro. Sin embargo se pueden emplear mecanismos de control que permitan disminuir o eliminar la influencia de algunos factores a fin de poder analizar de forma confiable los resultados obtenidos. A continuación se nombran algunos parámetros y los mecanismos de control empleados para minimizar su efecto en las pruebas.

- **Espaciamiento del Rotor:** Durante el espaciamiento del rotor dentro del estator, existe la posibilidad de sobre-espaciar el rotor y por lo tanto

sacrificar una o mas etapas de la bomba. <lo anterior elimina una línea de sello que contribuye al levantamiento de presión y a contrarrestar de manera adecuada los deslizamientos de fluido por escurrimiento. En el banco de pruebas este problema se elimina por completo porque los nipples y acoples usados tanto en el rotor como en el estator son los mismos y por ende todas las pruebas se realizaron bajo las mismas condiciones de espaciamiento.

- **Sumergencia de la bomba:** Las bombas PCP funcionan bajo el principio de desplazamiento positivo y requieren de un nivel minimo de sumergencia para su producción (succión), En algunas aplicaciones de pozo se ha observado que el tener mayor nivel de sumergencia favorece la eficiencia volumétrica de las PCP. El mecanismo de control utilizado con este parámetro lo provee el banco de pruebas debido a que la fuente de alimentación es una manguera alimentada desde un tanque de almacenamiento, por lo tanto todas las pruebas fueron probadas bajo las mismas condiciones.
- **Configuración del Rotor:** Como se mencionó anteriormente, existen grados de ajuste entre el rotor y el elastómero representados en tres tipos de rotores (undersize, estándar y oversize), de los cuales depende en gran parte la eficiencia de determinada bomba. Para el caso de esta investigación solo se utilizaron rotores tipo estándar, con lo cual se mitiga de forma radical el efecto de este parámetro.
- **El tipo de elastómero:** El material con que un elastómero este compuesto puede afectar la eficiencia de las bombas de cavidades progresivas debido a que unos elastómeros pueden interactuar con el fluido y la temperatura mas fácilmente que otros. En el desarrollo de esta tesis se emplearon estatores de fabricación brasilera y elastómero NBRA, por lo tanto no

existen influencias de este parámetro en los resultados de las pruebas de bomba.

- **Run Life de la bomba:** El tiempo de vida de una bomba de cavidades progresivas es de gran importancia porque durante el tiempo de operación de las bombas PCP se pueden presentar alteraciones en el desempeño de las mismas, especialmente en el elastómero. Con miras a eliminar este parámetro, se utilizaron bombas nuevas en el desarrollo de este proyecto.

Otros parámetros de gran importancia como presión hidrostática, velocidad de operación, desplazamiento de la bomba (caudal), levantamiento de la bomba (presión), entre otros, son estudiados en las pruebas. Para lo cual se realizaron pruebas a (100, 200 y 300) RPM y a presiones de (0, 200, 400, 600, 800, 1000, 1200 y 1600) Psi de acuerdo a la presión de levantamiento de las bombas de prueba.

Los resultados de las 12 pruebas de bomba se pueden observar en el Anexo B.

4.3 METODOLOGIA PARA DETERMINAR EFECTO DEL CORTE DE AGUA EN LA EFICIENCIA VOLUMETRICA DE LAS BOMBAS PCP

Para la determinación del efecto del corte de agua en la eficiencia volumétrica de las bombas de cavidades progresivas se utilizó una bomba tipo 24.40-1500 de elastómero NBRA y se emplearon 6 pruebas con diferentes cortes de agua (0, 20, 40, 60, 80 y 100) % de corte de agua.

En el Anexo C, se pueden observar las pruebas de producción correspondientes a las muestras emulsionadas de fluido utilizadas en las pruebas y las cuales fueron tomadas de diferentes pozos de campo Guando, Tolima.

Los mecanismos de control empleados para mitigar o eliminar factores que afectan la eficiencia volumétrica en función de la viscosidad del fluido, también fueron empleados en la determinación del efecto del corte de agua en la eficiencia volumétrica de las bombas PCP.

Los resultados correspondientes a las 6 pruebas con bomba 24,40.1500 y bajo las 6 condiciones de corte de agua anteriormente nombradas se adjuntan en los Anexos D.

4.4 OBSERVACIONES GENERALES DE LOS RESULTADOS

Como primera observación de los resultados pertinentes a las pruebas de bomba se evidencia de manera general e independiente del tipo de bomba o fluido de producción una tendencia a disminuir la eficiencia volumétrica a medida que aumenta la presión de levantamiento.

El efecto de la presión en la eficiencia volumétrica se ve disminuido con fluidos de alta viscosidad. Como se explicó en el capítulo 2, la presión de levantamiento produce un deslizamiento de fluido desde una cavidad de mayor a una de menor presión por entre las líneas de sello entre el rotor y el elastómero. Sin embargo cuando se producen fluidos viscosos es más difícil el desplazamiento ó paso del fluido por entre las líneas de sello, evitando así pérdidas en la eficiencia de la bomba PCP.

A manera de conclusión, el efecto de la presión en la eficiencia volumétrica se ve disminuido para fluidos viscosos debido a la dificultad de éstos para deslizarse entre las líneas de sello.

Una segunda observación evidenciada en todas las pruebas de bomba realizadas en el banco de pruebas esta relacionada con la velocidad de operación. Respecto

a la cual es notable que la eficiencia volumétrica de las bombas de cavidades progresivas se mantiene más si la bomba es operada a mayor velocidad.

El efecto descrito anteriormente también ayuda a contrarrestar el efecto de la presión en la eficiencia de las bombas PCP. Y su explicación física radica en que a una determinada presión constante, la tasa de deslizamiento también es constante e independiente de la velocidad. Sin embargo operar la bomba a mayor velocidad implica una mayor tasa producción, y por lo tanto el porcentaje del fluido que se desliza será menor.

4.5 EFECTO DE LA VISCOSIDAD EN LA EFICIENCIA VOLUMETRICA DE LAS BOMBAS PCP.

Para el análisis detallado del efecto de la viscosidad en las bombas de cavidades progresivas, se estudió por separado cada una de los 4 tipo de bombas.

Bomba 18.40-600: Como se observa en las figuras 4.4, 4.5 y 4.6, la tendencia normal de la eficiencia volumétrica de la bomba es a disminuir a medida que aumenta la presión de levantamiento. Sin embargo la tasa de disminución en la eficiencia volumétrica es menor para fluidos de mayor viscosidad.

Con respecto a la velocidad se puede observar que si una bomba es operada a mayor velocidad y se mantiene a una presión determinada, la eficiencia volumétrica es mayor sin importar la viscosidad del fluido. Por ejemplo, la eficiencia volumétrica de una bomba 18.40-600 con un fluido de 0,5 cp a 100 RPM y 800 Psi de presión es de algo menos del 50%. Si mantenemos las condiciones de viscosidad y presión, pero se aumenta la velocidad de operación a 200 RPM, la eficiencia será del 67%. Y si nuevamente se mantienen las condiciones de presión y viscosidad pero aumentamos a 300 RPM, la eficiencia volumétrica de la bomba será del 75%.

Si se traza una línea horizontal en la figura 30, se puede llegar a la conclusión de que es posible que una bomba PCP operada con fluidos de diferentes viscosidades presenten una misma eficiencia, sin embargo para que esto sea posible se debe mantener a mayor presión el fluido de mayor viscosidad.

Figura 30. Efecto de la viscosidad en la eficiencia volumétrica para una bomba 18.40-600 operada @ 100 RPM.

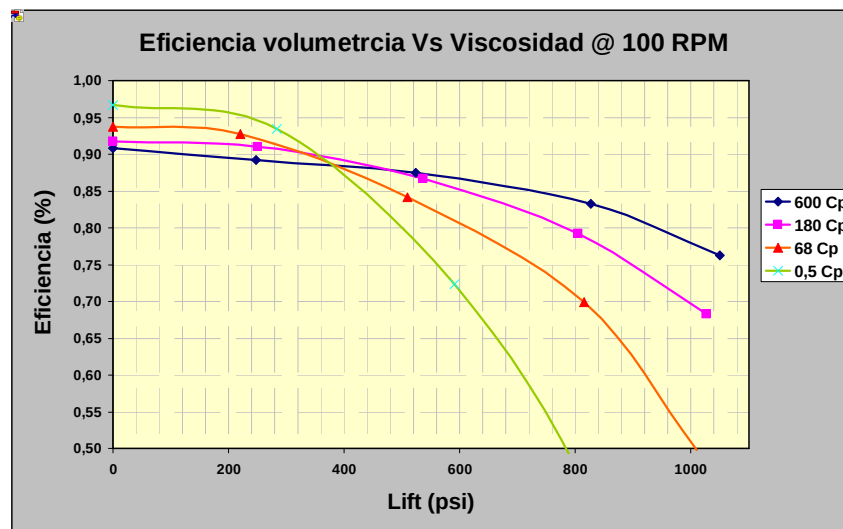


Figura 31. Efecto de la viscosidad en la eficiencia volumétrica para una bomba 18.40-600 operada @ 200 RPM.

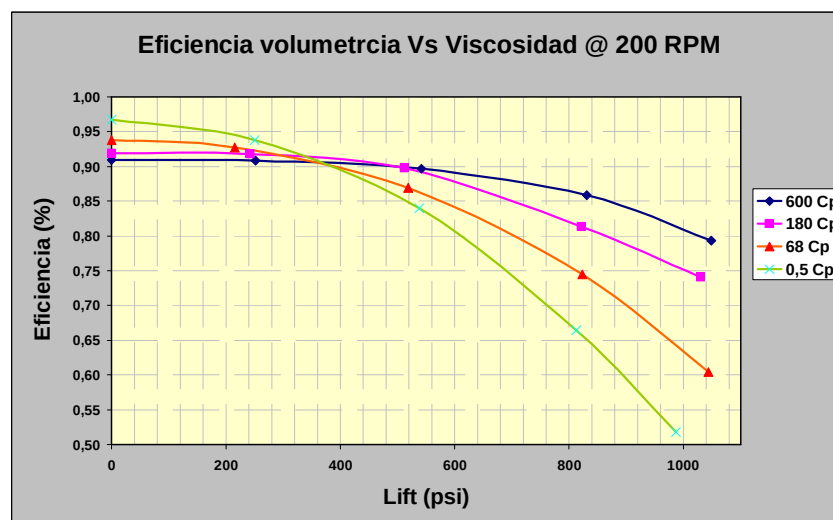
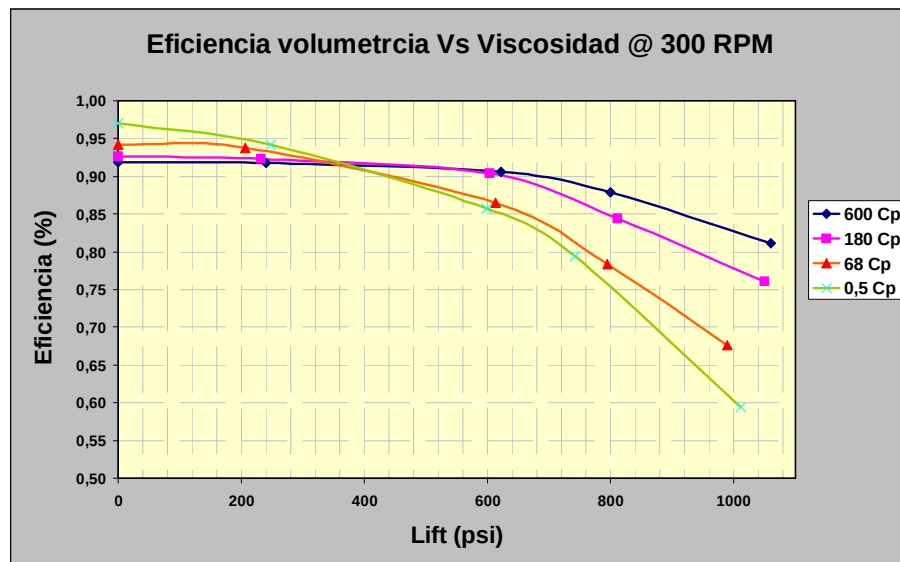


Figura 32. Efecto de la viscosidad en la eficiencia volumétrica para una bomba 18.40-600 operada @ 300 RPM.



Una observación general de las graficas indican que la eficiencia volumétrica de la bomba a una presión de 0 psi es mayor en los fluidos de baja viscosidad, comparada con la eficiencia volumétrica a la misma presión para fluidos de mayor viscosidad. Por lo tanto existe una presión a partir de la cual la tendencia es invertida. Dicha presión es independiente de de la velocidad de operación y para el caso de una bomba 18.40-600 es de 350 psi aproximadamente.

Bomba 24.40-1200: Las tendencias en el comportamiento de la eficiencia volumétrica de las figuras 33, 34, 35 son similares a las observadas en las figuras 30, 31 y 32. Sin embargo es importante hacer las siguientes aclaraciones:

- La bomba 18.40-600 tiene un rango de presión máxima de 1800 Psi y la bomba 24.40-1200 tiene un rango máximo de 2400 psi. Por las presiones de pruebas son diferentes.
- La tendencia de una mayor eficiencia volumétrica en fluidos de baja viscosidad para presiones bajas (<600psi) se mantiene. Sin embargo en

una bomba 24.40-1200 la presión a la que se invierte el comportamiento no es uniforme con respecto a la velocidad de operación. (Para el caso de la bomba 24.40-1200 @ 100 RPM, es de 600 psi aprox. @ 200 RPM es de 700 psi aprox. y @ 300RPM es de 800 psi aprox.)

- En la bomba 24,40-1200 se evidencia una tasa de disminución de eficiencia volumétrica menor a la mostrada en la bomba 18.40-600. Lo cual se debe a dos razones: 1. A mayor capacidad de desplazamiento de la bomba (caudal), el efecto de deslizamiento se ve enmascarado; 2. el rango de presión que maneja la bomba 24.40-1200 ayuda a contrarrestar el efecto de la presión debido a un mayor numero de etapas en la bomba.

Figura 33. Efecto de la viscosidad en la eficiencia volumétrica para una bomba 24.40-1200 operada @ 100 RPM.

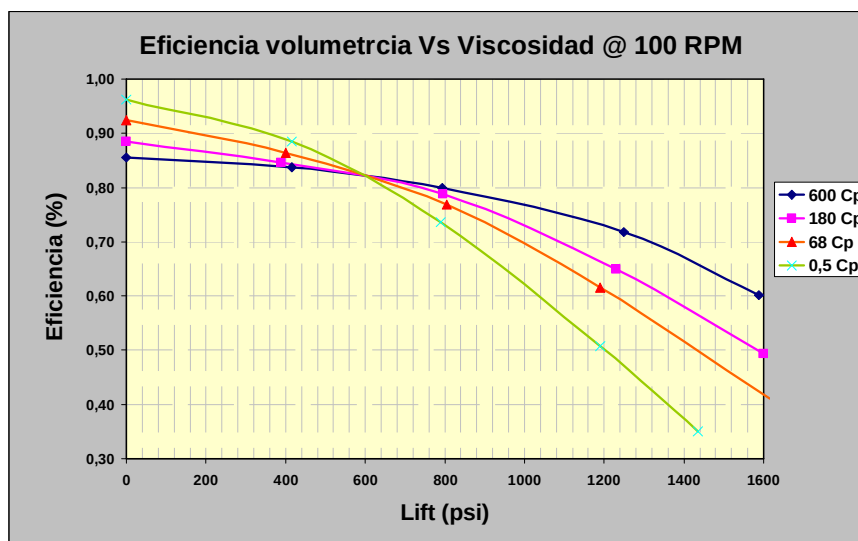


Figura 34. Efecto de la viscosidad en la eficiencia volumétrica para una bomba 24.40-1200 operada @ 200 RPM.

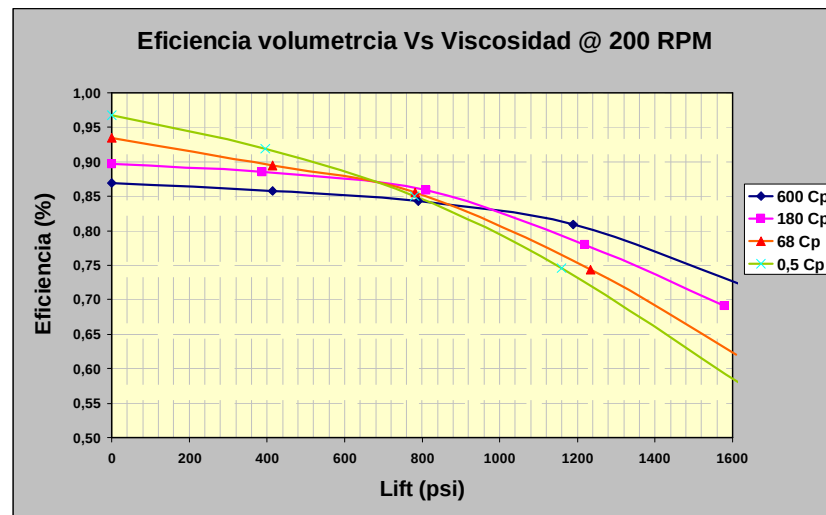
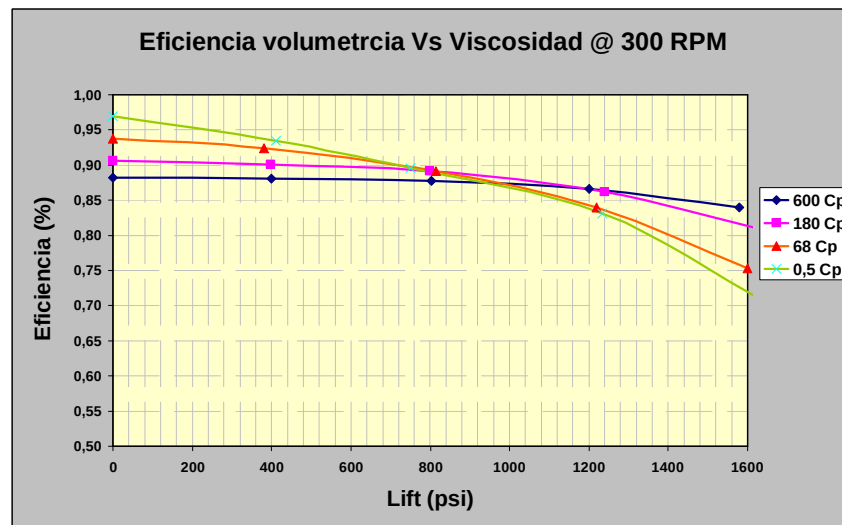


Figura 35. Efecto de la viscosidad en la eficiencia volumétrica para una bomba 24.40-1200 operada @ 300 RPM.



Bomba 22.40-2500: En las figuras 36, 37 y 38 se ilustran los resultados de los 4 fluidos viscosos en la bomba PCP 22.40-2500, en los cuales es notable que el decrecimiento de la eficiencia volumétrica es menos crítico que en las otras

bombas. Lo que significa que el efecto de la presión en la eficiencia volumétrica es casi mínimo.

El comportamiento observado en estas pruebas pueden ser explicadas desde el punto de vista de que las bombas de mayor caudal enmascaran el efecto de la presión en la eficiencia volumétrica de las bombas de cavidades progresivas, en parte por la cantidad de etapas que maneja y por los rangos de presión que puede manejar. Adicionalmente una mayor tasa de producción disminuye el porcentaje correspondiente al fluido de deslizamiento.

Figura 36. Efecto de la viscosidad en la eficiencia volumétrica para una bomba 22.40-2500 operada @ 100 RPM.

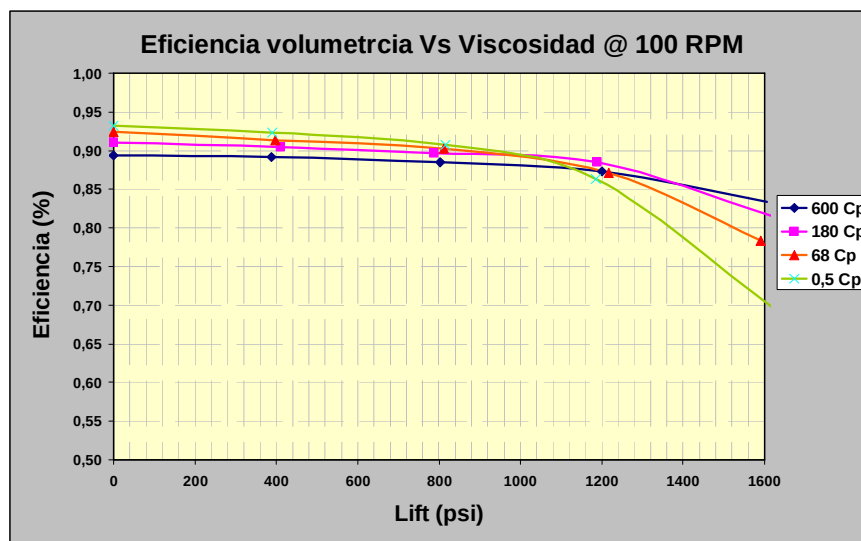


Figura 37. Efecto de la viscosidad en la eficiencia volumétrica para una bomba 22.40-2500 operada @ 200 RPM.

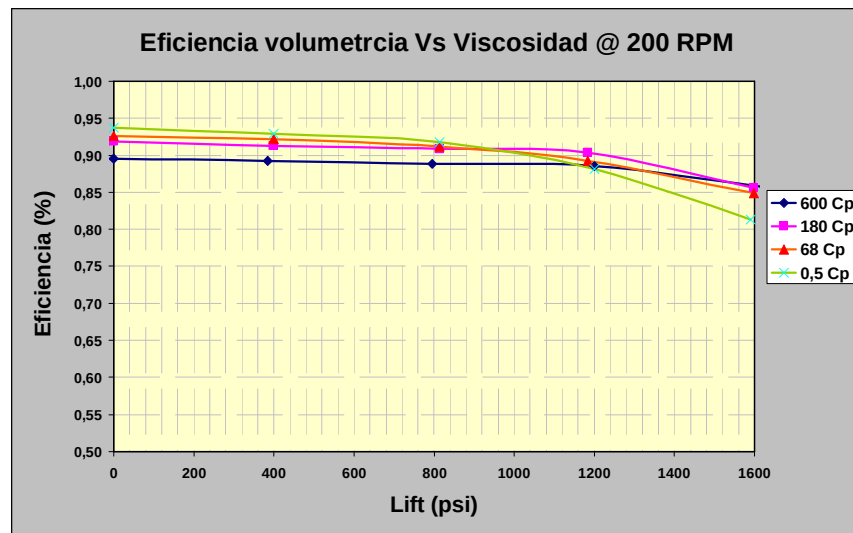
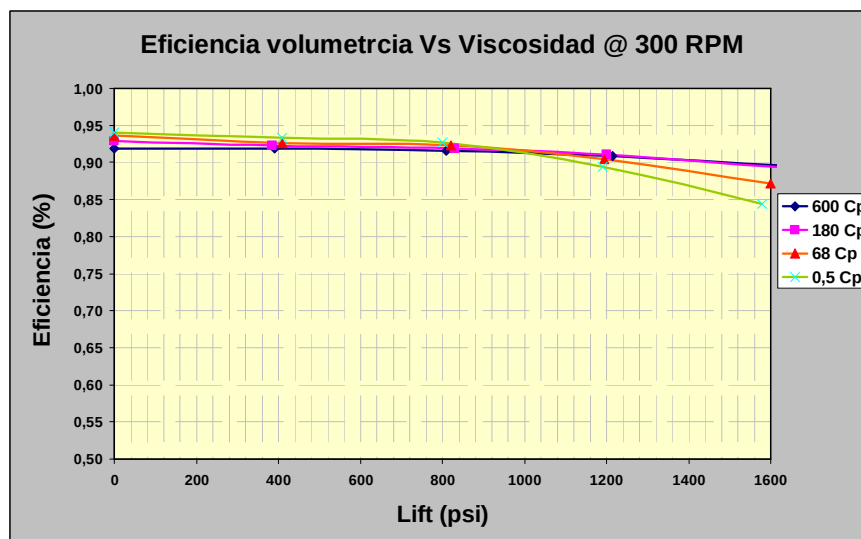


Figura 38. Efecto de la viscosidad en la eficiencia volumétrica para una bomba 22.40-2500 operada @ 300 RPM.



Para analizar el efecto de la velocidad y el tipo de bomba en la eficiencia volumétrica de las bombas PCP, se grafican las familias de curvas

correspondientes a los 3 tipos de bombas a 100, 200 y 300 RPM tomando como fluido de prueba el agua.

Como se puede observar en las figuras 39, 40 y 41, se confirma el efecto que el efecto de la presión en la eficiencia volumétrica de las bombas de cavidades progresivas es mas evidente en bombas de bajo caudal como el caso de la 18.40-600 y 24.40-1500.

Otro detalle de importancia esta relacionado con el valor de eficiencia volumétrica a la presión de 0psi es igual para cualquier velocidad de operación de la bomba. Lo anterior se evidencia en las pruebas de bomba del Anexo D.

Figura 39. Efecto de desplazamiento de la bomba en la eficiencia volumétrica con agua como fluido de prueba @ 100 RPM.

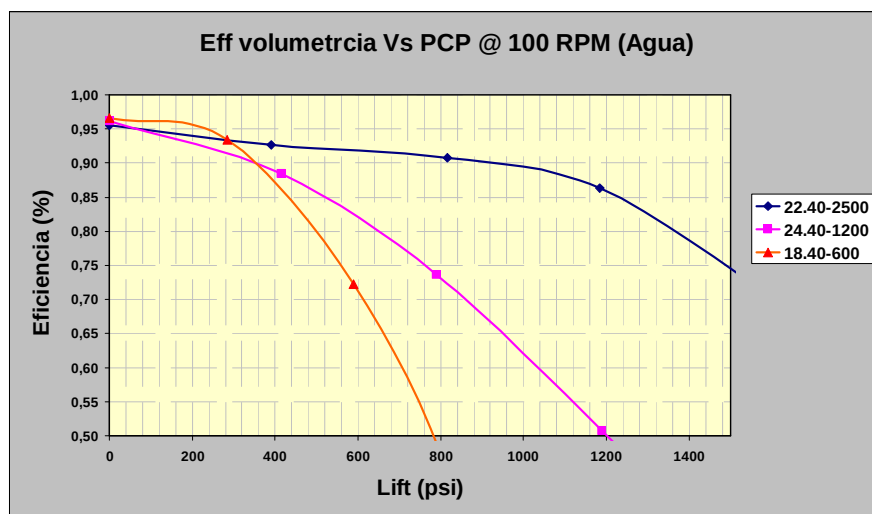


Figura 40. Efecto de desplazamiento de la bomba en la eficiencia volumétrica con agua como fluido de prueba @ 200 RPM.

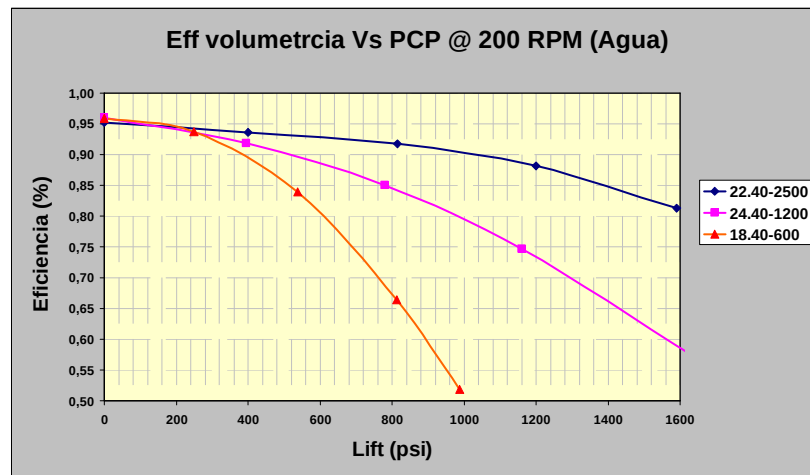
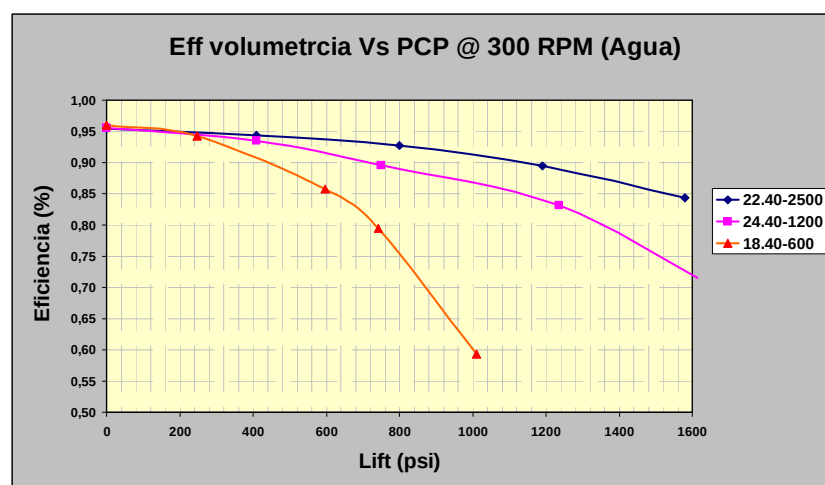


Figura 41. Efecto de desplazamiento de la bomba en la eficiencia volumétrica con agua como fluido de prueba @ 300 RPM.



4.6 EFECTO DEL CORTE DE AGUA EN LA EFICIENCIA VOLUMETRICA DE LAS BOMBAS PCP

De acuerdo a las pruebas del Anexo D, realizadas con la bomba PCP 24.40-1500 NBRA y las 6 muestras emulsionadas, se encontraron los siguientes resultados.

Como se observa en las graficas 42, 43 y 44, el corte de agua tiene un efecto similar al de la viscosidad de fluido en la eficiencia volumétrica de las bombas de cavidades progresivas. Es decir que a mayores cortes de agua en emulsión, mayor es la eficiencia de las bombas de cavidades progresivas.

En las graficas de eficiencia volumétrica vs presión para determinados cortes de agua es claro una vez más la existencia de una presión por debajo de la cual la bomba presenta mejor eficiencia con los fluidos menos viscosos y por encima de la cual la eficiencia es mejor para fluidos viscosos. De igual forma, dicha presión es independiente de la velocidad de operación y tiene un valor de 600psi aproximadamente para una bomba 24.40-1500.

Figura 42. Efecto del corte de agua en la eficiencia volumétrica @ 100 RPM.

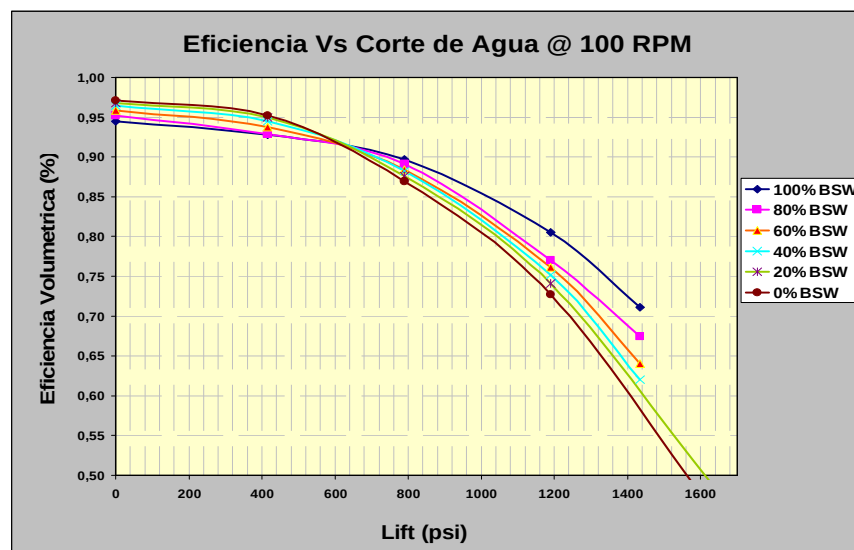


Figura 43. Efecto del corte de agua en la eficiencia volumétrica @ 200 RPM.

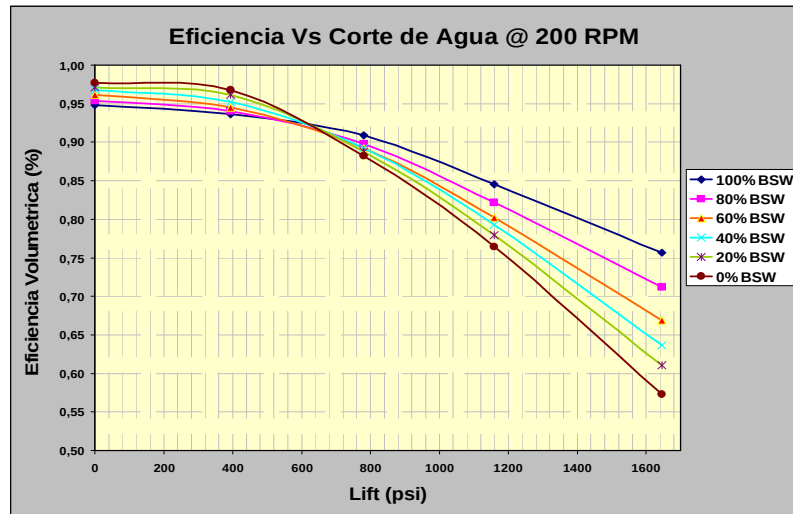
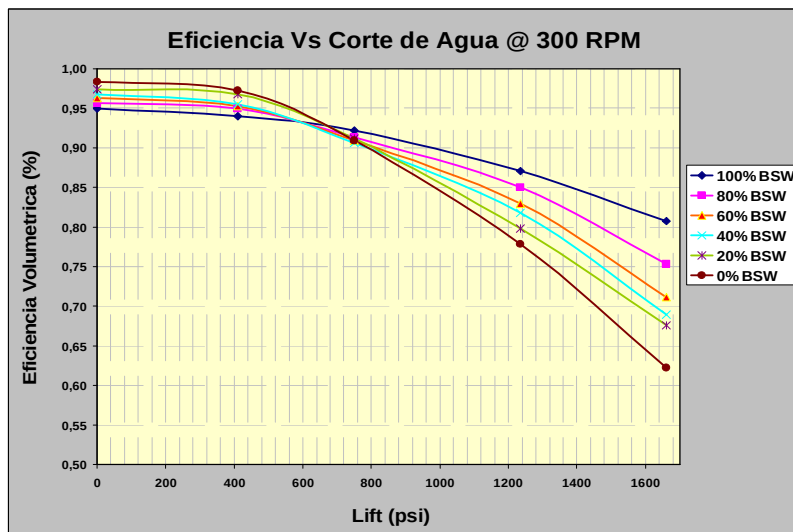


Figura 44. Efecto del corte de agua en la eficiencia volumétrica @ 300 RPM.



En las figuras 45, 46 y 47 se observa que los valores de eficiencia volumétrica a la presión de 0psi son independientes de la velocidad de operación para un determinado tipo de bomba.

Una ultima observación acerca de estas graficas esta relacionada con el grado de separación entre la familia de curvas para una velocidad de operación

determinada. Es decir, a 100 RPM, el grado de separación entre las curvas de diferentes cortes de agua es menor que a 200 RPM y ésta a su vez es menor que a 300 RPM. Lo que indica que el efecto del corte de agua en la eficiencia volumétrica de las bombas de cavidades progresivas puede verse disminuida si se opera a bajas velocidades.

4.7 EFECTO DEL CORTE DE AGUA EN EL TORQUE DE OPERACION DE LAS BOMBAS PCP

Como se observa en las figuras 4.19, 4.20 y 4.21, el torque de fricción o de inserción de las bombas de cavidades progresivas es función directamente proporcional a la velocidad de operación. Es decir, a mayor velocidad, mayor torque de inserción. Sin embargo el torque hidráulico representado por la pendiente de la grafica no es función de ninguna de las anteriores.

En las figuras de torque se observa que el corte de agua disminuye el torque de inserción ó de fricción de las bombas de cavidades progresivas. Este comportamiento es lógico si pensamos que el aceite es más viscoso que el agua y por lo tanto se requiere de mayor torque para mover el rotor dentro del estator.

Una observación final acerca de las graficas de torque en función del corte de agua indica que a menor velocidad, es más notable el efecto del corte de agua. Contrario a lo que ocurren a altas velocidades, a las cuales el efecto del BSW es casi insignificante.

Figura 45. Efecto del corte de agua en el torque de las PCP @ 100 RPM.

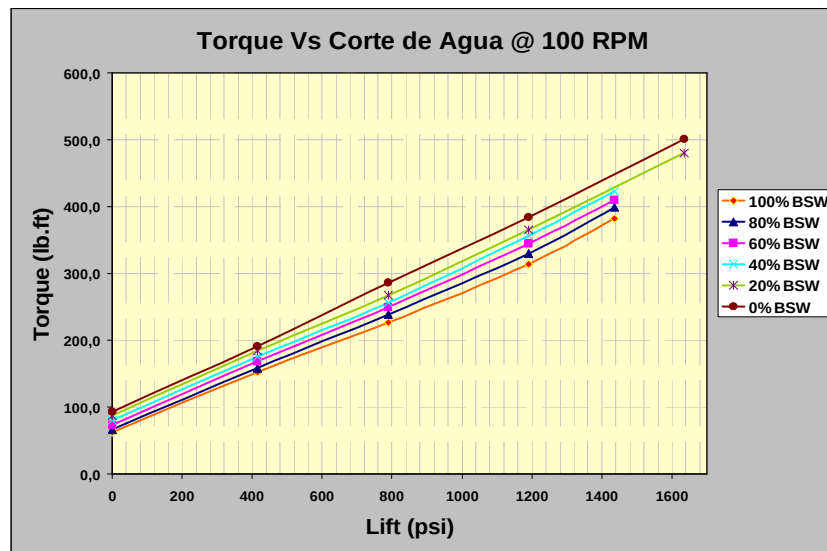


Figura 46. Efecto del corte de agua en el torque de las PCP @ 200 RPM.

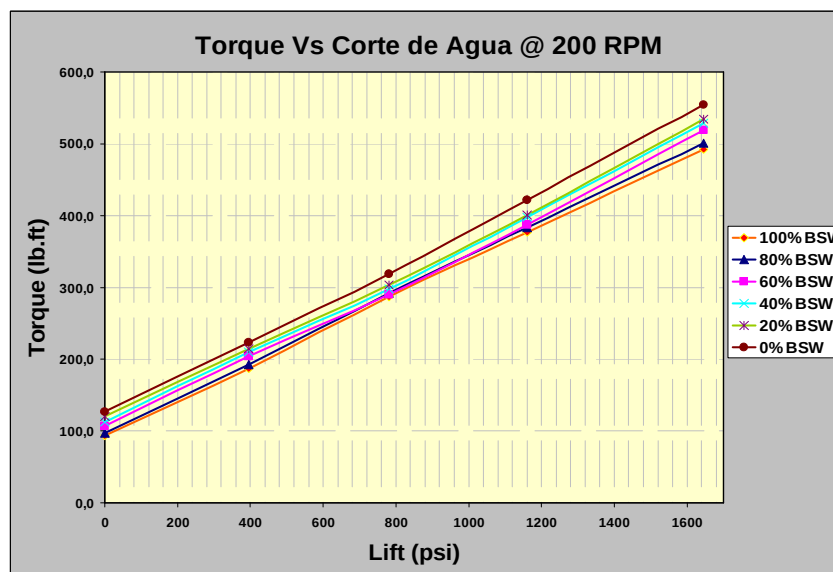
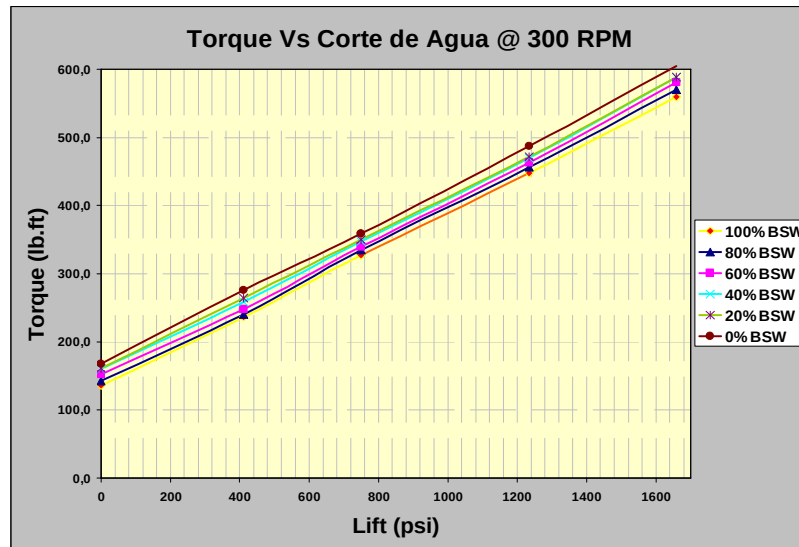


Figura 47. Efecto del corte de agua en el torque de las PCP @ 300 RPM.



5. VALIDACION DE RESULTADOS

Para la validación de los resultados obtenidos se compararon los comportamientos estudiados con los comportamientos de las bombas de cavidades progresivas en pozo mediante datos de pruebas de producción.

Antes de realizar la validación de los resultados obtenidos en las bombas PCP en el banco de pruebas, es de gran importancia tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Las pruebas de bombas PCP realizadas en el banco de pruebas se llevaron a cabo bajo mecanismos de control que son casi imposibles de emplear en los pozos (espaciamiento, Run life, sumergencia, contenido de sólidos, temperatura de fluido, entre otros)
- Las condiciones de operación de las diferentes bombas instaladas son diferentes por motivos de Presión (profundidad), temperatura de fondo, tipo de fluido y geometría de pozo.
- La validación de los resultados obtenidos referentes a la influencia de la viscosidad del fluido en la eficiencia de las bombas de cavidades progresivas no es posible debido a todas las bombas han sido instaladas en el mismo campo y poseen propiedades muy similares de gravedad, viscosidad, composición, etc.
- La validación del efecto de la presión diferencial en las bombas instaladas requiere de poder variar la presión hidrostática en pozo, lo cual no es

posible a menos que el pozo sea chocado (lo que no es recomendable y ni permitido por la empresa operadora del campo).

- El efecto del corte de agua si es posible de validar. Para tal motivo se seleccionaron 10 pozos cuyo tipo de bomba fuera igual al de la prueba (24.40-1500 NBRA) y cuyas pruebas de producción mostraron fluctuaciones del BSW.
- El efecto del torque también puede ser observado en la pruebas de producción de los pozos antes mencionados. Sin embargo se deben tener en cuenta otros factores como sumergencia, RPM, etc.
- La velocidad de operación de los pozos seleccionados no es constante, por lo tanto se debe hacer una validación integradas de los parámetros investigados sin olvidar la influencia de otros factores.

Los pozos seleccionados para la validación de los resultados son los siguientes: Pozo 49, Pozo 61, Pozo 62, Pozo 64, Pozo 89, Pozo 113, Pozo 114, Pozo 126, Pozo 136, Pozo 143. (Ver Anexo E). Las graficas de la figura 48 a la 57 corresponden a las pruebas de producción de los 10 pozos seleccionados.

Figura 48. Pruebas de producción Gua 49.

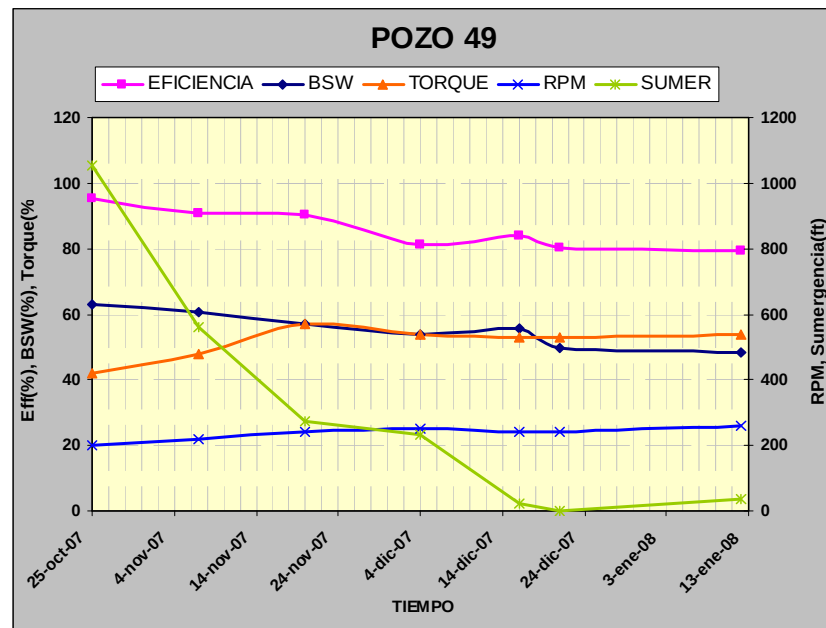


Figura 49. Pruebas de producción Gua 61.

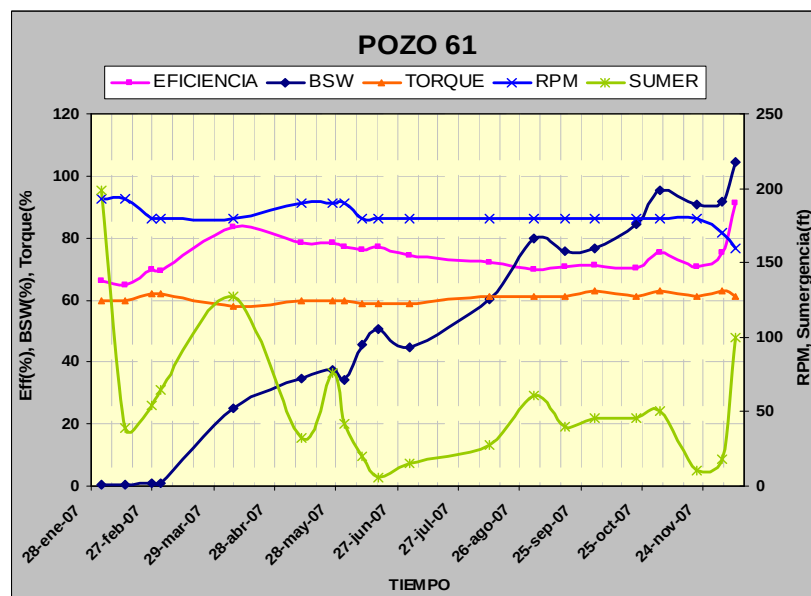


Figura 50. Pruebas de producción Gua 62.

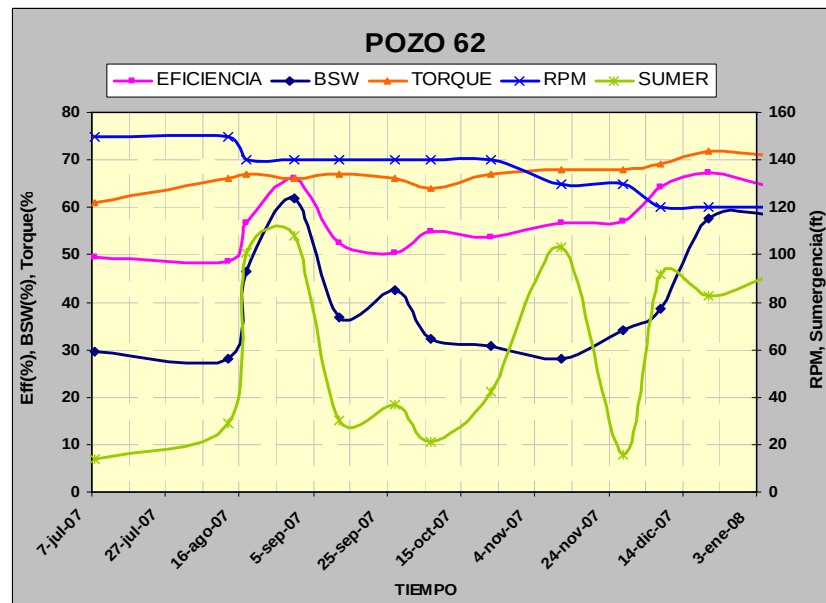


Figura 51. Pruebas de producción Gua 64.

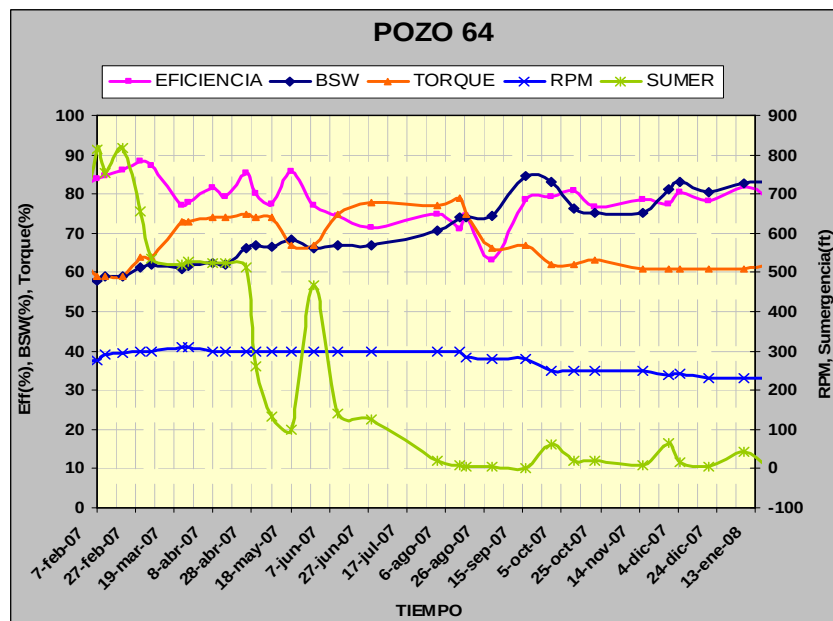


Figura 52. Pruebas de producción Gua 89.

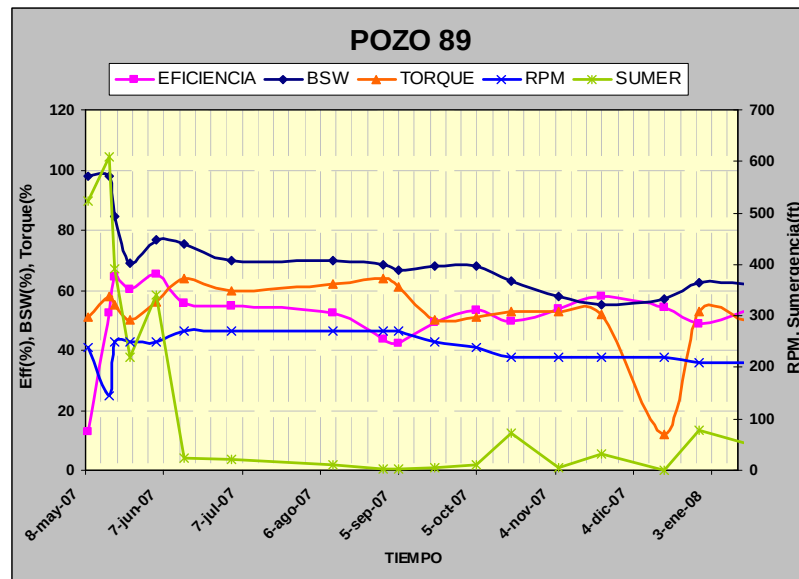


Figura 53. Pruebas de producción pozo 113

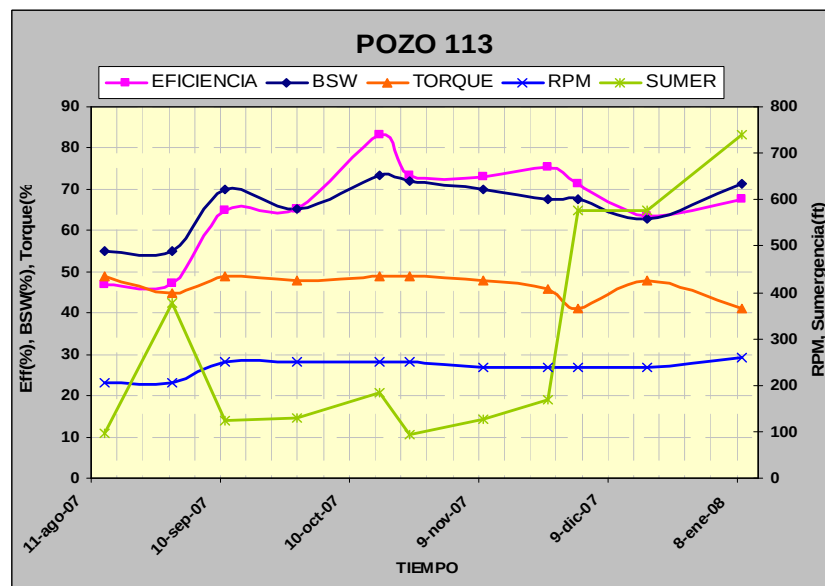


Figura 54. Pruebas de producción pozo 114

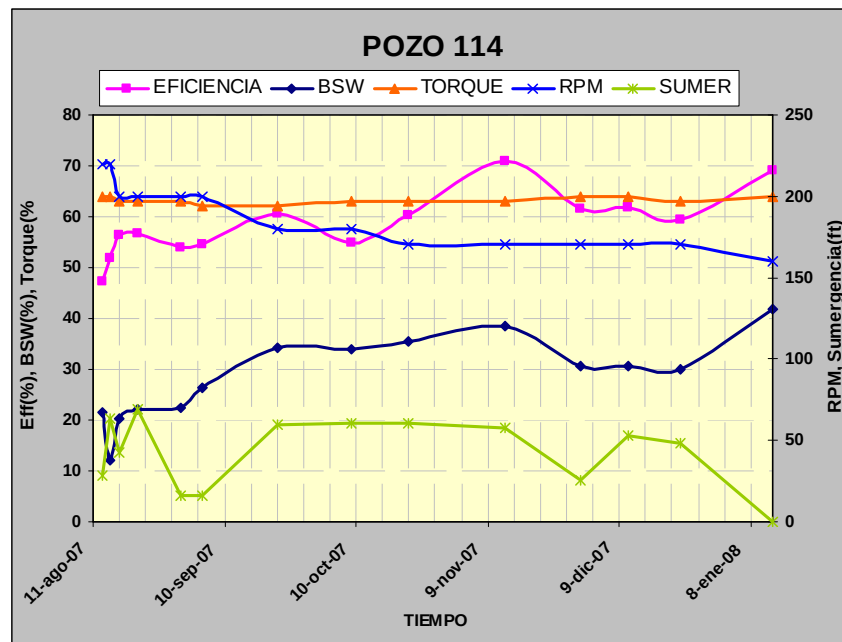


Figura 55. Pruebas de producción pozo 126

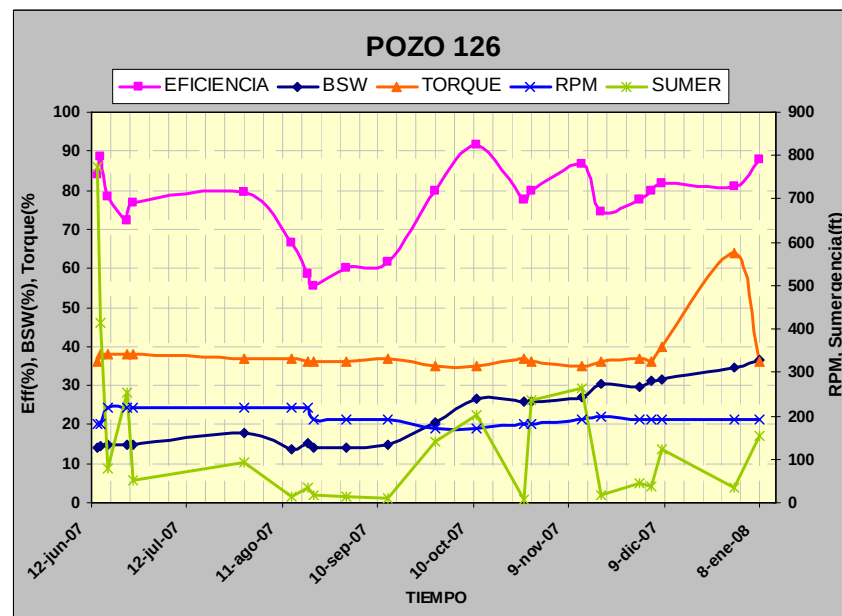


Figura 56. Pruebas de producción pozo 137

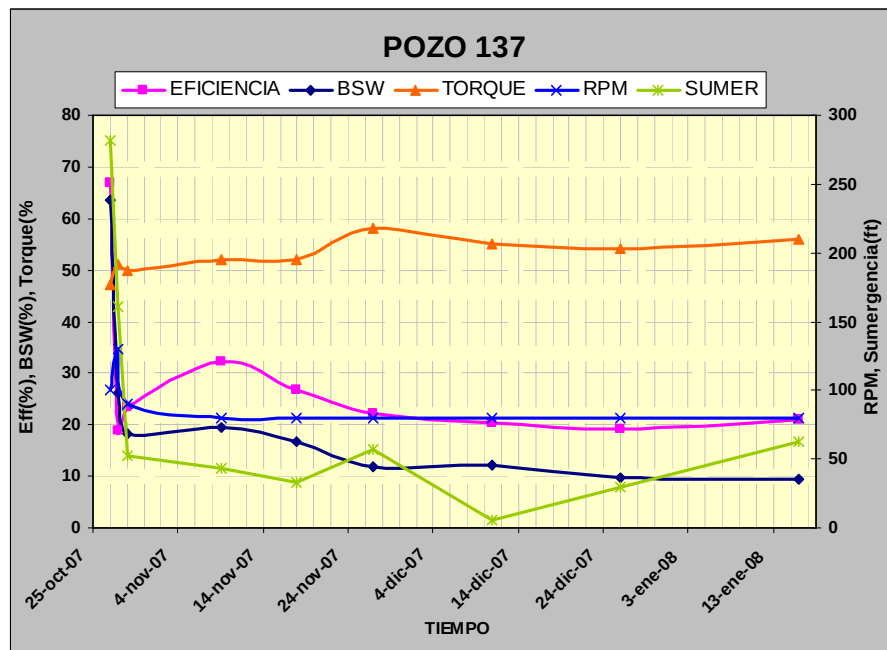
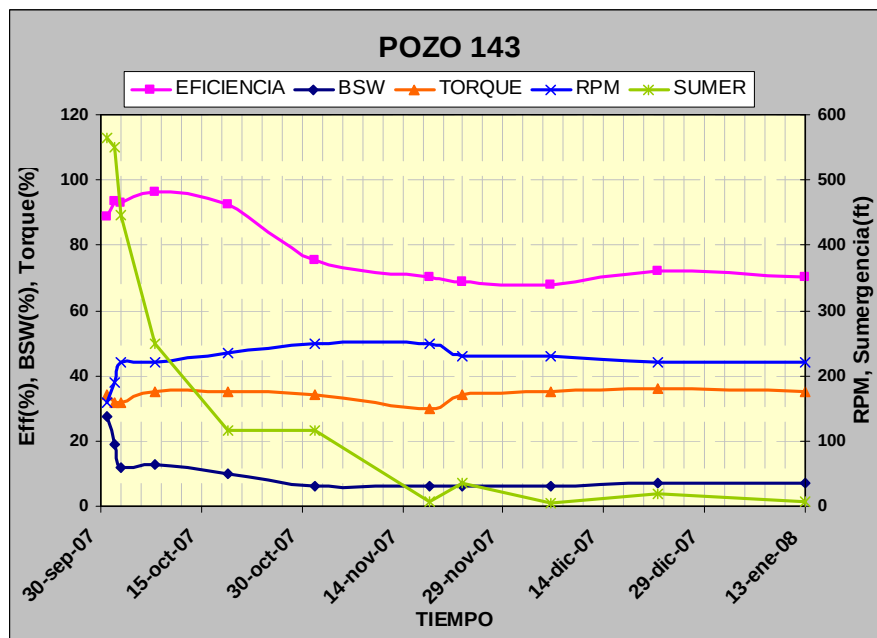


Figura 57. Pruebas de producción pozo 143



Con excepción de la figura 49, (pozo 61), todas los pozos seleccionados para la validación muestran una relación directa entre la tendencia de la eficiencia volumétrica de las bombas instaladas y el BSW de los pozos en que ellas se encuentran instaladas. La relación evidenciada en estas graficas es de comportamientos casi paralelos, pero la diferencia numérica entre las curvas de eficiencia volumétrica y BSW varía de un pozo a otro.

El comportamiento de la figura 49, perteneciente al pozo 61, muestra un comportamiento no acorde con los resultados del banco de pruebas. En ésta figura el BSW ha aumentado drásticamente y sin embargo la eficiencia volumétrica se ha mantenido caso constante, comportamiento que puede estar influenciado por otros factores como el nivel de sumergencia, daño en las propiedades del elastómero, temperaturas, entre otros. Sin embargo la cantidad de pozos en las que el comportamiento es acorde con los resultados obtenidos representa el 90%, lo que indica una buena validación de los mismos.

El comportamiento del torque con respecto al BSW muestra que en 6 de los 10 pozos el comportamiento es acorde con el comportamiento obtenido en los resultados de las pruebas en el banco. En otros 4 pozos el torque parece tener poca dependencia con respecto al corte de agua, sin embargo es importante tener claridad en que existen dos componentes de torque (torque de fricción y torque hidráulico). Según las pruebas del banco de pruebas, el corte de agua afecta únicamente el torque de fricción o de inserción (relación inversa), mientras que el torque hidráulico no era alterado. Sin embargo el aumento del BSW esta representado con un aumento en la gravedad específica de la mezcla y por lo tanto en un aumento de la presión hidrostática que debe vencer la bomba para poder producir, lo que aumenta sin duda alguna el torque hidrostático del sistema. Es decir, el aumento del BSW tiene dos efectos en el torque del sistema, uno directamente proporcional y otro inversamente proporcional, lo que puede en algunos casos producir un torque neto aparentemente constante.

El comportamiento de la figura 49 puede estar alejado de los comportamientos normales a causa de otros factores como run life de la bomba, estado del elastómero (hinchado, contraído, ampollado, desgarrado, etc).

Como se menciona antes, algunos comportamientos obtenidos en el banco de pruebas no pueden ser validados mediante pruebas de producción debido a la diferencia de condiciones de operación. Por ejemplo, el comportamiento observado de que existe una presión por debajo de la cual una bomba operada con un fluido más viscoso es menos eficiente que una operada con un fluido menos viscoso es casi imposible de validar por dos importantes razones. 1- La presión a la que se encuentra la instalada la bomba supera los 1500psi (presión a la cual un fluido mas viscoso mostraría una eficiencia por encima que la de un fluido menos viscoso). 2- Las propiedades físicas y químicas del fluido de producción de los pozos seleccionados son prácticamente las mismas por pertenecer a un mismo yacimiento y por lo tanto no se tiene la posibilidad de validar resultados correspondientes al efecto de la viscosidad en la eficiencia volumétrica de las bombas de cavidades progresivas.

Las pequeñas variaciones de velocidad mostradas en los datos de producción de los 10 pozos de validación no son significantes para afectar de manera importante la eficiencia volumétrica de las bombas.

Un último comportamiento que no ha podido ser validado mediante estas pruebas de producción esta relacionado con la eficiencia volumétrica y el tamaño o tipo de PCP. Para lo cual se requiere un conjunto de pozos de similares condiciones de operación y diferentes tipos de bomba.

6. CONCLUSIONES

1. Los fluidos de prueba escogidos son de manipulación segura y de bajo riesgo ambiental. Adicionalmente cumplen con las condiciones requeridas de viscosidad a 40°C. Temperatura promedio a la cual se realizaron las pruebas de bombas PCP en el banco.
2. Las condiciones de prueba empleadas en la investigación fueron adecuadas para alcanzar los objetivos planteados de manera cualitativa. Es decir, se usaron bombas nuevas cuyo ajuste de interferencia es Standard, bajo las mismas condiciones de espaciado, temperatura, rangos de presión, tipo de elastómero, entre otras. Lo anterior permitió eliminar el efecto de otros factores y obtener resultados confiables y representativos.
3. La presión hidrostática tiene un efecto negativo en la eficiencia volumétrica de las bombas de cavidades progresivas debido al deslizamiento de fluido generado entre cavidades de mayor a menor presión. Fenómeno que obedece al escurrimiento de fluido a través de las líneas de sello creadas entre el rotor y el elastómero. Lo que significa que en una aplicación particular, a mayor profundidad, mayor columna hidrostática y por ende menor eficiencia volumétrica de la bomba.
4. El efecto de la presión hidrostática es más significativo en bombas de bajo levantamiento ya que su rango de presión es menor debido a un menor número de etapas. Por lo tanto las líneas de sello entre el rotor y el estator son menores y la presión de la bomba no es suficiente para mitigar el escurrimiento de fluido causado por la columna hidrostática.

5. El efecto de la presión hidrostática es menos significativo en bombas de alto desplazamiento (caudal) debido a que el escurrimiento del fluido está relacionado con el grado de ajuste entre el rotor y el estator y no con el desplazamiento ni velocidad de operación de la bomba. Sin embargo un volumen de deslizamiento cualquiera puede representar un porcentaje alto con respecto al desplazamiento neto de una bomba de bajo potencial, mientras que este mismo volumen de deslizamiento representa un bajo porcentaje de fluido en una bomba de alto desplazamiento.
6. La viscosidad del fluido de producción favorece la eficiencia volumétrica de las bombas de cavidades progresivas y contrarresta el efecto de la presión hidrostática manteniendo la eficiencia de las bombas. No obstante, la fuerza que gobierna el comportamiento de la eficiencia volumétrica es la presión y la tendencia a disminuirla se mantiene.
7. Existe una presión de operación por debajo de la cual la bomba mantiene mejores eficiencias volumétricas con fluidos de baja viscosidad y a partir de la cual se invierte este comportamiento. La explicación física de este fenómeno es que el fluido viscoso posee mayor adherencia a las paredes del rotor y del elastómero y por lo tanto reduce en área de flujo en las cavidades de la bomba y en consecuencia la tasa neta de producción.
8. El efecto de los fluidos viscosos de mantener la eficiencia volumétrica de las bombas de cavidades progresivas obedece a la dificultad de estos fluidos de atravesar las líneas de sello que se forman entre el rotor y las paredes internas del estator.
9. El efecto de la velocidad de operación en la eficiencia volumétrica de las bombas de cavidades progresivas es directamente proporcional. Lo que significa que a una presión determinada, la bomba será más eficiente si es

operada a mayores velocidades. Lo cual es debido a que la tasa de deslizamiento solo es dependiente de presión y no de la velocidad, mientras que la tasa neta de fluido si es directamente proporcional a la velocidad de operación. Lo que indica que el porcentaje de deslizamiento a mayor velocidad será menor comparado con el porcentaje de deslizamiento a baja velocidad.

10. La eficiencia volumétrica de una bomba de cavidades progresivas a una presión de 0 psi (presión de inserción) es independiente de la velocidad a la cual sea operada la bomba. Por lo tanto tiene el mismo valor sin importar cualquiera que sea la velocidad de operación.
11. El corte de agua tiene un efecto similar al de la viscosidad de fluido en la eficiencia volumétrica de las bombas de cavidades progresivas. Es decir que a mayores cortes de agua en emulsión, mayor es la eficiencia de las bombas de cavidades progresivas. Lo anterior se debe a propiedades de lubricación propias de los crudos livianos como es el caso del crudo campo Guando.
12. El efecto del corte de agua con respecto a la velocidad de operación de las bombas de cavidades progresivas directamente proporcional. Es decir, a mayores velocidades de operación se mantiene más la eficiencia volumétrica de las bombas.
13. El efecto del corte de agua en el torque de inserción de las bombas de cavidades progresivas (torque a 0 psi) es inversamente proporcional, es decir, a mayor corte de agua, el torque de fricción es menor.
14. Aunque se esperaba un aumento en la pendiente del torque en función del corte de agua debido al aumento en la densidad de la mezcla no se evidenció tal comportamiento en las pruebas realizadas. Lo anterior debido a que el

torque hidrostático se encuentra implícito en las presiones de las diferentes pruebas de bomba.

7. RECOMENDACIONES

- Los resultados obtenidos en estas pruebas de test bench pueden ser utilizadas en tratamientos matemáticos a fin de generalizar tendencias o plantear ecuaciones para predecir el comportamiento de la eficiencia volumétrica de las bombas de cavidades progresivas bajo determinadas condiciones de operación.
- El estudio del comportamiento en la eficiencia volumétrica de las bombas de cavidades progresivas no tiene un estudio cuantitativo que permita predecir de forma acertada la eficiencia de determinada bomba bajo ciertas condiciones de operación. Por lo tanto se plantea la posibilidad de un estudio cuantitativo del tema y su respectiva validación mediante datos de campo.
- En aplicaciones que usen bombas de cavidades progresivas se debe realizar un estudio integral del comportamiento de un equipo o bomba y debe estar acompañado del análisis de diversos parámetros operacionales que no han sido tenidos en cuenta en esta investigación tales como contenido de sólidos, aromáticos, temperaturas elevadas, geometría del pozo, entre otros antes de tomar decisiones.
- Para el desarrollo de este trabajo no se permitió realizar pruebas con crudos por motivos de seguridad industrial, sin embargo es interesante llevar a cabo un estudio similar con crudos de diferentes viscosidades como los de castilla, caño limón, jazmín, etc. y de esta forma abarcar mayores rangos de viscosidad.

BIBLIOGRAFÍA

Basics in Progressing Cavity Pumping Systems Course. PCP Training Program, Weatherford Artificial Lift Systems International. Bogotá-Colombia, 18-20 Abril 2007.

BECERRA M Oscar y MENA, Maria E. Integrated Análisis for PCP Systems. Petrobrás Energía S.A. – Universidad Simón Bolívar. Buenos Aires- Argentina. 15-18 Abril, 2007.

CHOLET, Henri. Progressing Cavity Pumps. Instituto Francés Del Petróleo. Editions Technip. Paris-Francia, 1997.

CUILLA, Francisco. Principios fundamentales para diseño de sistemas con bombas de cavidad progresiva. Weatherford Artificial Lift Systems. Alberta-Canadá, 1999.

Dunn L, J and Matthews C, M. PC Pumping Systems: Design, Operation and performance optimization. Centre for Engineering Research Inc, 1994.

Dunn L, J and Matthews C, M. Progressing Cavity Pumping System applications in heavy oil production. Paper SPE 30271, Junio 19-21, 1995.

Dunn L, J. Experimental investigation of high volume viscous fluid progressing cavity pumping. SPE PCP ATW 2004.

FERNANDEZ, D Pedro. Mecánica de fluidos. Departamento de ingeniería eléctrica y energética. Universidad de Cantabria

GIANGIACOMO, Leo A y Hill David R. Optimizing pumping well Efficiency with smart fluid level controller technology. Extreme Petroleum Technology –Hi-Tech Oil Company. SPE 52210. Oklahoma 28-31 Marzo, 1999.

MORITA, N y BOYD, P.A. Typical sand production problems: Case studies and strategies for sand control. SPE 22739 Members. Conoco Inc, Dallas 1991.

Progressing Cavity Pump manual, general information, Version 1.0, Weatherford Artificial Lift Systems, 1999.

SAVETH, K. J y KLEIN, S. T. The progressing cavity Pump: Principle and Capabilities. Paper SPE 18873, Society of Petroleum Engineers Inc, 1989.

TRUJILLO J, Sonia y REMOLINA M, Raúl. Trazabilidad de las mediciones de viscosidad. Centro Nacional de metrología. Simposio de metrología 25-27 Octubre 2006.

<http://www.widman.biz/Seleccion/Viscosidad/viscosidad.html>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia>

ANEXOS

ShellTellus Oil S 68

Ficha de Datos de Seguridad

Shell Tellus Oil S 68

1. IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA O PREPARADO Y DE LA SOCIEDAD O EMPRESA

Código del producto	001A0665	
Nro. InfoSafe	ACHJ1 ES/spa/C	
Fecha de emisión	29/04/2004	
Tipo de producto/Uso	Aceite hidráulico	
Otros nombres	NOMBRE	CÓDIGO
	Shell Tellus Oil S 68	140000001620
Suministrador	Telephone Numbers	
SHELL ESPAÑA, S.A.	Teléfono de emergencia	
C/Rio Bullaque, 2	91-537.01.33	
28034 Madrid	Número de teléfono/fax	
España	Tel:91-537.01.00 Fax:91-537.01.16	

2. COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES

Descripción del preparado

Mezcla de aceites minerales super refinados y aditivos. El aceite mineral altamente refinado contiene <3%(p/p) de extracto de dimetilsulfóxido (DMSO), de acuerdo con IP346.

Otra información

Contiene <0,01% de isómeros orto-cresol del tris(metilfenil)fosfato.

3. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

Clasificación CE

No está clasificado como peligroso bajo el criterio de la CE.

Peligros para la salud humana

Sin riesgos específicos bajo condiciones de uso normales. La exposición prolongada o repetida puede causar dermatitis. El aceite usado puede contener impurezas nocivas.

Peligros de seguridad

No está clasificado como inflamable, pero puede arder.

Peligros para el medio ambiente

No está clasificado como peligroso para el medio ambiente.



4. PRIMEROS AUXILIOS

Síntomas y efectos

No se espera que aparezcan peligros graves en las condiciones normales de uso.

Inhalación

En el improbable caso de vértigo o náuseas, sacar la víctima al aire libre. Si los síntomas persisten, solicitar ayuda médica.

Piel

Quitar la ropa contaminada y lavar la piel afectada con agua y jabón. Si la irritación persiste, solicitar ayuda médica. Si se producen lesiones por inyección a alta presión, solicite atención médica inmediatamente.

Ojos

Lavar los ojos con abundante agua. Si la irritación persiste, solicitar atención médica.

Ingestión

No provocar vómito. Lavar bien la boca con agua y solicitar ayuda médica.

Comunicar al médico

Tratar sintomáticamente. La introducción en los pulmones puede causar neumonía química. Exponerse prolongada o repetidamente a este producto puede causar dermatitis.

5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

Peligros específicos

Su combustión puede producir una mezcla compleja de partículas aéreas sólidas y líquidas y gases, incluyendo monóxido de carbono y compuestos orgánicos e inorgánicos no identificados.

Medios de extinción

Espuma y polvo químico seco. Dióxido de carbono, arena o tierra pueden usarse sólo en pequeños incendios.

Medios de extinción inapropiados

Chorro de agua. Evitar la utilización de extintores de Halon, por razones ambientales.

Equipo de protección

Debe utilizarse un equipo de protección adecuado que incluya un aparato de respiración al acercarse al fuego en lugares reducidos.

6. MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

Precauciones personales

Evitar el contacto con la piel y los ojos. Guantes de PVC, neopreno o goma de nitrilo. Botas de seguridad de goma hasta las rodillas y chaqueta y pantalones de PVC. Use gafas protectores o máscara facial completo si hay riesgo de salpicaduras.

Precauciones ambientales

Evitar su expansión o entrada en los desagües, acequias o ríos, utilizando arena, tierra u otras barreras apropiadas. Informar a las autoridades locales si esto no se puede evitar.

Métodos de limpieza - Derrames pequeños

Absorber el líquido con arena o tierra. Barrer y trasladar a un contenedor claramente marcado para su eliminación de acuerdo con la legislación local.

Métodos de limpieza - Derrames grandes

Evitar que se expanda haciendo una barrera con arena, tierra u otro material de contención. Recuperar el líquido directamente o en un absorbente. Eliminar como en los derrames pequeños.

7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Manipulación

Utilizar sistemas locales de ventilación si existe riesgo de inhalación de vapores, nieblas o aerosoles. Evitar el contacto prolongado o repetido con la piel. Al manipular el producto en bidones, se debe utilizar calzado de seguridad y un equipo de manipulación adecuado. Evitar los derrames. Los trapos, el papel y otros materiales que se utilizan para absorber los derrames presentan riesgo de incendio. Evitar su acumulación desechándolos de forma inmediata y segura. Además de las recomendaciones específicas dadas para controlar los riesgos para la salud, la seguridad y el medioambiente, se debe realizar una valoración de los riesgos que ayude a determinar los controles más adecuados a las circunstancias.

Almacenamiento

Conservarse en lugar fresco, seco y bien ventilado. Utilizar envases debidamente etiquetados y que tengan cierre. Evitar la luz solar directa, fuentes de calor y agentes oxidantes fuertes.

Temperatura de almacenamiento

0°C Mínimo. 50°C Máximo.

Materiales recomendados

Utilizar acero dulce, polietileno de alta densidad en los envases o su revestimiento.

Materiales inapropiados

Evitar el PVC en los envases o en su revestimiento.

Otra información

Los contenedores de polietileno no deben exponer a altas temperaturas debido al posible riesgo de deformación.

8. CONTROLES DE LA EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN PERSONAL

Limites de exposición

Sustancia	Legislaciones	Duración de la exposición	Límite de exposición	Unidades	Notas
Neblina de aceite mineral	Límites de exposición profesional	VLA-ED	5	mg/m3	
	Límites de exposición profesional	VLA-EC	10	mg/m3	

Controles de exposición, protección personal

La elección del equipo de protección personal depende mucho de las condiciones locales, por ej. la exposición a otras sustancias químicas y microorganismos, riesgos térmicos (protección a las condiciones extremas de frío y calor), riesgos eléctricos, riesgos mecánicos y el adecuado grado de destreza manual requerido para el desarrollo de la actividad.

Mientras el contenido de esta sección puede informar sobre la elección del equipo de protección personal, se deben entender bien las limitaciones de la información que se pueda facilitar, por ej. el equipo de protección personal elegido para proteger a los trabajadores de salpicaduras ocasionales puede ser inadecuado para actividades que requieran una inmersión total o parcial. Si los niveles de neblina de aceite o vapores en el aire es probable que excedan los límites de exposición laboral, se debe considerar el uso de ventilación local para reducir la exposición personal.

La elección del equipo de protección personal se debe hacer después de un estudio completo de los riesgos, efectuado por una persona competente y cualificada, es decir, un profesional cualificado como higienista ocupacional. La protección efectiva únicamente se consigue con el uso correcto del equipo en buen estado de



mantenimiento por un personal dotado del adecuado entrenamiento. Todo el equipo de protección personal debe ser inspeccionado regularmente y ser sustituido si está defectuoso.

Protección respiratoria

A presión y temperatura normales, no es probable que se superen los Límites de Exposición Laboral por el vapor del aceite. Se ha de prestar atención para mantener las exposiciones por debajo de los límites aplicables. Si no se puede conseguir, se debe considerar el uso de un aparato respirador dotado de cartucho para vapor orgánico combinado con un prefiltro de partículas. Se pueden considerar semi máscaras (EN 149) o semi máscaras con válvula (EN 405) en combinación con prefiltros tipo A2 (EN 141) y P2/3 (EN 143). Si el producto está sometido a temperaturas altas, se pueden considerar semimáscaras (EN 149) o semimáscaras con válvula (EN 405) en combinación con prefiltros tipo AX (EN 371) y P2/3 (EN 143). (Para líquidos volátiles con PID < 65 °C, sustituir con semimáscaras (EN 149) o semimáscaras con válvula (EN 405) en combinación con prefiltros tipo AX (EN 371) y P2/3 (EN 143)).

Protección de las manos

Los guantes con protección química están hechos de una variedad de materiales, pero no de un único material o combinación de materiales) los cuales producen una resistencia limitada a una sustancia o combinación de sustancias. La duración a la rotura puede verse afectada por una combinación de factores que incluyen la permeabilidad, la penetración, la degradación la forma de uso (inmersión completa, contactos ocasionales) y cómo se almacenan los guantes cuando no se usan.

Los niveles máximos de protección teórica se pueden conseguir con la práctica y el nivel real de protección es difícil de conseguir. Los guantes de nitrilo pueden ofrecer una relativa larga duración y bajos índices de permeabilidad. Los datos de ensayo, por ej. la rotura se pueden conseguir con el ensayo EN 374-3:1994 y están disponibles por los suministradores de equipos con reputación.

La higiene personal es un elemento clave para el cuidado efectivo de las manos. Después de usar los guantes se deben lavar las manos y secarlas concienzudamente. Se puede aplicar una crema sin aroma.

Protección de Ojos

Si existe la posibilidad de contacto del producto con los ojos por salpicadura, se debe considerar el uso de gafas de seguridad como mínimo según la norma EN 166 345B. En áreas de trabajo u operaciones muy peligrosas se tiene que considerar una mayor protección ocular, como los trabajadores en operaciones de mecanizado de metales como torneado, rectificado o corte se puede necesitar protección adicional para evitar daños por las partículas muy rápidas o los trozos de la herramienta.

Protección del cuerpo

Minimizar todo contacto con la piel. Se deben usar mandiles y zapatos con suela resistente al aceite. Lavar los monos de trabajo y la ropa interior con regularidad.

Controles de la exposición medioambiental

Minimizar la emisión al medioambiente. Se debe realizar una evaluación medioambiental para asegurar el cumplimiento de la legislación medioambiental local.

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Color	Ambar.
Estado físico	Líquido a temperatura ambiente.
Olor	Característico a aceite mineral.
Valor pH	Datos no disponibles.
Presión de vapor	Se supone que es menor que 0,5 Pa a 20° C.
Punto de ebullición inicial	Se supone que sea >280° C.
Solubilidad en Agua	Insignificante.
Densidad	883 kg/m ³ a 15°C.
Punto de inflamación	222°C (PMCC).
Límite superior de explosión (LSE)	10%(v/v) (típico).



Límite inferior de explosión (LIE)	1% (v/v) (típico).
Temperatura de autoignición	Se supone que sea >320° C.
Viscosidad cinemática	68 mm ² /s a 40°C.
Relación de Evaporación	Datos no disponibles.
Densidad del vapor (Aire=1)	Mayor que 1.
Coefficiente de reparto: n-octanol/agua	Se supone que el log Pow es mayor que 6.
Punto de congelación	-30°C.

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad

Estable.

Condiciones que deben evitarse

Temperaturas extremas y luz solar directa.

Materiales que deben evitarse

Agentes oxidantes fuertes.

Hazardous Decomposition Products

Se supone que no se forman productos de descomposición peligrosos durante el almacenamiento normal.

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Bases para la evaluación

Los datos toxicológicos de este producto no han sido específicamente determinados. La información dada se basa en el conocimiento de los componentes y la toxicología de productos similares.

Toxicidad aguda - Ingestión

Se supone que LD50 es > 2000 mg/kg.

Toxicidad aguda – Absorción cutánea

Se supone que LD50 es > 2000 mg/kg.

Toxicidad Aguda - Inhalación

Su inhalación no se considera peligrosa si se produce bajo condiciones normales de uso.

Iritación ocular

Se supone que es ligeramente irritante.

Iritación de la piel

Se supone que es ligeramente irritante.

Iritación respiratoria

La inhalación de neblinas puede causar ligera irritación de las vías respiratorias.

Sensibilización de la piel.

Se supone que no sensibiliza la piel.

Carcinogenicidad

El producto está basado en aceites minerales de los tipos que han demostrado ser no-carcinógenos en pruebas de pintura en piel de animales. No se conocen que otros componentes estén asociados a efectos carcinógenos.

Mutabilidad genética

No se supone que sea mutagénicamente peligroso.



Toxicidad para la reproducción

No se considera que sea tóxico para la reproducción.

Otra información

El contacto prolongado y/o repetido con productos que contienen aceites minerales puede resultar en desgrase de la piel, sobretodo en temperaturas altas, lo que puede conducir a irritación y posiblemente dermatitis, especialmente en condiciones de mala higiene personal. Se debe minimizar el contacto con la piel. Los aceites usados pueden contener impurezas dañinas que se han acumulado durante el uso. La concentración de tales impurezas depende del uso y en la eliminación del producto pueden presentar riesgos para la salud y el medioambiente. Todo aceite usado debe manipularse con cuidado y en lo posible evitar el contacto con la piel.

12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Bases para la evaluación

Los datos ecotoxicológicos no han sido específicamente determinados para este producto. La información dada está basada en el conocimiento de los componentes y ecotoxicología de productos similares.

Movilidad

Líquido en la mayoría de las condiciones ambientales. Flota en el agua. Si penetra en el suelo, se adsorberá a partículas del suelo y no se movilizará.

Persistencia / Degradabilidad

Se supone que no es fácilmente biodegradable. Se supone que los componentes principales son inherentemente biodegradables, pero el producto tiene componentes que pueden persistir en el medioambiente.

Bio-acumulación

Contiene componentes con el potencial de bio-acumularse.

Eco-toxicidad

Mezcla poco soluble. Puede causar el deterioro físico de los organismos acuáticos. Se supone que el producto es prácticamente no tóxico para los organismos acuáticos, LL/EL50 >100 mg/l. (LL/EL50 expresado como la cantidad nominal de producto necesaria para preparar el extracto de ensayo acuoso). No es de esperar que el aceite mineral cause ningún efecto crónico en organismos acuáticos en concentraciones inferiores a 1 mg/l.

Otros efectos adversos

No se espera que tenga potencial de descomposición del ozono, potencial de creación de ozono fotoquímico o potencial de calentamiento global.

El producto es una mezcla de componentes no volátiles, que no se espera sean emitidos al aire en cantidades significativas.

13. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN

Eliminación de los residuos

Reciclar o desechar de acuerdo con la legislación vigente, por medio de un contratista o colector reconocido. Las competencias del contratista para manejar satisfactoriamente este tipo de productos debe establecerse de antemano. No contaminar el suelo, el agua o el medioambiente con el producto usado.

Eliminación del producto

Como se eliminan los desechos.

Eliminación de los envases

Reciclar o desechar de acuerdo con la legislación vigente, por medio de un contratista o recogedor autorizado.

(CER) Código de eliminación de residuos de la UE

13 01 10 Aceites hidráulicos minerales no clorados.

El número asignado al desecho está asociado a una utilización apropiada. El usuario debe decidir si su utilización particular da como resultado la asignación de un código de desecho diferente.



14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE

Información para el transporte

No peligroso para el transporte según las normativas ADR/RID, IMO e IATA/ICAO.

15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

Simbolos CE	Ninguno.
Frase de riesgo EU	No aplicable.
Frase de seguridad EU	No aplicable.

Nro. EINECS Todos los componentes están listados o exentos de polímeros.

TSCA (EEUU) Todos los componentes están listados.

Etiquetado

Ficha de Datos de Seguridad a la disposición del usuario profesional que la solicite.

16. OTRA INFORMACIÓN

Revisiones destacadas

Debido al nuevo sistema, se ha reiniciado el número de versión.

Referencias

67/548/EEC - Directiva sobre Sustancias peligrosas.

1999/45/EC - Directiva sobre Preparados Peligrosos.

91/155/EEC - Directiva sobre Fichas de Datos de Seguridad.

98/24/EC - Protection of the Health and Safety of Workers from risks related to chemical agents at work.

88/686/EEC - Approximation of the laws of the member of states relating to personal protective equipment.

76/769/EEC - Restricciones a la comercialización y el uso.

Normas del Comité Europeo de Normalización (CEN) que dan los requerimientos específicos para los equipos de protección personal.

Código de buenas prácticas Europeo para el almacenamiento y manipulación de productos petrolíferos.

Concawe Report 01/53 - Classification and labelling of petroleum substances according to the EU dangerous substances directive.

Concawe Report 03/82 - Precautionary Advice on the Handling of Used Engine Oils

Concawe Report 01/97 - Petroleum Products - First Aid and Emergency Advice

Concawe Report 86/89 - Health Aspects of Workers Exposure to Oil Mists

Concawe Report 01/54 - Environmental Classification of Petroleum Substances - Summary Data and Rationale

EN 374-2:1994 Guantes protectores de productos químicos y micro-organismos.

EN 149:2001 Respiratory protective devices - filtering half masks to protect against particles - requirements, testing, marking

EN 405:1992 Respiratory protective devices - valved filtering half masks to protect against gases or vapours and particles - requirements, testing, marking.

EN 141:2000 Respiratory protective devices - gas filters and combined filters - requirements, testing, marking

EN 143:2000 Respiratory protective devices - particle filters - requirements, testing, marking

EN 166:1995 Personal eye-protection - specification

.

Restricciones



Shell/Teksa Oil S 68

Este producto no se debe utilizar en otras aplicaciones que no sean las recomendadas, sin antes consultar al departamento técnico de SHELL.

Números de contacto técnico

91-537.01.00.

Más información

La información que contiene este documento se basa en nuestros conocimientos actuales y su intención es describir el producto sólo en relación con la salud, seguridad y medioambiente. Por lo tanto, no deberá interpretarse como una garantía de ninguna propiedad específica del producto.

... Fin de FDS ...



Ficha de Datos de Seguridad

Shell Rimula R2 Extra 20W-50

1. IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA O PREPARADO Y DE LA SOCIEDAD O EMPRESA

Código del producto 001C8100
Nro. InfoSafe SLV2H ES/spa/C
Fecha de emisión 20/03/2008
Tipo de producto/Uso Aceite de motor.

Otros nombres	NOMBRE	CÓDIGO
	Shell Rimula R2 Extra 20W-50	140001791973

Suministrador	Número de teléfono
SHELL ESPAÑA, S.A. C/ Río Bullaque, 2 28034 Madrid España	Teléfono de emergencia 91.537.01.33 Número de teléfono/fax Tel:91.537.01.00 Fax:91.537.01.16

Email
lubricantSDS@shell.com

2. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

Clasificación CE	No está clasificado como peligroso bajo el artículo de la CE.
-------------------------	---

Peligros para la salud humana

Sin riesgos específicos bajo condiciones de uso normales. La exposición prolongada o repetida puede causar dermatitis. El aceite usado puede contener impurezas nocivas.

Peligros de seguridad

No está clasificado como inflamable, pero puede arder.

Peligros para el medio ambiente

No está clasificado como peligroso para el medio ambiente.

3. COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES

Descripción del preparado

Mezcla de aceites minerales super refinados y aditivos. El aceite mineral altamente refinado contiene <3%(p/p) de extracto de dimetilsulfóxido (DMSO), de acuerdo con IP346.

NOMBRE	CAS	EINECS	PROPORCIÓN	Peligro	Frase R
Aceites minerales muy refinados	Mixtura	-	80-100 %		



Fenato de calcio sulfonado	-		1-3 %		R53
Poliolamina poliamina succinamida, poliol	-	-	1-3 %		R53
Ditiofosfato alquílico de zinc	-	-	1-2,4 %	XI, N	R41, R51/R53
Calcium sulphonate	-	-	0,1-0,9 %	XI	R43, R53

Otra información

Ver en la sección 16 'Otra información' el texto completo de cada frase de riesgo relevante.

4. PRIMEROS AUXILIOS

Síntomas y efectos

No se espera que aparezcan peligros graves en las condiciones normales de uso. Puede causar reacciones alérgicas en la piel, en personas sensibles.

Inhalación

En el improbable caso de vértigo o náuseas, sacar la víctima al aire libre. Si los síntomas persisten, solicitar ayuda médica.

Piel

Quitar la ropa contaminada y lavar la piel afectada con agua y jabón. Si la irritación persiste, solicitar ayuda médica. Cuando se utilicen equipos a alta presión, pueden darse casos de inyección del producto bajo la piel. Si ocurren heridas por alta presión, la víctima debe ser enviada inmediatamente al hospital. No esperar a que se desarrollen los síntomas.

Ojos

Lavar los ojos con abundante agua. Si la irritación persiste, solicitar atención médica.

Ingestión

Lavar bien la boca con agua y solicitar ayuda médica. No provocar vómito.

Comunicar al médico

Tratar sintomáticamente. La introducción en los pulmones puede causar neumonía química. La exposición prolongada o repetida al producto puede conducir a dermatitis. Las heridas por inyección a alta presión requieren urgente intervención quirúrgica y, posiblemente, terapia con esteroides para minimizar los daños y la pérdida de facultades.

5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

Peligros específicos

Su combustión puede producir una mezcla compleja de partículas aéreas sólidas y líquidas y gases, incluyendo monóxido de carbono y compuestos orgánicos e inorgánicos no identificados.

Medios de extinción

Espuma y polvo químico seco. Dióxido de carbono, arena o tierra pueden usarse sólo en pequeños incendios.

Medios de extinción inapropiados

Chorro de agua. Evitar la utilización de extintores de Halon, por razones ambientales.

Equipo de protección

Debe utilizarse un equipo de protección adecuado que incluya un aparato de respiración al acercarse al fuego en lugares reducidos.



6. MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

Precauciones personales

Evitar el contacto con la piel y los ojos. Guantes de PVC, neopreno o goma de nitrilo. Botas de seguridad de goma hasta las rodillas y chaqueta y pantalones de PVC. Use gafas protectores o máscara facial completo si hay riesgo de salpicaduras.

Precauciones ambientales

Evitar su expansión o entrada en los desagües, acequias o ríos, utilizando arena, tierra u otras barreras apropiadas. Informar a las autoridades locales si esto no se puede evitar.

Métodos de limpieza – Derrames pequeños

Absorber el líquido con arena o tierra. Barrer y trasladar a un contenedor claramente marcado para su eliminación de acuerdo con la legislación local.

Métodos de limpieza - Derrames grandes

Evitar que se expanda haciendo una barrera con arena, tierra u otro material de contención. Recuperar el líquido directamente o en un absorbente. Eliminar como en los derrames pequeños.

7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Manipulación

Utilizar sistemas locales de ventilación si existe riesgo de inhalación de vapores, nieblas o aerosoles. Evitar el contacto prolongado o repetido con la piel. Al manipular el producto en bidones, se debe utilizar calzado de seguridad y un equipo de manipulación adecuado. Evitar los derrames. Los trapos, el papel y otros materiales que se utilizan para absorber los derrames presentan riesgo de incendio. Evitar su acumulación desechándolos de forma inmediata y segura. Además de las recomendaciones específicas dadas para controlar los riesgos para la salud, la seguridad y el medioambiente, se debe realizar una valoración de los riesgos que ayude a determinar los controles más adecuados a las circunstancias.

Almacenamiento

Conservarse en lugar fresco, seco y bien ventilado. Utilizar envases debidamente etiquetados y que tengan cierre. Evitar la luz solar directa, fuentes de calor y agentes oxidantes fuertes.

Temperatura de almacenamiento

0°C Mínimo. 50°C Máximo.

Materiales recomendados

Utilizar acero dulce, polietileno de alta densidad en los envases o su revestimiento.

Materiales inapropiados

Evitar el PVC en los envases o en su revestimiento.

Otra información

Los contenedores de polietileno no deben exponer a altas temperaturas debido al posible riesgo de deformación.

8. CONTROLES DE LA EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN PERSONAL

Límites de exposición

Sustancia	Legislaciones	Duración de la exposición	Límite de exposición	Unidades	Notas
Niebla de aceite mineral	INSHT	VLA-ED	5	mg/m ³	
	INSHT	VLA-EC	10	mg/m ³	

INSHT

Límites de exposición profesional 2005. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.



Controles de exposición, protección personal

La elección del equipo de protección personal depende mucho de las condiciones locales, por ej. la exposición a otras sustancias químicas y microorganismos, riesgos térmicos (protección a las condiciones extremas de frío y calor), riesgos eléctricos, riesgos mecánicos y el adecuado grado de destreza manual requerido para el desarrollo de la actividad.

Mientras el contenido de esta sección puede informar sobre la elección del equipo de protección personal, se deben entender bien las limitaciones de la información que se puede facilitar, por ej. el equipo de protección personal elegido para proteger a los trabajadores de salpicaduras ocasionales puede ser inadecuado para actividades que requieran una inmersión total o parcial. Si los niveles de neblina de aceite o vapores en el aire es probable que excedan los límites de exposición laboral, se debe considerar el uso de ventilación local para reducir la exposición personal.

La elección del equipo de protección personal se debe hacer después de un estudio completo de los riesgos, efectuado por una persona competente y cualificada, es decir, un profesional cualificado como higienista ocupacional. La protección efectiva únicamente se consigue con el uso correcto del equipo en buen estado de mantenimiento por un personal dotado del adecuado entrenamiento. Todo el equipo de protección personal debe ser inspeccionado regularmente y ser sustituido si está defectuoso.

Protección respiratoria

A presión y temperatura normales, no es probable que se superen los Límites de Exposición Laboral por el vapor del aceite. Se ha de prestar atención para mantener las exposiciones por debajo de los límites aplicables. Si no se puede conseguir, se debe considerar el uso de un aparato respirador dotado de cartucho para vapor orgánico combinado con un prefiltro de partículas. Considere el uso de mascarar (Tipo EN 149) o de mascarar con válvulas (Tipo EN 405) en combinación con prefiltros tipo A2 (EN 141) y P2/3 (EN 143).

Protección de las manos

Los guantes con protección química están hechos de una variedad de materiales, pero no de un único material o combinación de materiales) los cuales producen una resistencia ilimitada a una sustancia o combinación de sustancias. La duración a la rotura puede verse afectada por una combinación de factores que incluyen la permeabilidad, la penetración, la degradación la forma de uso (inmersión completa, contactos ocasionales) y cómo se almacenan los guantes cuando no se usan.

Los niveles máximos de protección teórica se pueden conseguir con la práctica y el nivel real de protección es difícil de conseguir. Los guantes de nitrilo pueden ofrecer una relativa larga duración y bajos índices de permeabilidad. Los datos de ensayo, por ej. la rotura se pueden conseguir con el ensayo EN 374-3:1994 y están disponibles por los suministradores de equipos con reputación.

La higiene personal es un elemento clave para el cuidado efectivo de las manos. Después de usar los guantes se deben lavar las manos y secarlas concienzudamente. Se puede aplicar una crema sin aroma.

Protección de Ojos

Si existe la posibilidad de contacto del producto con los ojos por salpicadura, se debe considerar el uso de gafas de seguridad como mínimo según la norma EN 166 345B. En áreas de trabajo u operaciones muy peligrosas se tiene que considerar una mayor protección ocular, como los trabajadores en operaciones de mecanizado de metales como torneado, rectificado o corte se puede necesitar protección adicional para evitar daños por las partículas muy rápidas o los trozos de la herramienta.

Protección del cuerpo

Minimizar todo contacto con la piel. Se deben usar mandiles y zapatos con suela resistente al aceite. Lavar los monos de trabajo y la ropa interior con regularidad.

Controles de la exposición medioambiental

Minimizar la emisión al medioambiente. Se debe realizar una evaluación medioambiental para asegurar el cumplimiento de la legislación medioambiental local.

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Color	Ambar.
Estado físico	Líquido a temperatura ambiente.
Olor	Característico a aceite mineral.
Valor pH	Datos no disponibles.



Presión de vapor	Se supone que es menor que 0,5 Pa a 20° C.
Punto de ebullición inicial	Se supone que sea >280° C.
Solubilidad en Agua	Insignificante.
Densidad	883 kg/m ³ a 15°C.
Punto de inflamación	248°C (COC).
Límite superior de explosión (LSE)	10% v/v (típico) (basado en aceite mineral).
Límite inferior de explosión (LIE)	1% v/v (típico) (basado en aceite mineral).
Temperatura de autoignición	Se supone que sea >320° C.
Viscosidad cinemática	162 mm ² /s a 40°C.
Relación de Evaporación	Datos no disponibles.
Densidad del vapor (Aire=1)	Mayor que 1.
Coefficiente de reparto: n-octanol/agua	Se supone que el log Pow es mayor que 6.
Punto de congelación	-27°C.

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad

Estable.

Condiciones que deben evitarse

Temperaturas extremas y luz solar directa.

Materiales que deben evitarse

Agentes oxidantes fuertes.

Productos peligrosos resultantes de su descomposición

Se supone que no se forman productos de descomposición peligrosos durante el almacenamiento normal.

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Bases para la evaluación

Los datos toxicológicos de este producto no han sido específicamente determinados. La información dada se basa en el conocimiento de los componentes y la toxicología de productos similares.

Toxicidad aguda - Ingestión

Se supone que LD50 es > 2000 mg/kg.

Toxicidad aguda - Absorción cutánea

Se supone que LD50 es > 2000 mg/kg.

Toxicidad Aguda - Inhalación

Su inhalación no se considera peligrosa si se produce bajo condiciones normales de uso.

Iritación ocular

Se supone que es ligeramente irritante.

Iritación de la piel

Se supone que es ligeramente irritante.

Iritación respiratoria

La inhalación de neblinas puede causar ligera irritación de las vías respiratorias.

Sensibilización de la piel.

Se supone que no sensibiliza la piel.

Carcinogenicidad

El producto está basado en aceites minerales de los tipos que han demostrado ser no-carcinógenos en pruebas de pintura en piel de animales. No se conocen que otros componentes estén asociados a efectos carcinógenos.



Mutabilidad genética

No se supone que sea mutagénicamente peligroso.

Toxicidad para la reproducción

No se considera que sea tóxico para la reproducción.

Otra información

El contacto prolongado y/o repetido con este producto puede resultar en la pérdida de la grasa superficial de la piel, particularmente a elevadas temperaturas. Ello puede dar lugar a irritación y posiblemente dermatitis, especialmente en condiciones de mala higiene personal. Debe minimizarse el contacto con la piel. La inyección del producto a alta presión bajo la piel puede conducir a la necrosis local si el producto no se extrae quirúrgicamente. Los aceites usados pueden contener impurezas dañinas que se han acumulado durante el uso. La concentración de tales impurezas depende del uso y en la eliminación del producto pueden presentar riesgos para la salud y el medioambiente. Todo aceite usado debe manipularse con cuidado y en lo posible evitar el contacto con la piel. Es prudente asumir que la exposición prolongada o repetida a los aceites usados de motor puede causar cáncer de piel.

12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Bases para la evaluación

Los datos ecotoxicológicos no han sido específicamente determinados para este producto. La información dada está basada en el conocimiento de los componentes y ecotoxicología de productos similares.

Movilidad

Líquido en la mayoría de las condiciones ambientales. Flota en el agua. Si penetra en el suelo, se adsorberá a partículas del suelo y no se movilizará.

Persistencia / Degradabilidad

Se supone que no es fácilmente biodegradable. Se supone que los componentes principales son inherentemente biodegradables, pero el producto tiene componentes que pueden persistir en el medioambiente.

Bio-acumulación

Contiene componentes con el potencial de bio-acumularse.

Eco-toxicidad

Mezcla poco soluble. Puede causar el deterioro físico de los organismos acuáticos. Se supone que el producto es prácticamente no tóxico para los organismos acuáticos, LL/EL50 >100 mg/l. (LL/EL50 expresado como la cantidad nominal de producto necesaria para preparar el extracto de ensayo acuoso). No es de esperar que el aceite mineral cause ningún efecto crónico en organismos acuáticos en concentraciones inferiores a 1 mg/l.

Otros efectos adversos

No se espera que tenga capacidad para la reducción del ozono, para la generación fotoquímica de ozono, ni para el calentamiento global.

El producto es una mezcla de componentes no volátiles, que no se espera sean emitidos al aire en cantidades significativas.

13. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN

Eliminación de los residuos

Reciclar o desechar de acuerdo con la legislación vigente, por medio de un contratista o colector reconocido. Las competencias del contratista para manejar satisfactoriamente este tipo de productos debe establecerse de antemano. No contaminar el suelo, el agua o el medioambiente con el producto usado.

Eliminación del producto

Como se eliminan los desechos.



Eliminación de los envases

Reciclar o desechar de acuerdo con la legislación vigente, por medio de un contratista o recogedor autorizado.

(CER) Código de eliminación de residuos de la UE

13 02 05 Aceites minerales no clorados de motor, de transmisión mecánica y lubricantes.

El número asignado al desecho está asociado a una utilización apropiada. El usuario debe decidir si su utilización particular da como resultado la asignación de un código de desecho diferente. La asignación del código CER (Código Europeo de Residuo) es siempre responsabilidad del usuario final.

14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE

Información para el transporte

No peligroso para el transporte según las normativas ADR/RID, IMO e IATA/CAO.

Clase de Peligro ADR/RID

NINGUNO ASIGNADO

Grupo de Envase ADR/RID

NINGUNO ASIGNADO

Clase de Peligro IMDG

NINGUNO ASIGNADO

Grupo de Envase IMDG

NINGUNO ASIGNADO

Clase de Riesgo IATA/CAO

NINGUNO ASIGNADO

Grupo de Envase IATA/CAO

NINGUNO ASIGNADO

15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

Simbolos CE	Ninguno.
Frase de riesgo EU	No aplicable.
Frase de seguridad EU	No aplicable.
Nro. EINECS	Todos los componentes están listados o exentos de polímeros.
TSCA (EEUU)	Todos los componentes son de conformidad.

Etiquetado

Contiene sulfonato de calcio. Puede provocar una reacción alérgica. Ficha de Datos de Seguridad a la disposición del usuario profesional que la solicite.

16. OTRA INFORMACIÓN

Referencias

67/548/EEC - Directiva sobre Sustancias peligrosas.

1999/45/EC - Directiva sobre Preparados Peligrosos.

91/155/EEC - Directiva sobre Fichas de Datos de Seguridad.

98/24/EC - Protection of the Health and Safety of Workers from risks related to chemical agents at work.

86/686/EEC - Approximation of the laws of the member of states relating to personal protective equipment.

76/769/EEC - Restricciones a la comercialización y el uso.

Normas del Comité Europeo de Normalización (CEN) que dan los requerimientos específicos para los equipos de protección personal.



Código de buenas prácticas Europeo para el almacenamiento y manipulación de productos petrolíferos.
Concawe Report 01/53 - Classification and labelling of petroleum substances according to the EU dangerous substances directive.
Concawe Report 03/82 - Precautionary Advice on the Handling of Used Engine Oils
Concawe Report 01/97 - Petroleum Products - First Aid and Emergency Advice
Concawe Report 86/89 - Health Aspects of Workers Exposure to Oil Mists
Concawe Report 01/54 - Environmental Classification of Petroleum Substances - Summary Data and Rationale
EN 374-2:1994 Guantes protectores de productos químicos y micro-organismos.
EN 149:2001 Respiratory protective devices - filtering half masks to protect against particles - requirements, testing, marking
EN 405:1992 Respiratory protective devices - valved filtering half masks to protect against gases or gases and particles - requirements, testing, marking.
EN 141:2000 Respiratory protective devices - gas filters and combined filters - requirements, testing, marking
EN 143:2000 Respiratory protective devices - particle filters - requirements, testing, marking
EN 166:1995 Personal eye-protection - specification

Reglamento (CE) no 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo

Restricciones

Este producto no se debe utilizar en otras aplicaciones que no sean las recomendadas, sin antes consultar al departamento técnico de SHELL.

Lista de frases R de la Sección 2

R41 Riesgo de lesiones oculares graves.

R43 Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel.

R53 Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

R61/53 Tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

Números de contacto técnico

91-537.01.00

Más información

La información que contiene éste documento se basa en nuestros conocimientos actuales y su intención es describir el producto sólo en relación con la salud, seguridad y medioambiente. Por lo tanto, no deberá interpretarse como una garantía de ninguna propiedad específica del producto.

... Fin de FDS ...



SAFE-VISTM OGS

SAFE-VIS OGS liquid viscosifier is a suspension of high-quality hydroxyethylcellulose (HEC) polymer in an "environmentally friendly" synthetic carrier. SAFE-VIS OGS liquid viscosifier is specially formulated to pass Oil & Grease, LC₅₀ and Sheen Test requirements for offshore use. HEC is a modified high-molecular-weight, non-ionic natural polymer specially suited for increasing the viscosity of brines. This easily breakable, non-fermenting polymer will increase viscosity and carrying capacity of workover and completion fluids and heavy brines. It is not adversely affected by polar compounds, cement, or divalent cations such as calcium and magnesium. The low toxicity synthetic carrier assists in dispersion and helps prevent lumps or "fish-eyes" so that the polymer rapidly and smoothly viscifies without the need for high shear.

TYPICAL PHYSICAL PROPERTIES

Physical appearance..... Opaque tan liquid
Odor..... Mild
Specific gravity..... 1.06
Solubility in water or brine..... Dispersible
Flash point..... >63°C (145°F) (PMCC)

APPLICATIONS

SAFE-VIS OGS liquid viscosifier is designed to viscify single-salt CaCl₂ and CaBr₂ brines and all monovalent-salt brines such as NaCl, NaBr, KCl, KBr and NH₄Cl. It can also be used to provide viscosity for pills or spacers, fluid-loss control, hole cleaning while washing, milling or reaming, gravel-pack fluids, and non-damaging drill-in fluids.

The amount of SAFE-VIS OGS liquid viscosifier required to obtain a specific brine viscosity is dependent upon the composition and density of the brine.

Treatments usually range between 14.3 to 28.6 L/m³ (0.6 to 1.2 gal/bbl) of completion fluid (Fig. 1). Other applications such as displacement spacers, and fluids for drilling, milling, underreaming and gravel-packing operations may require higher concentrations. For higher density fluids using two- or three-salt brines and divalent salt brines, another viscosifier, SAFE-VIS HDE, is the preferred product.

SAFE-VIS OGS liquid viscosifier should be poured slowly into a mixing hopper or, under special conditions, directly into the agitated fluid. In a sodium- or potassium-base system, maximum viscosity will be achieved at a pH in the range of 7 to 9. As with all polymers, the yield is affected by the combination of shear, pH, time and temperature, so care should be taken not to over-treat. Although the product has been specially formulated to prevent separation, should any settling occur, agitate the contents before adding to the brine.

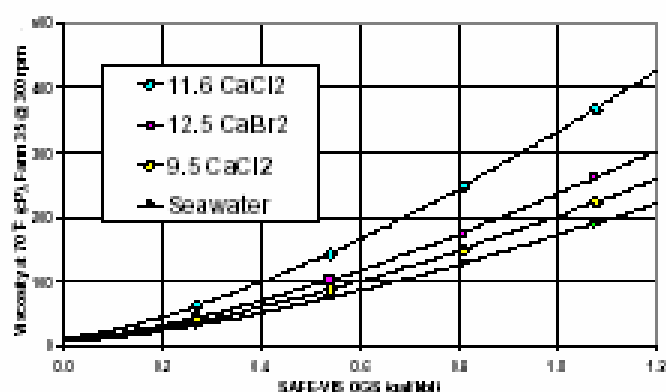


Fig. 1 – Viscosity of selected brines vs. SAFE-VIS OGS liquid viscosifier loading.



ADVANTAGES

- Designed to disperse evenly and develop viscosity rapidly.
- Readily breakable polymer for non-damaging applications.
- High concentration of polymer improves handling.
- Viscosity develops without high shear.
- Yields faster than dry polymers.
- Minimizes tendency to form "fish-eyes".
- Stable at temperatures up to 187°C (225°F).
- Environmentally friendly synthetic carrier.
- Easier to use than dry HEC; readily disperses in most brine systems.

LIMITATIONS

- Consult your M-I Completion Fluids representative for advice on viscosifying mixed divalent salt brines.
- *CAUTION! In monovalent systems, less than 1 lb of caustic per 100 bbl of fluid will usually change the pH from 7 to 9. Caution should be used when raising the pH of zinc or calcium brines and lime brines. Caustic soda may precipitate the cations in these brines; consult your M-I Completion Fluids representative for advice.*

TOXICITY AND HANDLING

Bioassay information is available upon request.

Handle as an industrial chemical, wearing protective equipment and observing the precautions as described on the Material Safety Data Sheet (MSDS).

PACKAGING AND STORAGE

SAFE-VIS CGS is packaged in 18.9-L (5-gal) plastic cans.

Keep containers sealed; do not allow water to contaminate SAFE-VIS CGS.

Store between 4-38°C (40-100°F) in a well-ventilated area away from sources of heat or ignition and out of direct sunlight.

This material is supplied solely for informational purposes and M-I LLC makes no guarantee or warranties, either expressed or implied, with respect to the accuracy or use of this data. All product warranties and guarantees shall be governed by the Standard Terms of Sale.

©2001 M-I LLC. All rights reserved.
™ Sure-Vu is a trademark of M-I LLC.
MID-11837 4/01



M-I LLC
A Smith/Shell International Company
P.O. Box 721110 Tel: 281-561-1300
Houston, Texas 77272-1110 Fax: 281-561-7240
<http://www.midf.com> E-mail: mi mud@midf.com

ANEXO B. PRUEBAS DE BOMBA CON FLUIDOS DE PRUEBA

FORMATO DE PRUEBA DE BOMBAS PCP					
Fecha:	March 8, 2008	Cliente:	N/A		
		Orden de Trabajo:			
Modelo:	18.40-600	Información Estator		Información Rotor	
Nueva:	☒	Eléctrico:	NBRA	Tipo:	STD
Usada:		Serial:	45430505	Serial:	44730605
Pozo:		Campo:		Estado:	
Fecha Instalac.		Fecha Lit. Parada:		Fecha Desinstalac.	
Motivo Desinst.					
INSPECCION INICIAL DE LA BOMBA					
ESTATOR	SI	NO	ROTOR	SI	NO
Condición exterior aceptable:	☒		Buena condición de la rosca:	☒	
Buena condición de la rosca:	☒		Extremo en buena condición:	☒	
Eléctrico			Condición Aceptable de la		
Condición Aceptable en la Succión:	☒		Capa de Cromo:	☒	
Condición Aceptable en la Descarga:	☒		Otros:		
Hinchamiento:		☒	NIPLE DE PARO		
Desgarnimiento:		☒	Buena condición de la rosca:	☒	
Otros:	Ninguno		Tope en Buena Condición:	☒	
			Desechos Acumulados:		☒
Nota: Utilizar el Borescope cuando sea posible					
Observaciones:					
Estado General de la Bomba:					
VERIFICACION DE FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBA					
Verificador de Frecuencia:	☒	Indicador de Temperatura:	☒		
Panel de Control:	☒	Computador Principal:	☒		
Luces del Circuito:	☒	Dispositivos Periféricos:	☒		
Control de Válvulas Solenoides:	☒	Software:	☒		
Indicador de Velocidad:	☒	Condición aceptable agua:	☒		
Protest					
Bomba de Circulación:	☒	Celda de Carga:	☒		
Manómetros:	☒	Sello en la succión:	☒		
Transductores de Presión:	☒	Stuffing Box:	☒		
Termómetro:	☒	Válvula de Estrangulamiento:	☒		
Termocupla:	☒	Motor Eléctrico:	☒		
Cierre a tiempo de la Válvula:	☒				
				Anexo: Datos y gráfica	
Realizado por: ERWIN CHAPARRO F			Aprobado por: WILLIAM ABRIL AVELLANEDA		

REPORTE DE PRUEBA DE BOMBA				PTR N°:	
				FECHA:	8-Mar-08

CLIENTE		OIT:	
---------	--	------	--

FLUIDO:	AGUA VISCOSIFICADA	MODELO:	18.40-600	ELASTOMERO	NBRA
		ROTOR N°:	44730605	ROTOR TIPO	STD
TEMP MAX:	42°C	STATOR N°:	45430505	DESPLAZAMIENTO	1,391
TEMP MIN:	37°C	Presion Deseada	1200	Psi	Torque Disponible
					1335

SPEED [RPM]	PRES. PSI	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY Q1 (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lb.ft)	VOL. EFF. [m]
300	0	0	65,3	383,4	17,0	12,75	227,0	0,92
300	240	554	65,4	382,8	22,3	16,72	297,7	0,92
300	621	1433	66,2	378,2	29,4	22,05	392,5	0,91
300	800	1846	68,3	366,6	33,3	24,97	444,6	0,88
300	1060	2446	74,0	338,4	39,0	29,24	520,7	0,81

Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335	Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------	-------

SPEED [RPM]	PRES. PSI	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY Q1 (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lb.ft)	VOL. EFF. [m]
200	0	0	66,0	252,9	14,9	11,17	198,9	0,91
200	251	579	66,1	252,5	20,4	15,30	272,3	0,91
200	542	1251	66,9	249,5	25,8	19,35	344,4	0,90
200	830	1916	69,9	238,8	31,0	23,25	413,9	0,86
200	1048	2419	75,6	220,8	36,3	27,22	484,6	0,79

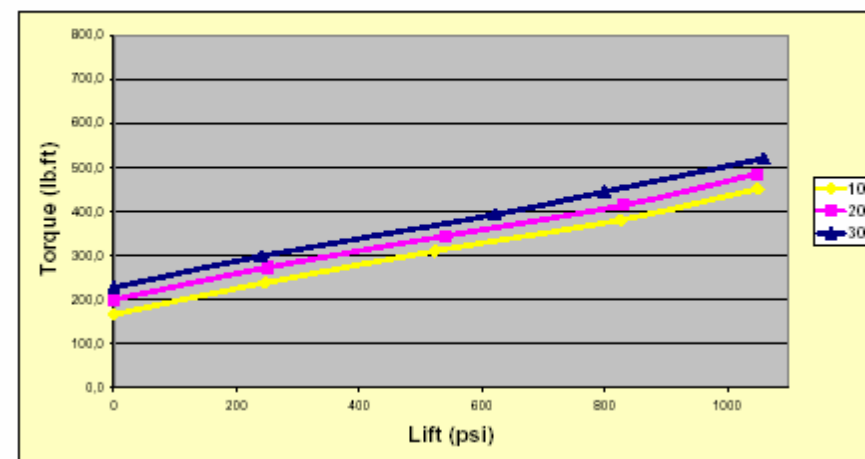
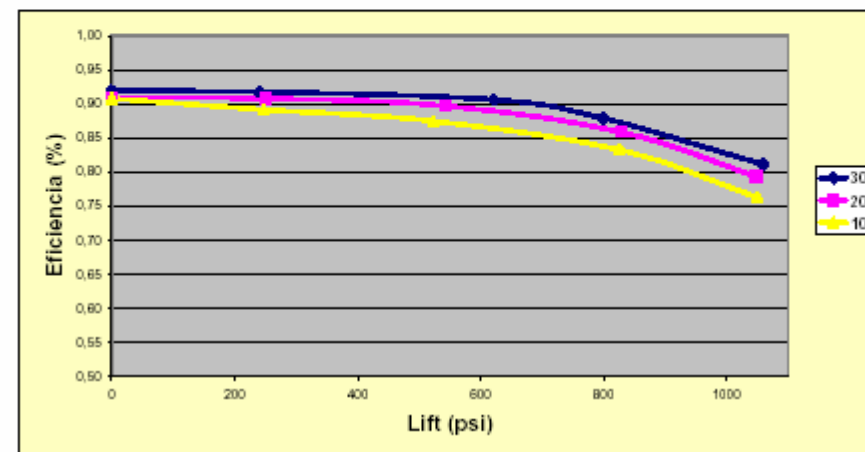
Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335	Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------	-------

SPEED [RPM]	PRES. PSI	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY Q1 (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lb.ft)	VOL. EFF. [m]
100	0	0	66,1	126,3	12,4	9,30	165,5	0,91
100	247	570	67,3	124,0	17,8	13,35	237,6	0,89
100	523	1207	68,6	121,7	23,2	17,40	309,7	0,87
100	826	1906	72,1	115,8	28,5	21,37	380,5	0,83
100	1050	2423	78,7	106,0	33,8	25,35	451,2	0,76

Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335	Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------	-------

Realizado por:	ERWIN CHAPARRO F	Aprobado por:	WILLIAM ABRIL AVELLANEDA
----------------	------------------	---------------	--------------------------

Velocidad (RPM)	P. Lift (psi)	Eficiencia (%)	Torque (lb.ft)
300	1200	0,88	444,56
200	1200	0,86	413,85
100	1200	0,83	380,48



REPORTE DE PRUEBA DE BOMBA				PTR N°:	
				FECHA:	4-Mar-08

CLIENTE		OIT:	
---------	--	------	--

FLUIDO:	ACEITE HIDRAULICO	MODELO:	18.40-600	ELASTOMERO	NBRA
		ROTOR N° :	44730605	ROTOR TIPO	STD
TEMP MAX:	44°C	STATOR N° :	45430505	DESPLAZAMIENTO	1,391 BFPORRPM
TEMP MIN:	38°C	Presion Deseada	1200 Psi	Torque Disponible	1335 Lb.ft

SPEED (RPM)	PRES. PSI	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY OIL (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf. ft)	VOL. EFF. [η]
300	0	0	63,7	393,1	11,4	8,55	152,2	0,94
300	206	475	64,0	391,2	16,2	12,15	216,3	0,94
300	613	1415	69,4	360,8	23,7	17,77	316,4	0,86
300	795	1835	76,6	326,9	27,3	20,47	364,5	0,78
300	989	2282	88,7	282,3	32,1	24,07	428,5	0,68

Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335	Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------	-------

SPEED (RPM)	PRES. PSI	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY OIL (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf. ft)	VOL. EFF. [η]
200	0	0	64,0	260,8	9,6	7,20	128,2	0,94
200	215	496	64,7	258,0	14,4	10,80	192,2	0,93
200	518	1195	69,0	241,9	19,9	14,92	265,7	0,87
200	823	1899	80,6	207,1	26,0	19,50	347,1	0,74
200	1043	2407	99,3	168,1	31,4	23,55	419,2	0,60

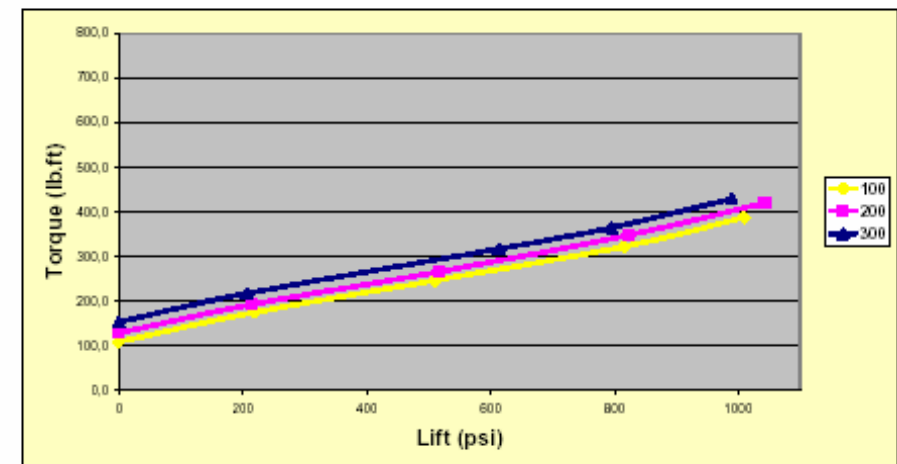
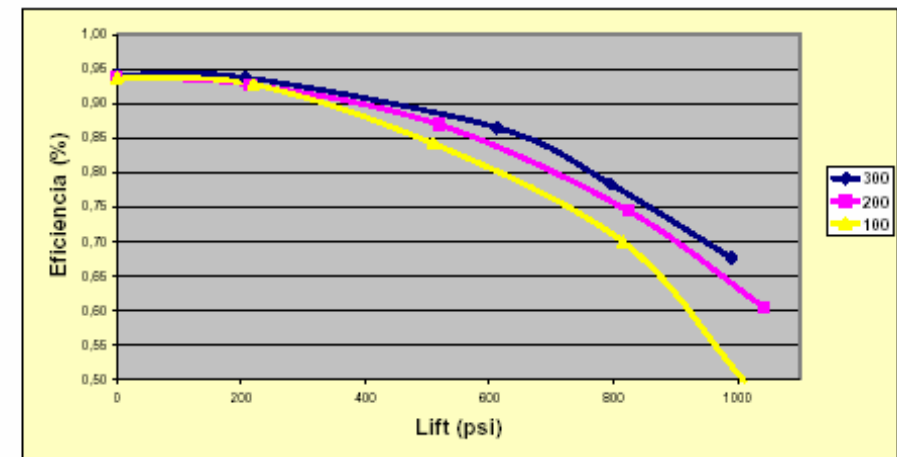
Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335	Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------	-------

SPEED (RPM)	PRES. PSI	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY OIL (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf. ft)	VOL. EFF. [η]
100	0	0	64,0	130,4	8,1	6,07	108,1	0,94
100	220	508	64,7	129,0	13,1	9,82	174,9	0,93
100	510	1177	71,3	117,1	18,4	13,80	245,6	0,84
100	815	1881	85,8	97,3	24,1	18,07	321,7	0,70
100	1010	2331	120,5	69,3	29,0	21,75	387,2	0,50

Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335	Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------	-------

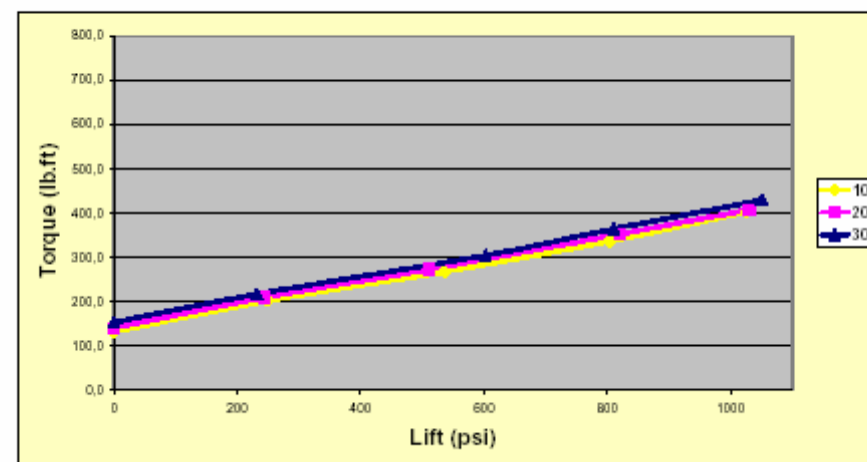
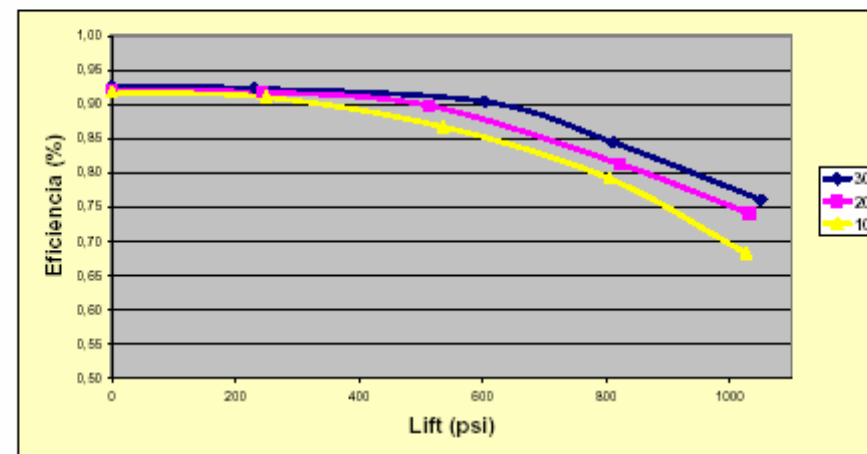
Realizado por: ERWIN CHAPARRO F Aprobado por: WILLIAM ABRIL AVELLANEDA

Velocidad (RPM)	P. Lift (psi)	Eficiencia (%)	Torque (lbf.ft)
300	1200	0,78	364,46
200	1200	0,74	347,10
100	1200	0,70	321,74



REPORTE DE PRUEBA DE BOMBA PTR N°: FECHA: 6-Mar-08									
CLIENTE OIT:									
FLUIDO: ACEITE MOTOR MODELO: 18.40-600 ELASTOMERO: NBRA									
ROTOR N°: 44730605 ROTOR TIPO: STD									
TEMP MAX: 43°C STATOR N°: 45430905 DESPLAZAMIENTO: 1,391 BFPD/RPM:									
TEMP MIN: 37°C Presion Deseada: 1200 Psi: Torque Disponible: 1335 Lb.ft:									
SPEED [RPM]	PRES. PSI	LIFT (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY OIL (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf.ft)	VOL. EFF. [n]	
300	0	0	64,8	386,4	11,4	8,55	152,2	0,93	
300	232	535	65,0	385,2	16,2	12,15	216,3	0,92	
300	603	1392	66,4	377,1	22,8	17,10	304,4	0,90	
300	811	1872	71,1	352,2	27,3	20,47	364,5	0,84	
300	1050	2423	78,9	317,3	32,1	24,07	428,5	0,76	
Shut Off: psi Torque Disponible: 1335 Lb.ft									
SPEED [RPM]	PRES. PSI	LIFT (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY OIL (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf.ft)	VOL. EFF. [n]	
200	0	0	65,3	255,6	10,5	7,87	140,2	0,92	
200	243	561	65,4	255,2	15,6	11,70	208,3	0,92	
200	512	1182	66,8	249,9	20,4	15,30	272,3	0,90	
200	821	1895	73,8	226,2	26,4	19,80	352,4	0,81	
200	1031	2379	81,0	206,1	30,5	22,87	407,2	0,74	
Shut Off: psi Torque Disponible: 1335 Lb.ft									
SPEED [RPM]	PRES. PSI	LIFT (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY OIL (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf.ft)	VOL. EFF. [n]	
100	0	0	65,4	127,6	9,8	7,35	130,8	0,92	
100	250	577	65,9	126,6	15,1	11,32	201,6	0,91	
100	536	1237	69,2	120,6	20,0	15,00	267,0	0,87	
100	805	1858	75,8	110,1	25,2	18,90	336,4	0,79	
100	1026	2368	87,9	94,9	30,1	22,57	401,8	0,68	
Shut Off: psi Torque Disponible: 1335 Lb.ft									
Realizado por: ERWIN CHAPARRO F Aprobado por: WILLIAM ABRIL AVELLANEDA									

Velocidad (RPM)	P. Lift (psi)	Efficiencia (%)	Torque (lbf.pts)
300	1200	0,84	364,46
200	1200	0,81	352,44
100	1200	0,79	336,42



REPORTE DE PRUEBA DE BOMBA	PTR N°:	
	FECHA:	8-Mar-08

CLIENTE		OIT:	
---------	--	------	--

FLUIDO:	AGUA VISCOSIFICADA	MODELO:	18.40-600	ELASTOMERO	NBRA
		ROTOR N°:	44730605	ROTOR TIPO	STD
TEMP MAX:	42°C	STATOR N°:	45430505	DESPLAZAMIENTO	1,391 BFPDRPM
TEMP MIN:	37°C	Presion Deseada	1200 Psi	Torque Disponible	1335 Lb.ft

SPEED [RPM]	PRES. PSI	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY Q1 (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf.ft)	VOL. EFF. [%]
300	0	0	65,3	383,4	17,0	12,75	227,0	0,92
300	240	554	65,4	382,8	22,3	16,72	297,7	0,92
300	621	1433	66,2	378,2	29,4	22,05	392,5	0,91
300	800	1846	68,3	366,6	33,3	24,97	444,6	0,88
300	1060	2446	74,0	338,4	39,0	29,24	520,7	0,81

Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335	Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------	-------

SPEED [RPM]	PRES. PSI	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY Q1 (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf.ft)	VOL. EFF. [%]
200	0	0	66,0	252,9	14,9	11,17	198,9	0,91
200	251	579	66,1	252,5	20,4	15,30	272,3	0,91
200	542	1251	66,9	249,5	25,8	19,35	344,4	0,90
200	830	1916	69,9	238,8	31,0	23,25	413,9	0,86
200	1048	2419	75,6	220,8	36,3	27,22	484,6	0,79

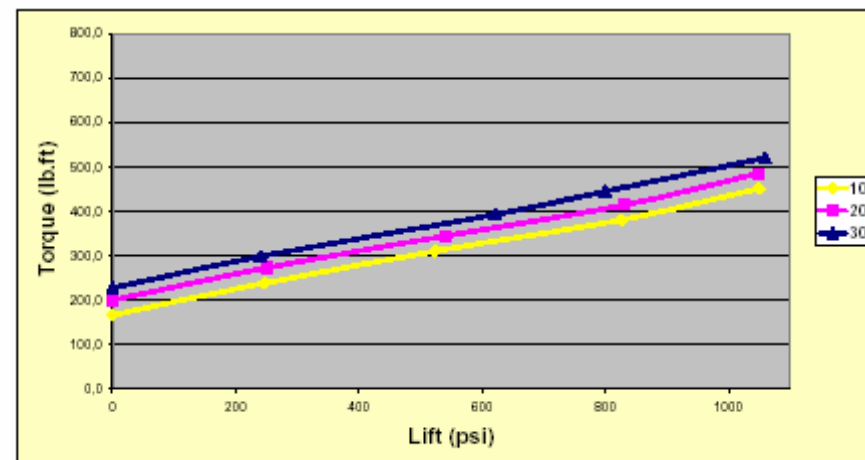
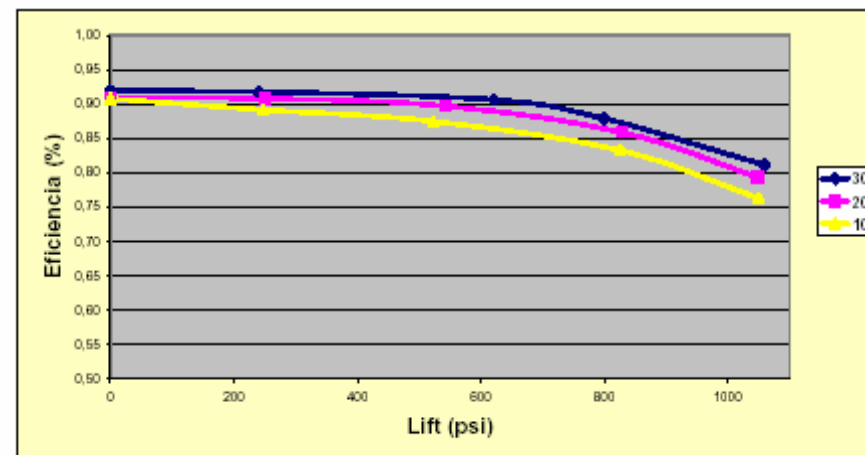
Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335	Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------	-------

SPEED [RPM]	PRES. PSI	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY Q1 (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf.ft)	VOL. EFF. [%]
100	0	0	66,1	126,3	12,4	9,30	165,5	0,91
100	247	570	67,3	124,0	17,8	13,35	237,6	0,89
100	523	1207	68,6	121,7	23,2	17,40	309,7	0,87
100	826	1906	72,1	115,8	28,5	21,37	380,5	0,83
100	1050	2423	78,7	106,0	33,8	25,35	451,2	0,76

Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335	Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------	-------

Realizado por: ERWIN CHAPARRO F Aprobado por: WILLIAM ABRIL AVELLANEDA

Velocidad (RPM)	P. Lift (psi)	Efficiencia (%)	Torque (lbf.ft)
300	1200	0,88	444,56
200	1200	0,86	413,65
100	1200	0,83	350,48



FORMATO DE PRUEBA DE BOMBAS PCP					
Fecha:	March 2, 2008	Cliente:	N/A		Orden de Trabajo:
Modelo:	24,40-1200	Información Estator		Información Rotor	
Nueva:	☒	Elastomero:	NBRA	Tipo:	STD
Usada:		Serial:	2150320507	Serial:	2155080508
Pozo:		Campo:		Estado:	
Fecha Instalac.		Fecha Lit. Parada:		Fecha Desinstalac.	
Motivo Desinst.					
INSPECCION INICIAL DE LA BOMBA					
ESTATOR		SI	NO	ROTOR	
Condición exterior aceptable:		☒		Buena condición de la rosca:	
Buena condición de la rosca:		☒		Extremo en buena condición:	
Elastomero				Condición Aceptable de la	
Condición Aceptable en la Succión:		☒		Capa de Cromo:	
Condición Aceptable en la Descarga:		☒		Otros:	
Hinchamiento:			☒	NIPLE DE PARO	
Desgarnamiento:			☒	Buena condición de la rosca:	
Otros:		Ninguno		Tope en Buena Condición:	
				Desechos Acumulados:	
Nota: Utilizar el Borescope cuando sea posible					
Observaciones:					
Estado General de la Bomba:					
VERIFICACION DE FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBA				RESULTADOS DE LA PRUEBA	
Validador de Frecuencia:	☒	Indicador de Temperatura:	☒	Conforma:	☒
Panel de Control:	☒	Computador Principal:	☒	No Conforma:	
Luces del Circuito:	☒	Dispositivos Periféricos:	☒	Observaciones:	
Control de Válvulas Solenoides:	☒	Software:	☒		
Indicador de Velocidad:	☒	Condición aceptable agua:	☒		
Pretest					
Bomba de Circulación:	☒	Carga de Carga:	☒		
Manómetros:	☒	Sello en la succión:	☒		
Transductores de Presión:	☒	Stuffing Box:	☒		
Termómetro:	☒	Válvula de Estrangulamiento:	☒		
Termocupla:	☒	Motor Eléctrico:	☒		
Cierre a tiempo de la Válvula:	☒				
				<i>Anexo: Datos y gráfica</i>	
Realizado por: ERWIN CHAPARRO F			Aprobado por: WILLIAM ABRIL AVELLANEDA		

REPORTE DE PRUEBA DE BOMBA				PTR N°:	
				FECHA:	2-Mar-08

CLIENTE		OIT:	
---------	--	------	--

FLUIDO:	Agua	MODELO:	24.40-1200	ELASTOMERO	NBRA
		ROTOR N°:	2155080508	ROTOR TIPO	STD
TEMP MAX:	44°C	STATOR N°:	2150320507	DESPLAZAMIENTO	2,608 BFPO/RPM
TEMP MIN:	37°C	Presion Deseada	1200 Psi	Torque Disponible	1335 Lb.ft

SPEED [RPM]	PRES. PSI	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY Oil (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf. Ft)	VOL. EFF. [%]
300	0	0	61,9	758,4	13,0	9,75	173,6	0,97
300	410	946	64,2	731,2	19,2	14,40	256,3	0,93
300	750	1731	67,0	700,7	25,1	18,82	335,1	0,90
300	1235	2850	72,2	650,2	32,4	24,30	432,5	0,83
300	1660	3831	85,7	547,8	39,1	29,32	522,0	0,70

Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335 Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------------

SPEED [RPM]	PRES. PSI	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY Oil (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf. Ft)	VOL. EFF. [%]
200	0	0	62,0	504,8	10,3	7,72	137,5	0,97
200	395	912	65,3	479,3	16,4	12,30	218,9	0,92
200	780	1800	70,6	443,3	22,5	16,87	300,4	0,85
200	1160	2677	80,4	389,3	28,6	21,45	381,8	0,75
200	1645	3796	105,3	297,2	36,2	27,14	483,3	0,57

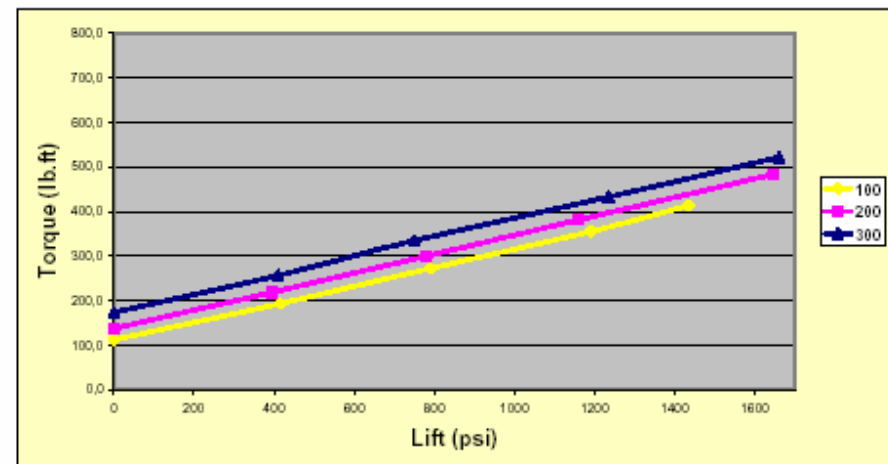
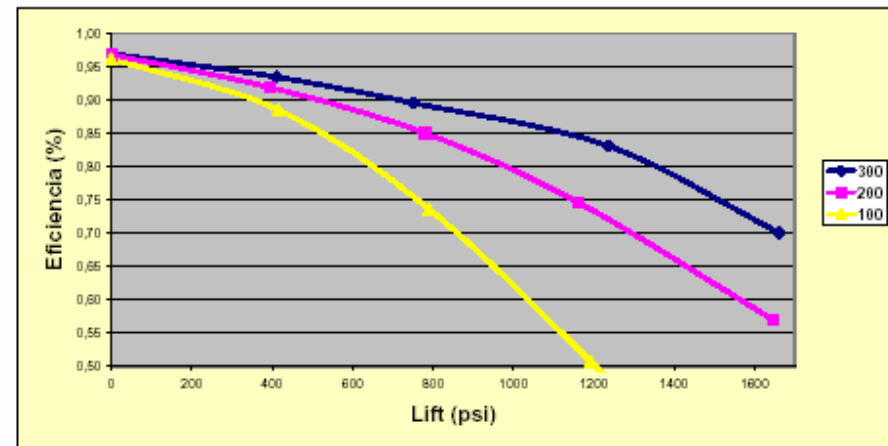
Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335 Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------------

SPEED [RPM]	PRES. PSI	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY Oil (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf. Ft)	VOL. EFF. [%]
100	0	0	62,4	250,8	8,4	6,30	112,1	0,96
100	415	958	67,8	230,8	14,5	10,87	193,6	0,88
100	790	1823	81,5	192,0	20,4	15,30	272,3	0,74
100	1190	2746	118,3	132,3	26,6	19,95	355,1	0,51
100	1435	3312	171,0	91,5	31,0	23,25	413,9	0,35

Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335 Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------------

Realizado por: ERWIN CHAPARRO F Aprobado por: WILLIAM ABRIL AVELLANEDA

Velocidad (RPM)	P. Lift (psi)	Efficiencia (%)	Torque (lbf, pie)
300	1200	0,83	432,54
200	1200	0,75	381,81
100	1200	0,51	355,11



REPORTE DE PRUEBA DE BOMBA PTR N°: FECHA: 4-Mar-08			

CLIENTE		OIT:	
---------	--	------	--

FLUIDO:	ACEITE HIDRAULICO	MODELO:	18.40-600	ELASTOMERO	NBRA
TEMP MAX:	44°C	ROTOR N° :	44730605	ROTOR TIPO	STD
TEMP MIN:	38°C	STATOR N° :	45430505	DESPLAZAMIENTO	1,391 BFPO/RPM
		Presion Deseada	1200 Psi	Torque Disponible	1335 Lb.ft

SPEED [RPM]	PRES. PSI	LIFT (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY OIL (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf. Ft)	VOL. EFF. [η]
300	0	0	63,7	393,1	11,4	8,55	152,2	0,94
300	206	475	64,0	391,2	16,2	12,15	216,3	0,94
300	613	1415	69,4	360,8	23,7	17,77	316,4	0,86
300	795	1835	76,6	326,9	27,3	20,47	364,5	0,78
300	989	2282	88,7	282,3	32,1	24,07	428,5	0,68

Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335	Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------	-------

SPEED [RPM]	PRES. PSI	LIFT (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY OIL (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf. Ft)	VOL. EFF. [η]
200	0	0	64,0	260,8	9,6	7,20	128,2	0,94
200	215	496	64,7	258,0	14,4	10,80	192,2	0,93
200	518	1195	69,0	241,9	19,9	14,92	265,7	0,87
200	823	1899	80,6	207,1	26,0	19,50	347,1	0,74
200	1043	2407	99,3	168,1	31,4	23,55	419,2	0,60

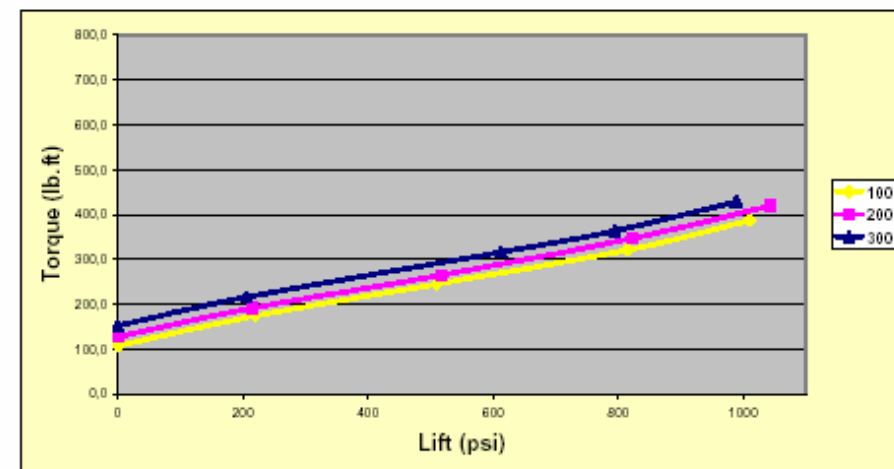
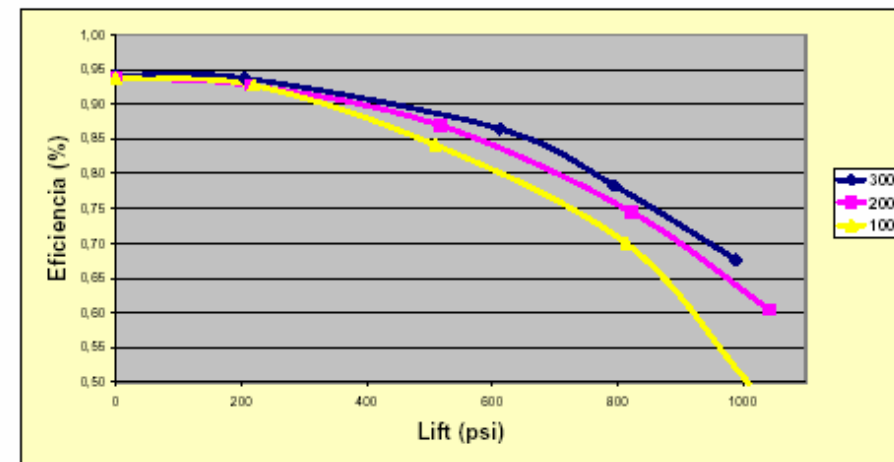
Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335	Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------	-------

SPEED [RPM]	PRES. PSI	LIFT (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY OIL (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf. Ft)	VOL. EFF. [η]
100	0	0	64,0	130,4	8,1	6,07	108,1	0,94
100	220	508	64,7	129,0	13,1	9,82	174,9	0,93
100	510	1177	71,3	117,1	18,4	13,80	245,6	0,84
100	815	1881	85,8	97,3	24,1	18,07	321,7	0,70
100	1010	2331	120,5	69,3	29,0	21,75	387,2	0,50

Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335	Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------	-------

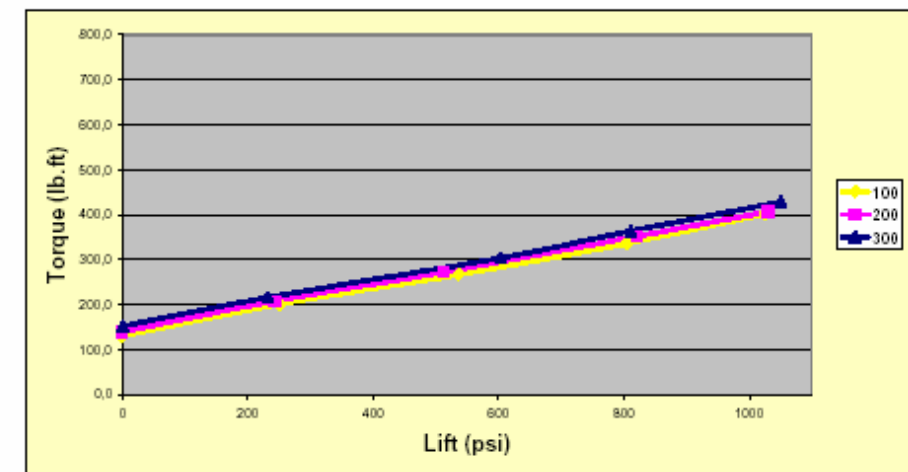
Realizado por: ERWIN CHAPARRO F Aprobado por: WILLIAM ABRIL AVELLANEDA

Velocidad (RPM)	P. Lift (psi)	Efficiencia (%)	Torque (lbf. pie)
300	1200	0,78	364,46
200	1200	0,74	347,10
100	1200	0,70	321,74



REPORTE DE PRUEBA DE BOMBA							PTR N°:	
							FECHA:	6-Mar-08
CLIENTE					OIT:			
FLUIDO:	ACEITE MOTOR	MODELO:	18.40-600		ELASTOMERO	NBRA		
		ROTOR N° :	44730605		ROTOR TIPO	STD		
TEMP MAX:	43°C	STATOR N° :	45430505		DESPLAZAMIENTO	1,391	BFPD/RPM	
TEMP MIN:	37°C	Presion Deseada	1200	Psi	Torque Disponible	1335	Lb.ft	
SPEED [RPM]	PRES. Psi	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY Oil (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf.Ft)	VOL. EFF. [%]
300	0	0	64,8	386,4	11,4	8,55	152,2	0,93
300	232	535	65,0	385,2	16,2	12,15	216,3	0,92
300	603	1392	66,4	377,1	22,8	17,10	304,4	0,90
300	811	1872	71,1	352,2	27,3	20,47	364,5	0,84
300	1050	2423	78,9	317,3	32,1	24,07	428,5	0,76
Shut Off:			psi	Torque Disponible		1335	Lb.ft	
SPEED [RPM]	PRES. Psi	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY Oil (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf.Ft)	VOL. EFF. [%]
200	0	0	65,3	255,6	10,5	7,87	140,2	0,92
200	243	561	65,4	255,2	15,6	11,70	208,3	0,92
200	512	1182	66,8	249,9	20,4	15,30	272,3	0,90
200	821	1895	73,8	226,2	26,4	19,80	352,4	0,81
200	1031	2379	81,0	206,1	30,5	22,87	407,2	0,74
Shut Off:			psi	Torque Disponible		1335	Lb.ft	
SPEED [RPM]	PRES. Psi	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY Oil (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf.Ft)	VOL. EFF. [%]
100	0	0	65,4	127,6	9,8	7,35	130,8	0,92
100	250	577	65,9	126,6	15,1	11,32	201,6	0,91
100	536	1237	69,2	120,6	20,0	15,00	267,0	0,87
100	805	1858	75,8	110,1	25,2	18,90	336,4	0,79
100	1026	2368	87,9	94,9	30,1	22,57	401,8	0,68
Shut Off:			psi	Torque Disponible		1335	Lb.ft	

Velocidad (RPM)	P. Lift (psi)	Eficiencia (%)	Torque (lbf.pie)
300	1200	0,84	364,46
200	1200	0,81	352,44
100	1200	0,79	336,42



REPORTE DE PRUEBA DE BOMBA				PTR N°:	
				FECHA:	8-Mar-08

CLIENTE		OIT:	
---------	--	------	--

FLUIDO:	AGUA VISCOSIFICADA	MODELO:	18.40-600		ELASTOMERO	NBRA	
		ROTOR N°:	44730605		ROTOR TIPO	STD	
TEMP MAX:	42°C	STATOR N°:	45430505		DESPLAZAMIENTO	1,391	BFPD/RPM
TEMP MIN:	37°C	Presion Deseada	1200	Psi	Torque Disponible	1335	Lb.ft

SPEED (RPM)	PRES. PSI	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY OIL (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf.ft)	VOL. EFF. [%]
300	0	0	65,3	383,4	17,0	12,75	227,0	0,92
300	240	554	65,4	382,8	22,3	16,72	297,7	0,92
300	621	1433	66,2	378,2	29,4	22,05	392,5	0,91
300	800	1846	68,3	366,6	33,3	24,97	444,6	0,88
300	1060	2446	74,0	338,4	39,0	29,24	520,7	0,81

Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335	Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------	-------

SPEED (RPM)	PRES. PSI	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY OIL (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf.ft)	VOL. EFF. [%]
200	0	0	66,0	252,9	14,9	11,17	198,9	0,91
200	251	579	66,1	252,5	20,4	15,30	272,3	0,91
200	542	1251	66,9	249,5	25,8	19,35	344,4	0,90
200	830	1916	69,9	238,8	31,0	23,25	413,9	0,86
200	1048	2419	75,6	220,8	36,3	27,22	484,6	0,79

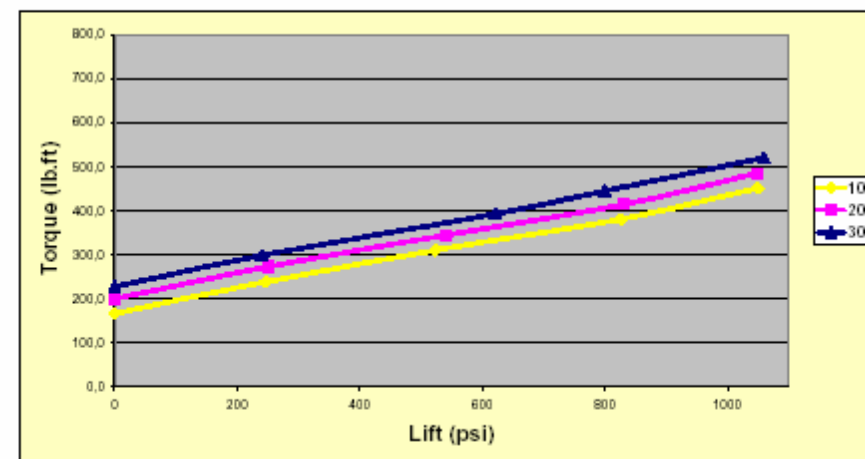
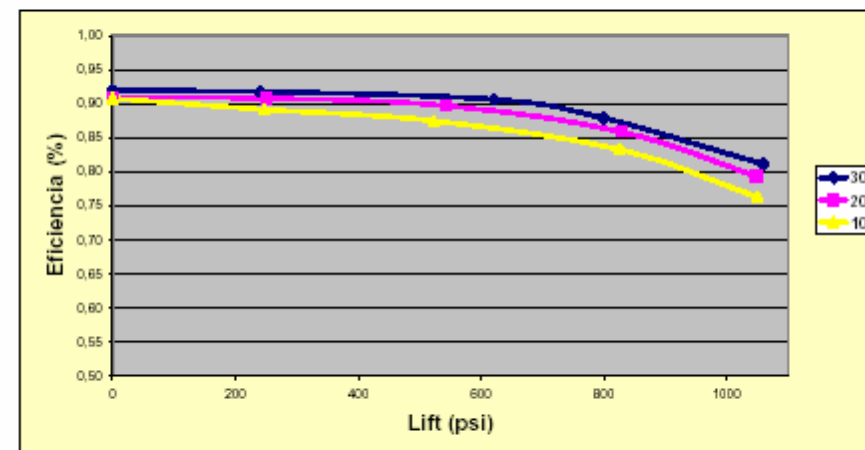
Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335	Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------	-------

SPEED (RPM)	PRES. PSI	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY OIL (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf.ft)	VOL. EFF. [%]
100	0	0	66,1	126,3	12,4	9,30	165,5	0,91
100	247	570	67,3	124,0	17,8	13,35	237,6	0,89
100	523	1207	68,6	121,7	23,2	17,40	309,7	0,87
100	826	1906	72,1	115,8	28,5	21,37	380,5	0,83
100	1060	2423	78,7	106,0	33,8	25,35	451,2	0,76

Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335	Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------	-------

Realizado por:	ERWIN CHAPARRO F	Aprobado por:	WILLIAM ABRIL AVELLANEDA
----------------	------------------	---------------	--------------------------

Velocidad (RPM)	P. Lift (psi)	Efficiencia (%)	Torque (lbf.ft)
300	1200	0,88	444,56
200	1200	0,86	413,65
100	1200	0,83	380,48



FORMATO DE PRUEBA DE BOMBAS PCP					
Fecha:	March 3, 2008	Cliente:	N/A		Orden de Trabajo:
Modelo:	22.40-2500	Información Estator		Información Rotor	
Nueva:	☒	Elastomero:	NBRA	Tipo:	STD
Usada:		Serial:	2155110307	Serial:	2153570307
Pozo:		Campo:		Estado:	
Fecha Instalac.		Fecha Ult. Parada:		Fecha Desinstalac.	
Motivo Desinst.					
INSPECCION INICIAL DE LA BOMBA					
ESTATOR	SI	NO	ROTOR	SI	NO
Condición exterior aceptable:	☒		Buena condición de la rosca:	☒	
Buena condición de la rosca:	☒		Extremo en buena condición:	☒	
Elastomero			Condición Aceptable de la		
Condición Aceptable en la Succión:	☒		Capa de Cromo:	☒	
Condición Aceptable en la Descarga:	☒		Otros:		
Hinchamiento:		☒	NIPLE DE PARO		
Desgarnamiento:		☒	Buena condición de la rosca:	☒	
Otros:	Ninguno		Topa en Buena Condición:	☒	
			Desechos Acumulados:		☒
<i>Nota: Utilizar el Borescope cuando sea posible</i> Observaciones: _____					
Estado General de la Bomba: _____					
VERIFICACION DE FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBA					
Validador de Frecuencia:	☒	Indicador de Temperatura:	☒	Resultados de la Prueba Conforme: ☒ No Conforme: _____ Observaciones: _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ Anexo: Datos y gráfica	
Panel de Control:	☒	Computador Principal:	☒		
Luces del Circuito:	☒	Dispositivos Periféricos:	☒		
Control de Válvulas Solenoides:	☒	Software:	☒		
Indicador de Velocidad:	☒	Condición aceptable agua:	☒		
Pretest					
Bomba de Circulación:	☒	Celda de Carga:	☒		
Manómetros:	☒	Sello en la succión:	☒		
Transductores de Presión:	☒	Stuffing Box:	☒		
Termómetro:	☒	Válvula de Estrangulamiento:	☒		
Termocupla:	☒	Motor Eléctrico:	☒		
Cierre a tiempo de la Válvula:	☒				
Realizado por: ERWIN CHAPARRO F				Aprobado por: WILLIAM ABRIL AVELLANEDA	

REPORTE DE PRUEBA DE BOMBA				PTR N°:	
				FECHA:	3-Mar-08

CLIENTE		OIT:	
---------	--	------	--

FLUIDO:	Agua	MODELO:	22,40-2500	ELASTOMERO	NBRA
		ROTOR N°:	2153570807	ROTOR TIPO	STD
TEMP MAX:	43°C	STATOR N°:	2155110307	DESPLAZAMIENTO	5,797 BFFDRPM
TEMP MIN:	37°C	Presion Deseada	1200 Psi	Torque Disponible	1335 Lb.ft

SPEED [RPM]	PRES. PSI	LIFT (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY OIL (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf.ft)	VOL. EFF. [η]
300	0	0	63,8	1635,5	35,0	26,25	467,3	0,94
300	410	946	64,3	1622,8	42,4	31,79	566,0	0,93
300	800	1846	64,7	1612,8	49,9	37,42	666,2	0,93
300	1190	2746	67,1	1555,1	57,4	43,04	766,3	0,89
300	1580	3646	71,1	1467,6	65,8	49,34	878,4	0,84

Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335	Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------	-------

SPEED [RPM]	PRES. PSI	LIFT (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY OIL (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf.ft)	VOL. EFF. [η]
200	0	0	64,0	1086,9	29,4	22,05	392,5	0,94
200	400	923	64,6	1076,8	37,3	27,97	498,0	0,93
200	815	1881	65,4	1063,7	44,9	33,67	599,4	0,92
200	1200	2769	68,1	1021,5	52,0	38,99	694,2	0,88
200	1590	3670	73,8	942,6	59,8	44,84	798,3	0,81

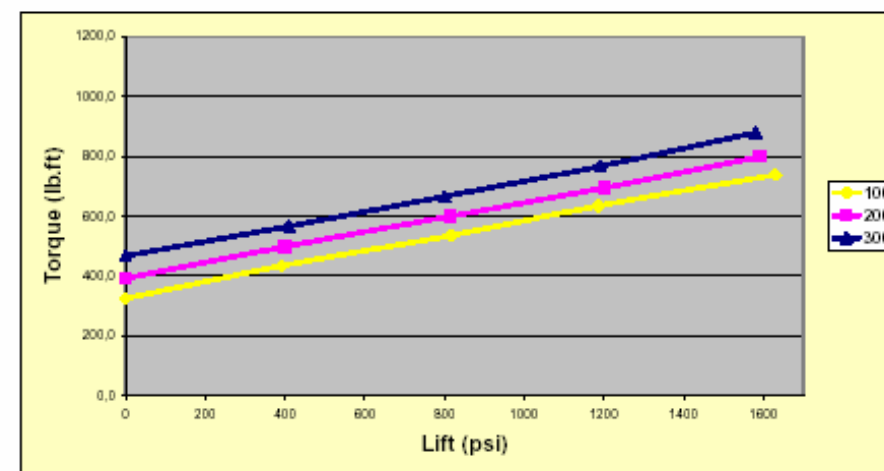
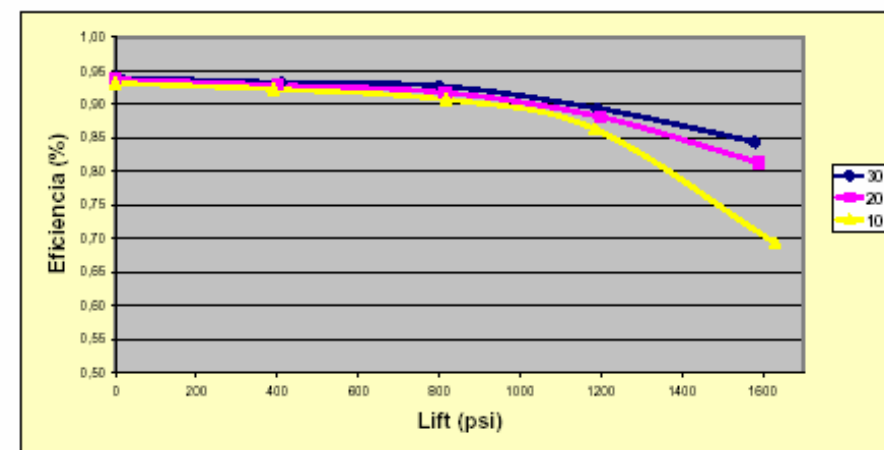
Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335	Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------	-------

SPEED [RPM]	PRES. PSI	LIFT (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY OIL (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf.ft)	VOL. EFF. [η]
100	0	0	64,4	540,1	24,3	18,22	324,4	0,93
100	391	902	65,0	535,1	32,5	24,37	433,9	0,92
100	816	1883	66,1	526,2	40,1	30,07	535,3	0,91
100	1185	2735	69,5	500,5	47,5	35,62	634,1	0,86
100	1630	3762	86,6	401,6	55,3	41,47	738,3	0,69

Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335	Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------	-------

Realizado por: ERWIN CHAPARRO F Aprobado por: WILLIAM ABRIL AVELLANEDA

Velocidad (RPM)	P. Lift (psi)	Eficiencia (%)	Torque (lbf.ft)
300	1200	0,89	766,20
200	1200	0,88	694,20
100	1200	0,86	634,13



REPORTE DE PRUEBA DE BOMBA		PTR N°:	
		FECHA:	5-Mar-08

CLIENTE		OIT:	
---------	--	------	--

FLUIDO:	ACEITE HIDRAULICO	MODELO:	22,40-2500		ELASTOMERO:	NBRA	
		ROTOR N°:	2153570807		ROTOR TIPO:	STD	
TEMP MAX:	45°C	STATOR N°:	2155110307		DESPLAZAMIENTO:	5,797	BFPO/RPM
TEMP MIN:	38°C	Presion Deseada	1200	Psi	Torque Disponible	1335	Lb.ft

SPEED (RPM)	PRES. PSI	LIT (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY OIL (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf.ft)	VOL. EFF. [η]
300	0	0	64,1	1627,9	37,3	27,97	498,0	0,94
300	410	946	64,8	1610,3	42,7	32,02	570,0	0,93
300	820	1892	66,0	1605,3	48,6	36,44	648,8	0,92
300	1195	2758	66,3	1573,8	54,3	40,72	724,9	0,90
300	1600	3693	68,8	1516,7	59,9	44,92	799,7	0,87

Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335	Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------	-------

SPEED (RPM)	PRES. PSI	LIT (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY OIL (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf.ft)	VOL. EFF. [η]
200	0	0	64,8	1073,5	33,2	24,90	443,2	0,93
200	400	923	66,1	1068,6	38,4	28,79	512,6	0,92
200	815	1881	66,8	1057,2	43,5	32,62	580,7	0,91
200	1183	2730	67,2	1035,2	49,0	36,74	654,2	0,89
200	1598	3688	70,7	983,9	54,7	41,02	730,2	0,85

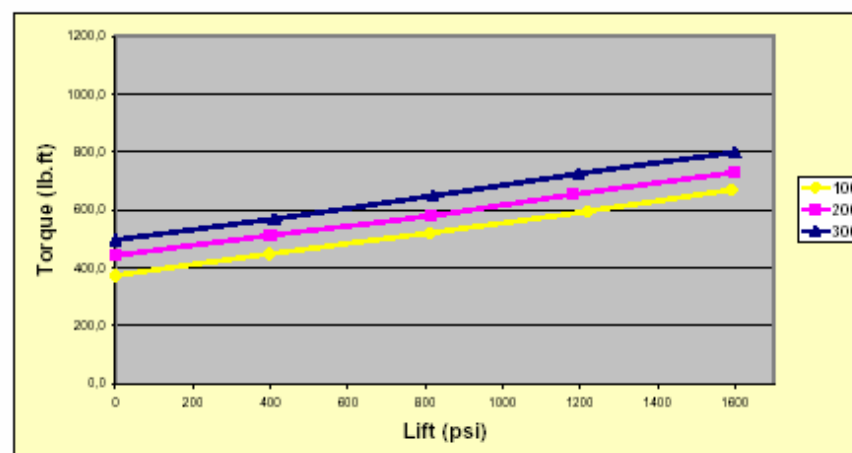
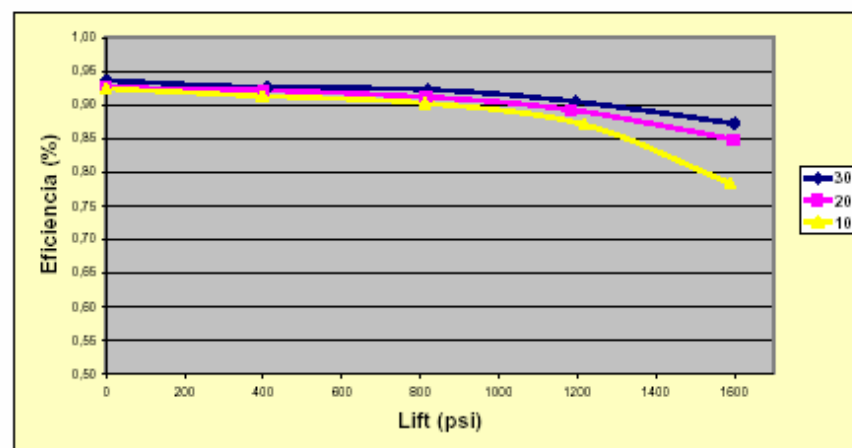
Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335	Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------	-------

SPEED (RPM)	PRES. PSI	LIT (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY OIL (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf.ft)	VOL. EFF. [η]
100	0	0	64,9	535,9	28,0	21,00	373,8	0,92
100	398	919	66,7	529,4	33,6	25,20	448,6	0,91
100	812	1874	66,5	523,0	39,0	29,24	520,7	0,90
100	1218	2811	68,9	504,8	44,6	33,44	595,4	0,87
100	1590	3670	76,6	454,1	50,1	37,57	668,8	0,78

Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335	Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------	-------

Realizado por:	ERWIN CHAPARRO F	Aprobado por:	WILLIAM ABRIL AVELLANEDA
----------------	------------------	---------------	--------------------------

Velocidad (RPM)	P. Lift (psi)	Eficiencia (%)	Torque (lbf.pie)
300	1200	0,90	724,91
200	1200	0,89	654,15
100	1200	0,87	595,41



REPORTE DE PRUEBA DE BOMBA	PTR N°:	
	FECHA:	7-Mar-08

PTR N°:	
---------	--

CLIENTE				OUT:	
---------	--	--	--	------	--

QIT	
-----	--

FLUIDO:	ACEITE DE MOTOR	MODELO:	22.40-2500		ELASTOMERO	NBRA	
		ROTOR N°:	2153570807		ROTOR TIPO	STD	
TEMP MAX:	43°C	STATOR N°:	2155110307		DESPLAZAMIENTO	5,797	BPP/DRPM
TEMP MIN:	37°C	Presion Deseada	1200	Psi	Torque Disponible	1335	Lb.ft

FEEDBACK:	MOTOR	FEEDBACK:	FEEDBACK:	FEEDBACK:	FEEDBACK:	FEEDBACK:

		ROTOR Nº:	2153570807		ROTOR TIPO	STD	

TEMP MAX:	43°C	SIATURN°:	2155110307		DESPLAZAMIENTO	5,797	BPPDRPM
-----------	------	-----------	------------	--	----------------	-------	---------

TEMP MIN:	37°C	Presión Deseada	1200	Psi	Torque Disponible	1335	Lb.ft
-----------	------	-----------------	------	-----	-------------------	------	-------

SPEED [RPM]	PRES. PSI	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY OIL (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf. Ft)	VOL. EFF. [%]
300	0	0	64,6	1615,3	33,2	24,90	443,2	0,93
300	385	889	65,0	1606,3	38,0	28,49	507,3	0,92
300	830	1916	65,3	1597,9	44,3	33,22	591,4	0,92
300	1200	2769	65,9	1583,4	49,8	37,34	664,8	0,91
300	1635	3773	67,2	1552,8	55,6	41,69	742,3	0,89

[illegible]

300	0	0	64,6	1615,3	33,2	24,90	443,2	0,93
-----	---	---	------	--------	------	-------	-------	------

300	385	889	65,0	1605,3	38,0	28,49	507,3	0,92
-----	-----	-----	------	--------	------	-------	-------	------

300	830	1916	65,3	1597,9	44,3	33,22	591,4	0,92
300	1000	2000	66,6	1666,6	44,4	33,33	591,4	0,94

300	1200	2769	65,9	1583,4	49,8	37,34	664,8	0,91
300	1635	3332	63,2	1552,9	55,6	41,69	742,2	0,99

Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335	Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------	-------

SPEED (RPM)	PRES. PSI	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY OIL (bbl)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf. Ft)	VOL. EFF. (%)
200	0	0	65,3	1065,3	31,0	23,25	413,9	0,92
200	400	923	65,7	1058,8	36,2	27,14	483,3	0,91
200	815	1881	66,0	1054,0	42,2	31,64	563,4	0,91
200	1183	2730	66,4	1047,7	47,3	35,47	631,5	0,90
200	1598	3688	70,1	992,4	52,0	38,99	694,2	0,86

[RPM]	PSI	(ft)	(s)	(b/d)	(%)	Kw	(bbl. Ft)	[g]
000	0	0	0.00	100.0	0.0	00.0	1000	000

200	0	0	65,3	1065,3	31,0	23,25	413,9	0,92
200	100	200	20,7	1020,3	27,8	20,11	422,8	0,94

200	400	923	65,7	1058,8	36,2	27,14	483,3	0,91
200	815	1004	66,9	1254,0	42,3	21,64	563,4	0,94

200	813	1881	66,0	1054,0	42,2	31,64	563,4	0,91
200	1183	2120	66,4	1047,7	47,3	35,47	621,5	0,90

200	1183	2150	88,4	1041,1	41,5	35,41	631,3	0,90
200	1598	3688	70,1	992,4	52,0	38,99	694,2	0,86

Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335	Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------	-------

SPEED [RPM]	PRES. PSI	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY OIL (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf. Ft)	VOL. EFF. [%]
100	0	0	65,9	527,8	29,5	22,12	393,8	0,91
100	410	946	66,3	524,6	35,1	26,32	468,6	0,90
100	787	1816	66,9	519,9	40,3	30,22	538,0	0,90
100	1189	2744	67,8	513,0	45,6	34,19	608,8	0,88
100	1615	3727	73,5	473,2	50,2	37,64	670,2	0,82

[illegible]

100	0	0	65,9	527,8	29,5	22,12	393,8	0,91
100	410	946	66,3	524,6	35,1	26,32	468,6	0,90

100	419	548	58,5	524,8	55,1	28,52	488,8	0,90
100	787	1816	66,9	519,9	40,3	30,22	538,0	0,90

100	1189	2744	67,8	513,0	45,6	34,19	608,8	0,88
-----	------	------	------	-------	------	-------	-------	------

100	1615	3727	73,5	473,2	50,2	37,64	670,2	0,82
-----	------	------	------	-------	------	-------	-------	------

Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335	Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------	-------

Realizado por:	ERWIN CHAPARRO F	Aprobado por:	WILLIAM ABRIL AVELLANEDA
----------------	------------------	---------------	--------------------------

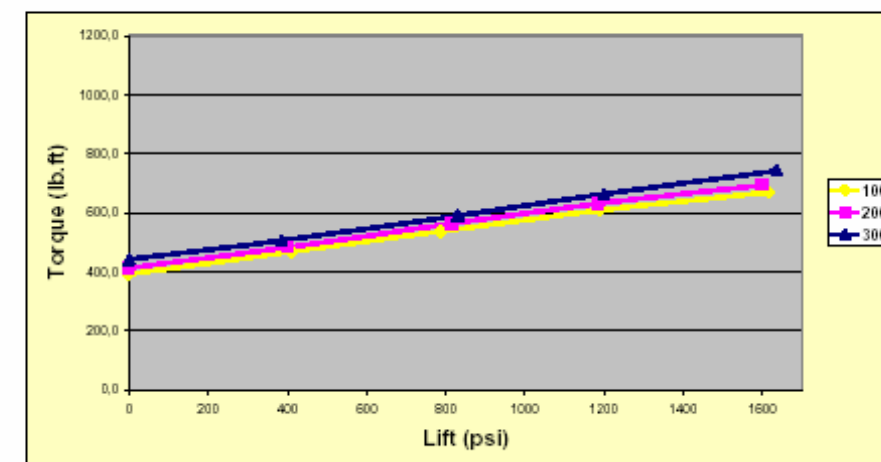
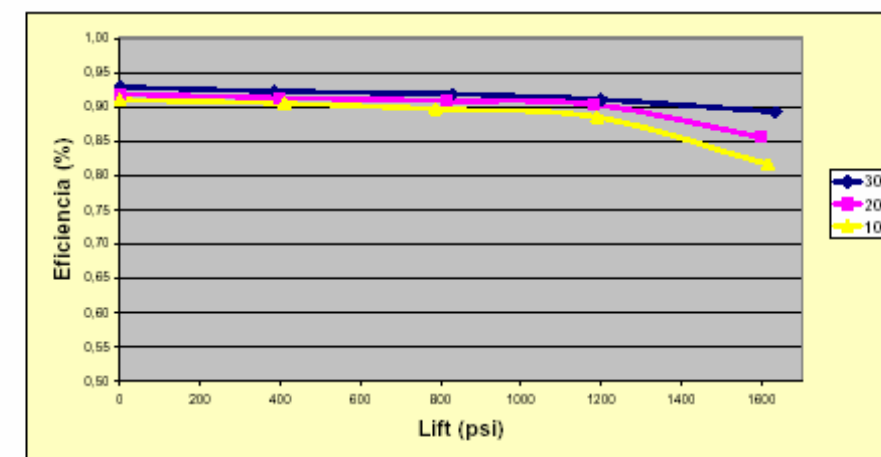
Aprobado por: WILLIAM ABRIL AVELLANEDA

Velocidad (RPM)	P. Lift (psf)	Eficiencia (%)	Torque (lbf.pie)
300	1200	0,91	664,83
200	1200	0,90	631,46
100	1200	0,88	608,76

(RPM)	(psi)	(%)	(bf.pie)
-------	-------	-----	----------

300	1200	0,91	664,83
-----	------	------	--------

200	1200	0,50	631,46
100	1200	0,50	630,76



REPORTE DE PRUEBA DE BOMBA	PTR N°:	
	FECHA:	9-Mar-08

CLIENTE		OIT:	
---------	--	------	--

FLUIDO:	AGUA VISCOSIFICADA	MODELO:	22,40-2500	ELASTOMERO	NBRA
		ROTOR N°:	2153570807	ROTOR TIPO	STD
TEMP MAX:	45°C	STATOR N°:	2155110307	DESPLAZAMIENTO	5,797 GPD/RPM
TEMP MIN:	37°C	Presion Deseada	1200 Psi	Torque Disponible	1335 Lb.ft

SPEED (RPM)	PRES. PSI	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY Oil (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf. Ft)	VOL EFF. (%)
300	0	0	66,9	1559,7	43,1	32,32	575,4	0,90
300	390	900	66,9	1559,7	48,0	35,99	640,8	0,90
300	810	1869	67,2	1552,8	53,3	39,97	711,6	0,89
300	1215	2804	67,4	1548,2	58,7	44,02	783,6	0,89
300	1645	3796	68,4	1525,5	65,5	49,12	874,4	0,88

Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335	Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------	-------

SPEED (RPM)	PRES. PSI	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY Oil (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf. Ft)	VOL EFF. (%)
200	0	0	67,0	1038,3	39,6	29,69	528,7	0,90
200	385	889	67,2	1035,2	44,9	33,67	599,4	0,89
200	795	1835	67,5	1030,6	50,0	37,49	667,5	0,89
200	1200	2769	67,8	1026,0	55,6	41,69	742,3	0,88
200	1640	3785	70,1	992,4	62,3	46,72	831,7	0,86

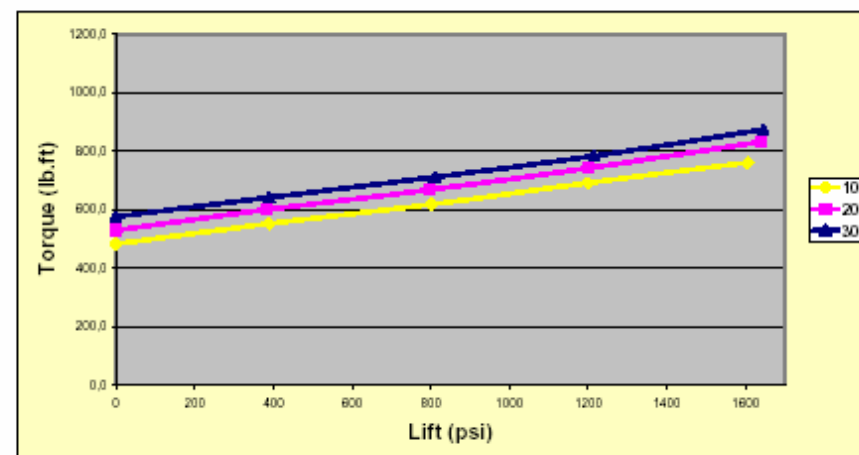
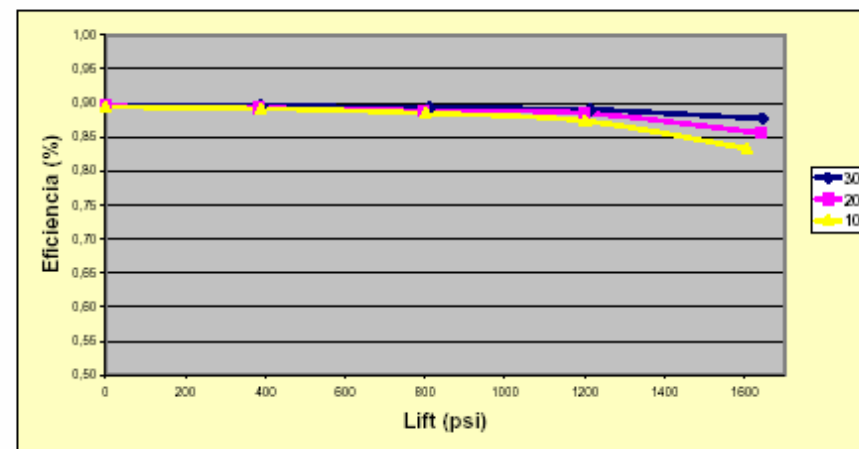
Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335	Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------	-------

SPEED (RPM)	PRES. PSI	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY Oil (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf. Ft)	VOL EFF. (%)
100	0	0	67,1	518,4	36,1	27,07	481,9	0,89
100	389	896	67,3	516,8	41,3	30,97	551,4	0,89
100	802	1851	67,8	513,0	46,3	34,72	618,1	0,88
100	1200	2769	68,7	506,3	51,8	38,84	691,5	0,87
100	1605	3704	72,0	483,1	57,0	42,74	761,0	0,83

Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335	Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------	-------

Realizado por:	ERWIN CHAPARRO F	Aprobado por:	WILLIAM ABRIL AVELLANEDA
----------------	------------------	---------------	--------------------------

Velocidad (RPM)	P. Lift (psi)	Eficiencia (%)	Torque (lbf. psi)
300	1200	0,89	783,65
200	1200	0,88	742,26
100	1200	0,87	691,53



ANEXO C. PRUEBAS DE PRODUCCION DE EMULSIONES

DATOS DE PRODUCCION DE EMULSIONES SELECCIONADAS

POZO	FECHA	BFPD	BOPD	BSW	API	GAS	GOR	CHP	THP	RPM	TORQUE	NF	SUMER
GUA-100	10/10/2007	409	408	0,2	29,8	28	69	3	32	170,0	44,0	2630	31
GUA-100	12/10/2007	437	436	0,2	29,8	29	67	6	35	160,0	44,0	2619	42
GUA-100	29/10/2007	464	463	0,2	29,8	30	65	4	25	150,0	46,0	2601	60
GUA-100	03/11/2007	470	469	0,2	29,9	30	64	5	50	150,0	40,0	2625	36
GUA-100	17/11/2007	483	482	0,2	29,9	32	66	4	30	150,0	44,0	2593	68
GUA-100	06/12/2007	437	436	0,2	29,9	30	69	3	18	150,0	45,0	2626	35
GUA-100	19/12/2007	452	451	0,3	30,0	37	82	3	20	140,0	44,0	2472	189
GUA-100	07/01/2008	420	419	0,2	29,9	29	69	3	18	150,0	43,0	2487	174
GUA-061	02/10/2007	427	390	18,0	27,4	171	489	6	88	180,0	63,0	2795	46
GUA-061	22/10/2007	422	338	20,0	27,6	175	518	56	95	180,0	61,0	2795	46
GUA-061	03/11/2007	452	357	21,1	27,7	165	462	5	90	180,0	63,0	2791	90
GUA-061	21/11/2007	424	333	21,4	27,7	154	462	5	46	180,0	61,0	2831	10
GUA-061	03/12/2007	426	334	21,5	27,8	159	476	5	80	170,0	63,0	2823	18
GUA-061	10/12/2007	487	382	21,5	27,8	145	380	7	75	160,0	61,0	2741	100
GUA-061	01/01/2008	432	345	20,2	26,3	145	420		89	163,0	64,0	2795	46
GUA-061	17/01/2008	415	326	21,5	27,8	125	383	4	88	160,0	65,0	2824	17
GUA-060	01/10/2007	519	280	46,0	26,1	31	111	5	32	240,0	72,0	3196	135
GUA-060	22/10/2007	553	290	47,5	26,2	32	110	5	20	240,0	71,0	3202	149
GUA-060	04/11/2007	600	390	41,7	26,1	33	94	5	52	240,0	73,0	3200	151
GUA-060	18/11/2007	468	273	41,7	26,1	32	117	6	23	240,0		3337	14
GUA-060	15/12/2007	467	268	42,6	26,2	32	119	6	62	220,0	73,0	3337	14
GUA-060	27/12/2007	469	281	40,0	26,3	29	103	8	60	220,0	72,0	3333	18
GUA-060	01/01/2008	464	284	38,9	26,3	29	102		44	220,0	73,0	3206	145
GUA-060	17/01/2008	474	294	38,0	26,3	32	109	5	36	230,0	73,0	3333	18
GUA-096	04/10/2007	95	37	61,0	27,5	12	324	4	78	100,0	41,0	2998	85
GUA-096	23/10/2007	89	35	60,5	27,5	13	371	6	85	100,0	41,0	2991	92
GUA-096	11/11/2007	99	40	59,5	27,8	12	300	5	51	100,0	44,0	3009	74
GUA-096	30/11/2007	115	45	60,9	27,8	10	222	5	67	100,0	41,0	3014	69
GUA-096	11/12/2007	102	40	60,8	27,8	10	250	4	47	100,0	43,0	2956	127
GUA-096	28/12/2007	97	37	62,0	27,5	9	243	4	48	100,0	40,0	2979	104
GUA-096	03/01/2008	77	30	61,0	27,5	12	400	4	84	100,0	40,0	3006	77
GUA-096	11/01/2008	48	19	60,7	27,6	10	526	4	60	100,0	43,0	3006	77
GUA-080	04/10/2007	688	110	84,0	26,4	19	173	7	70	160,0	57,0	3437	116
GUA-080	27/10/2007	540	103	80,9	26,4	21	204	5	28	160,0	57,0	3547	6
GUA-080	03/11/2007	663	128	80,7	26,5	22	172	4	48	160,0	57,0	3451	102
GUA-080	19/11/2007	711	152	78,6	26,5	21	138	6	52	150,0	58,0	3417	136
GUA-080	16/12/2007	645	120	81,4	26,5	22	183	6	55	150,0	60,0	3433	120
GUA-080	28/12/2007	618	121	80,4	26,6	24	198	6	52	150,0	58,0	3424	129
GUA-080	15/01/2008	658	125	81,0	26,6	23	184	7	59	150,0	58,0	3444	109
GUA-083	07/10/2007	1535	38	97,5	29,7	0	0	3	40	297,0	49,0	2265	400
GUA-083	26/10/2007	1491	42	97,2	29,0	0	0	3	40	297,0	51,0	2115	550
GUA-083	15/11/2007	715	50	93,0	28,8	17	340	3	34	295,0	62,0	2614	51
GUA-083	27/11/2007	656	59	91,0	28,0	14	237	4	46	297,0	63,0	2630	35
GUA-083	19/12/2007	696	55	92,1	29,5	16	291	3	78	270,0	50,0	2224	441
GUA-083	27/12/2007	675	53	92,1	29,3	21	396	3	70	270,0	45,0	1913	752
GUA-083	11/01/2008	784	0	100,0	29,3	13	0	4	20	170,0	51,0	1256	1.445
GUA-083	21/01/2008	784	0	100,0	29,3	13	0	4	80	250,0	45,0	1458	1.243

ANEXO D. PRUEBAS DE BOMBAS CON DIFERENTES CORTES DE AGUA.

FORMATO DE PRUEBA DE BOMBAS PCP					
Fecha: <u>March 13, 2008</u>		Cliente: <u>N/A</u>		Orden de Trabajo: _____	
Modelo: <u>24.40-1500</u>	Información Estator		Información Rotor		
Nueva: ☒	Elastomero: <u>NBRA</u>	Tipo: <u>STD</u>			
Usada: _____	Serial: <u>1930630407</u>	Serial: <u>00820505</u>			
Pozo: _____	Campo: _____	Estado: _____			
Fecha Instalac.: _____	Fecha Ult. Parada: _____	Fecha Desinstalac.: _____			
Motivo Desinst.: _____					
INSPECCION INICIAL DE LA BOMBA					
ESTATOR	SI	NO	ROTOR	SI	NO
Condición exterior aceptable:	☒	_____	Buena condición de la rosca:	☒	_____
Buena condición de la rosca:	☒	_____	Extremo en buena condición:	☒	_____
Elastomero			Condición Aceptable de la	_____	_____
Condición Aceptable en la Succión:	☒	_____	Capa de Cromo:	☒	_____
Condición Aceptable en la Descarga:	☒	_____	Otros:	_____	_____
Hinchamiento:	_____	☒	NIPLE DE PARO		
Desgarramiento:	_____	☒	Buena condición de la rosca:	☒	_____
Otros:	<u>Ninguno</u>		Tope en Buena Condición:	☒	_____
			Desechos Acumulados:	_____	☒
Nota: Utilizar el Borescope cuando sea posible					
Observaciones: _____					
Estado General de la Bomba: _____					
VERIFICACION DE FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBA					
Variable de Frecuencia:	☒	Indicador de Temperatura:	☒	Conforme: <u>X</u>	
Panel de Control:	☒	Computador Principal:	☒	No Conforme: _____	
Luces del Circuito:	☒	Dispositivos Periféricos:	☒	Observaciones: _____	
Control de Válvulas Solenoides:	☒	Software:	☒	_____	
Indicador de Velocidad:	☒	Condición aceptable agua:	☒	_____	
Prestest				_____	
Bomba de Circulación:	☒	Celda de Carga:	☒	_____	
Manómetros:	☒	Sello en la succión:	☒	_____	
Transductores de Presión:	☒	Stuffing Box:	☒	_____	
Termómetro:	☒	Válvula de Estrangulamiento:	☒	_____	
Termocupla:	☒	Motor Eléctrico:	☒	_____	
Cierre a tiempo de la Válvula:	☒			_____	
				Anexo: Datos y gráfica	
Realizado por: <u>ERWIN CHAPARRO F</u>			Aprobado por: <u>WILLIAM ABRIL AVELLANEDA</u>		

REPORTE DE PRUEBA DE BOMBA			PTR N°:	
			FECHA:	13-Mar-08

CLIENTE		OIT:	
---------	--	------	--

FLUIDO:	20% BSW	MODELO:	24.40-1500	ELASTOMERO	NBRA
		ROTOR N°:	00820505	ROTOR TIPO	STD
TEMP MAX:	42°C	STATOR N°:	1930630407	DESPLAZAMIENTO	3,472 BFPD/RPM
TEMP MIN:	37°C	Presion Deseada	1200 Psi	Torque Disponible	1335 Lb.ft

SPEED (RPM)	PRES. PSI	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY OIL (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf. Ft)	VOL. EFF. (m)
300	0	0	61,0	1024,5	12,6	9,45	168,2	0,98
300	410	946	61,7	1012,9	20,7	15,52	276,3	0,97
300	750	1731	66,0	946,9	26,9	20,17	359,1	0,91
300	1235	2850	77,1	810,6	36,5	27,37	487,3	0,78
300	1660	3831	95,4	648,3	45,3	33,97	604,8	0,62

Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335	Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------	-------

SPEED (RPM)	PRES. PSI	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY OIL (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf. Ft)	VOL. EFF. (m)
200	0	0	61,4	678,6	9,5	7,12	126,8	0,98
200	395	912	62,0	672,0	16,7	12,52	222,9	0,97
200	780	1800	68,0	612,7	23,9	17,92	319,1	0,88
200	1160	2677	78,5	530,8	31,6	23,70	421,9	0,76
200	1645	3796	104,7	397,9	41,5	31,12	554,0	0,57

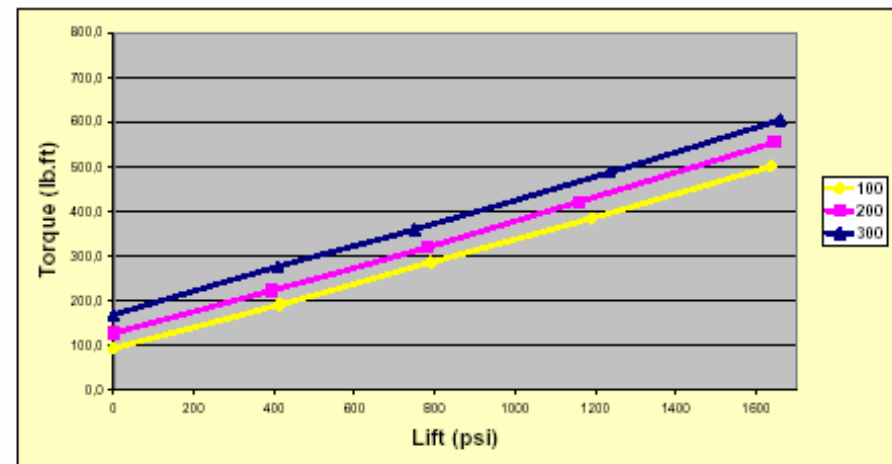
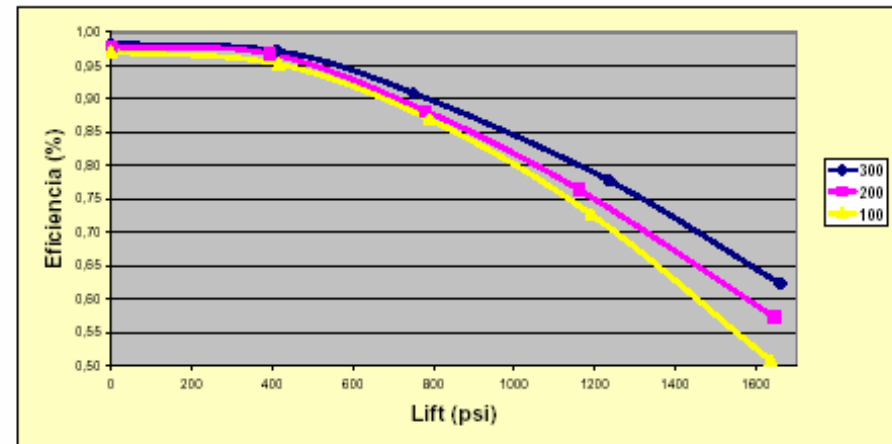
Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335	Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------	-------

SPEED (RPM)	PRES. PSI	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY OIL (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf. Ft)	VOL. EFF. (m)
100	0	0	61,8	337,1	7,0	5,25	93,5	0,97
100	415	958	63,0	330,7	14,3	10,72	190,9	0,95
100	790	1823	69,0	301,9	21,4	16,06	285,7	0,87
100	1190	2746	82,5	252,5	28,8	21,60	384,5	0,73
100	1635	3773	118,3	176,1	37,5	28,12	500,6	0,51

Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335	Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------	-------

Realizado por: ERWIN CHAPARRO F Aprobado por: WILLIAM ABRIL AVELLANEDA

Velocidad (RPM)	P. Lift (psi)	Efficiencia (%)	Torque (lbf. pie)
300	1200	0,78	487,28
200	1200	0,76	421,86
100	1200	0,73	384,48



REPORTE DE PRUEBA DE BOMBA		PTR N°:	
		FECHA:	12-Mar-05

CLIENTE		OIT:	
---------	--	------	--

FLUIDO:	40% BSW	MODELO:	24.40-1500	ELASTOMERO	NBRA
		ROTOR N° :	00820505	ROTOR TIPO	STD
TEMP MAX:	44°C	STATOR N° :	1930630407	DESPLAZAMIENTO	3,472 BFPD/RPM
TEMP MIN:	38°C	Presion Deseada	1200 Psi	Torque Disponible	1335 Lb.ft

SPEED [RPM]	PRES. PSI	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY Oil (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf. Ft)	VOL. EFF. [m]
300	0	0	62,0	1008,0	12,0	9,00	160,2	0,97
300	410	946	62,8	995,2	19,4	14,55	259,0	0,96
300	750	1731	66,2	944,0	26,0	19,50	347,1	0,91
300	1235	2850	74,8	835,5	35,2	26,39	469,9	0,80
300	1650	3831	87,0	718,3	44,1	33,07	588,7	0,69

Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335	Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------	-------

SPEED [RPM]	PRES. PSI	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY Oil (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf. Ft)	VOL. EFF. [m]
200	0	0	62,0	672,0	8,4	6,30	112,1	0,97
200	395	912	63,0	661,3	15,7	11,77	209,6	0,95
200	780	1800	67,2	620,0	22,3	16,72	297,7	0,89
200	1160	2677	75,7	550,4	29,8	22,35	397,8	0,79
200	1645	3796	94,3	441,8	39,6	29,69	528,7	0,64

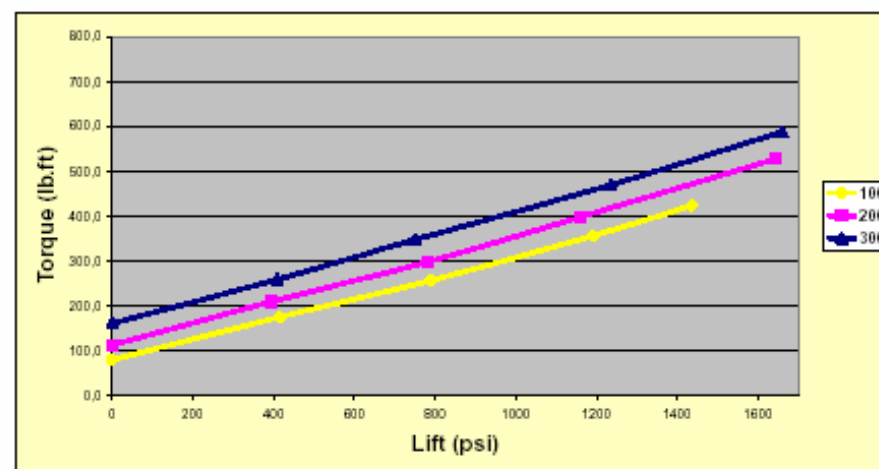
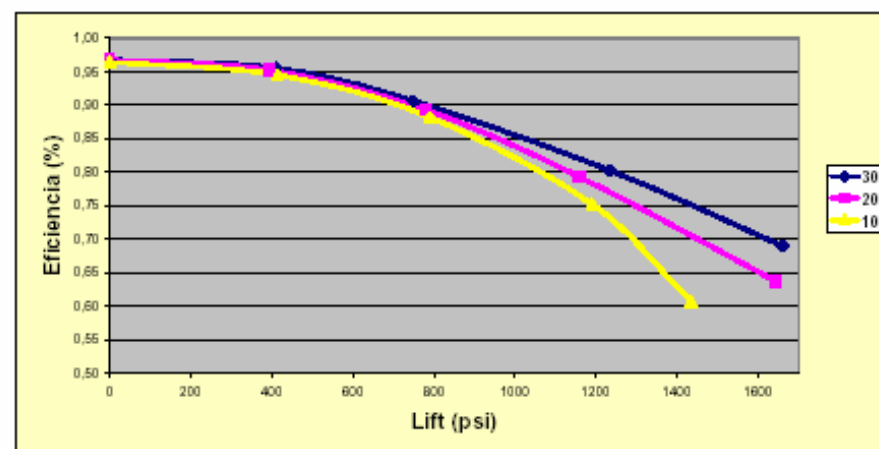
Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335	Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------	-------

SPEED [RPM]	PRES. PSI	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY Oil (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf. Ft)	VOL. EFF. [m]
100	0	0	62,2	334,9	6,0	4,50	80,1	0,96
100	415	958	63,5	328,1	13,1	9,82	174,9	0,94
100	790	1823	68,0	306,4	19,2	14,40	256,3	0,88
100	1190	2746	79,8	261,1	26,7	20,02	356,4	0,75
100	1435	3312	98,9	210,6	31,7	23,77	423,2	0,61

Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335	Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------	-------

Realizado por: ERWIN CHAPARRO F Aprobado por: WILLIAM ABRIL AVELLANEDA

Velocidad (RPM)	P. Lift (psi)	Eficiencia (%)	Torque (lbf.pie)
300	1200	0,80	469,92
200	1200	0,79	397,83
100	1200	0,75	356,45



REPORTE DE PRUEBA DE BOMBA			PTR N°:	
			FECHA:	11-Mar-05

CLIENTE		OIT:	
---------	--	------	--

FLUIDO:	60% BSW	MODELO:	24.40-1500	ELASTOMERO	NBRA
		ROTOR N°:	00820505	ROTOR TIPO	STD
TEMP MAX:	43°C	STATORN°:	1930630407	DESPLAZAMIENTO	3,472 BFPD/RPM
TEMP MIN:	38°C	Presion Deseada	1200 Psi	Torque Disponible	1335 Lb.ft

SPEED (RPM)	PRES. PSI	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY OIL (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf. Ft)	VOL. EFF. [%]
300	0	0	62,3	1003,1	11,4	8,55	152,2	0,96
300	410	946	63,0	992,0	18,6	13,96	248,3	0,95
300	750	1731	66,0	946,9	25,4	19,06	339,1	0,91
300	1235	2850	74,5	838,9	34,7	26,02	463,2	0,81
300	1660	3831	86,4	723,3	43,5	32,62	580,7	0,69

Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335 Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------------

SPEED (RPM)	PRES. PSI	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY OIL (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf. Ft)	VOL. EFF. [%]
200	0	0	62,4	667,7	8,0	6,00	106,8	0,96
200	395	912	63,5	656,1	15,3	11,47	204,3	0,94
200	780	1800	67,2	620,0	21,7	16,27	289,7	0,89
200	1160	2677	74,8	557,0	29,0	21,75	387,2	0,80
200	1645	3796	89,7	464,5	38,9	29,17	519,3	0,67

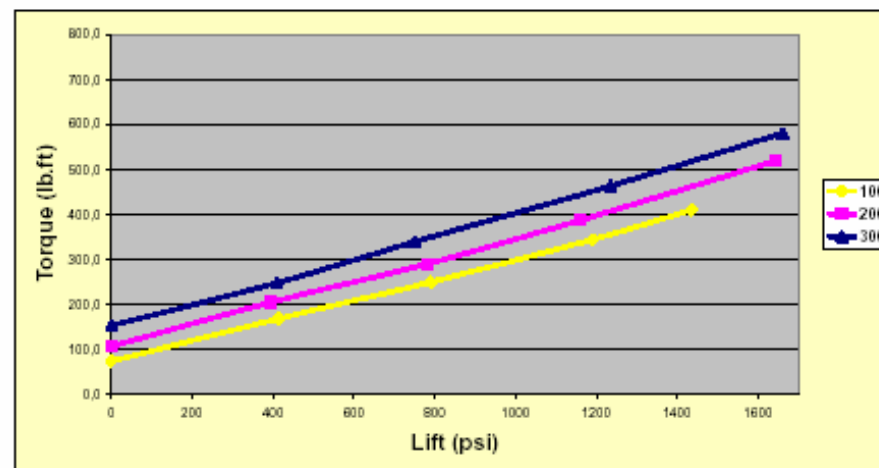
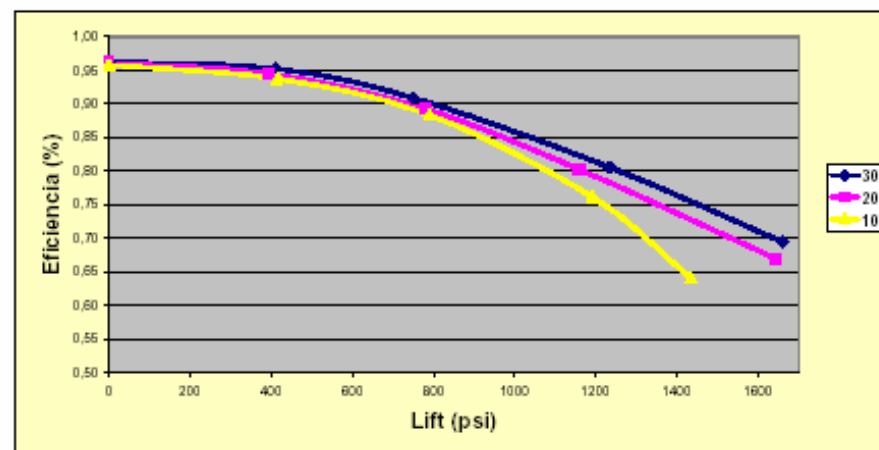
Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335 Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------------

SPEED (RPM)	PRES. PSI	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY OIL (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf. Ft)	VOL. EFF. [%]
100	0	0	62,6	332,8	5,5	4,12	73,4	0,96
100	415	958	64,0	325,5	12,6	9,45	168,2	0,94
100	790	1823	67,9	306,8	18,7	14,02	249,6	0,88
100	1190	2746	78,8	264,4	25,8	19,35	344,4	0,76
100	1435	3312	93,7	222,3	30,7	23,02	409,8	0,64

Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335 Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------------

Realizado por: ERWIN CHAPARRO F Aprobado por: WILLIAM ABRIL AVELLANEDA

Velocidad (RPM)	P. Lift (psi)	Eficiencia (%)	Torque (lbf. pie)
300	1200	0,81	463,25
200	1200	0,80	387,15
100	1200	0,76	344,43



REPORTE DE PRUEBA DE BOMBA	PTR N°:	
	FECHA:	10-Mar-08

CLIENTE		OIT:	
---------	--	------	--

FLUIDO:	80% BSW	MODELO:	24.40-1500	ELASTOMERO	NBRA
		ROTOR N°:	00820505	ROTOR TIPO	STD
TEMP MAX:	44°C	STATOR N°:	1930630407	DESPLAZAMIENTO	3,472 BFPD/RPM
TEMP MIN:	37°C	Presion Deseada	1200 Psi	Torque Disponible	1335 Lb.ft

SPEED [RPM]	PRES. PSI	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY OIL (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf. Ft)	VOL. EFF. [m]
300	0	0	62,7	996,7	10,7	8,02	142,8	0,96
300	410	946	63,2	988,9	18,0	13,50	240,3	0,95
300	750	1731	65,7	961,2	25,1	18,82	335,1	0,91
300	1235	2850	70,6	885,2	34,2	25,66	456,6	0,85
300	1660	3831	79,7	784,1	42,7	32,02	570,0	0,75

Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335 Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------------

SPEED [RPM]	PRES. PSI	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY OIL (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf. Ft)	VOL. EFF. [m]
200	0	0	62,9	662,4	7,3	5,47	97,5	0,95
200	395	912	63,8	653,0	14,4	10,80	192,2	0,94
200	780	1800	66,8	623,7	21,9	16,42	292,4	0,90
200	1160	2677	73,0	570,7	28,7	21,52	383,1	0,82
200	1645	3796	84,3	494,2	37,5	28,12	500,6	0,71

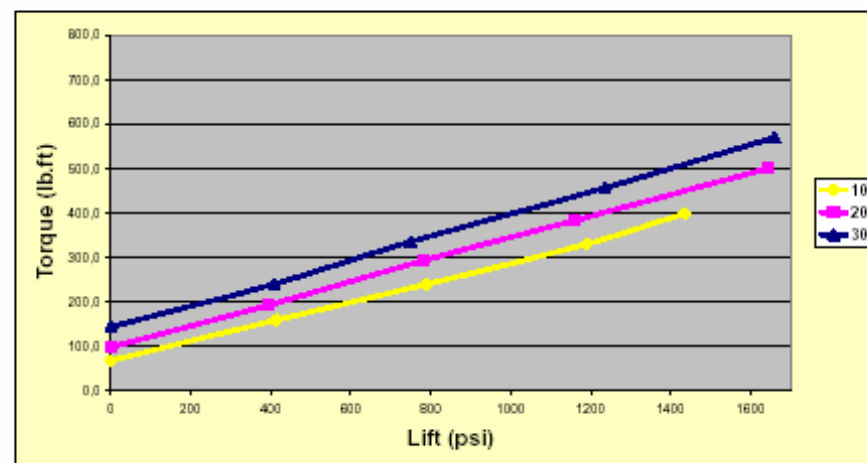
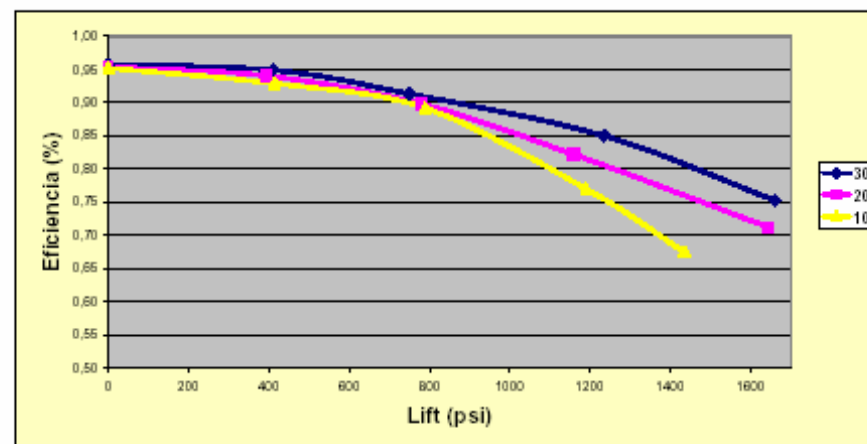
Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335 Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------------

SPEED [RPM]	PRES. PSI	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY OIL (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf. Ft)	VOL. EFF. [m]
100	0	0	63,0	330,7	5,0	3,75	66,8	0,95
100	415	958	64,6	322,5	11,9	8,92	158,9	0,93
100	790	1823	67,3	309,5	17,9	13,42	239,0	0,89
100	1190	2746	77,9	267,4	24,7	18,52	329,7	0,77
100	1435	3312	88,9	234,3	29,9	22,42	399,2	0,67

Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335 Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------------

Realizado por: ERWIN CHAPARRO F Aprobado por: WILLIAM ABRIL AVELLANEDA

Velocidad (RPM)	P. Lift (psi)	Eficiencia (%)	Torque (lbf.pie)
300	1200	0,85	456,57
200	1200	0,82	383,15
100	1200	0,77	329,75



REPORTE DE PRUEBA DE BOMBA			PTR N°:	
			FECHA:	10-Mar-05

CLIENTE		OIT:	
---------	--	------	--

FLUIDO:	100% BSW	MODELO:	24.40-1500	ELASTOMERO	NBRA
		ROTOR N° :	00820505	ROTOR TIPO	STD
TEMP MAX:	44°C	STATOR N° :	1930630407	DESPLAZAMIENTO	3,472 BFPD/RPM
TEMP MIN:	37°C	Presion Deseada	1200 Psi	Torque Disponible	1335 Lb.ft

SPEED [RPM]	PRES. PSI	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY OIL (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf. Ft)	VOL. EFF. [m]
300	0	0	63,2	988,9	10,2	7,65	136,2	0,95
300	410	946	63,8	979,6	17,7	13,27	236,3	0,94
300	750	1731	65,1	960,0	24,5	18,37	327,1	0,92
300	1235	2850	68,9	907,1	33,5	25,12	447,2	0,87
300	1660	3831	74,3	841,1	41,9	31,42	559,4	0,81

Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335 Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------------

SPEED [RPM]	PRES. PSI	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY OIL (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf. Ft)	VOL. EFF. [m]
200	0	0	63,3	658,2	7,0	5,25	93,5	0,95
200	395	912	64,1	650,0	14,0	10,50	186,9	0,94
200	780	1800	66,0	631,3	21,5	16,12	287,0	0,91
200	1160	2677	71,0	586,8	28,2	21,15	376,5	0,85
200	1645	3796	79,3	525,4	36,9	27,67	492,6	0,76

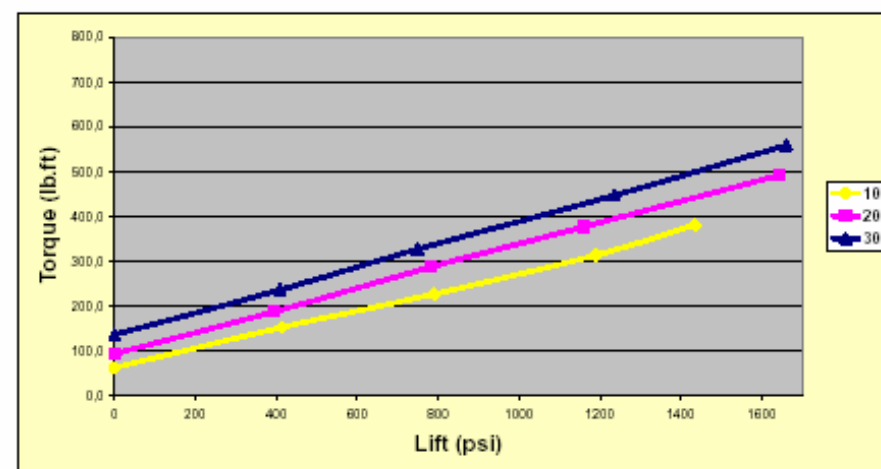
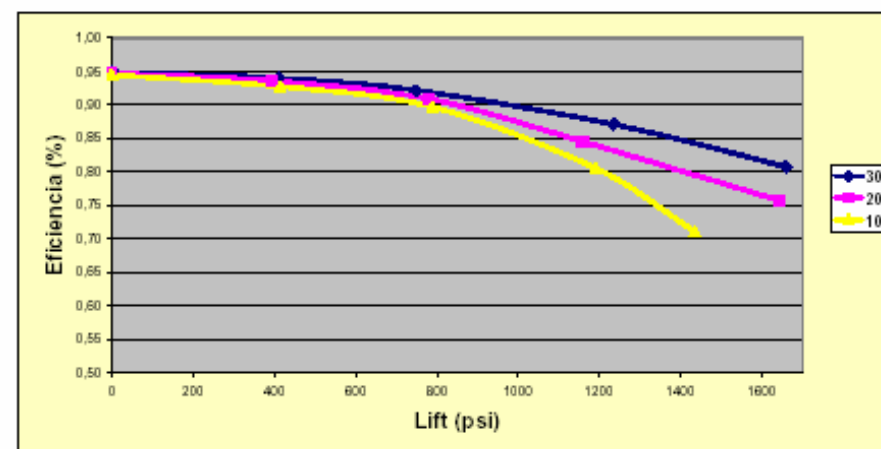
Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335 Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------------

SPEED [RPM]	PRES. PSI	Lift (ft)	Tiempo (s)	CAPACITY OIL (b/d)	TORQUE (%)	POWER Kw	TORQUE (lbf. Ft)	VOL. EFF. [m]
100	0	0	63,5	328,1	4,7	3,52	62,7	0,94
100	415	958	64,7	322,0	11,4	8,55	152,2	0,93
100	790	1823	66,9	311,4	17,0	12,75	227,0	0,90
100	1190	2746	74,5	279,6	23,5	17,62	313,7	0,81
100	1435	3312	84,4	246,8	28,6	21,45	381,8	0,71

Shut Off:		psi	Torque Disponible	1335 Lb.ft
-----------	--	-----	-------------------	------------

Realizado por:	ERWIN CHAPARRO F	Aprobado por:	WILLIAM ABRIL AVELLANEDA
----------------	------------------	---------------	--------------------------

Velocidad (RPM)	P. Lift (psi)	Eficiencia (%)	Torque (lbf. psi)
300	1200	0,87	447,23
200	1200	0,85	376,47
100	1200	0,81	313,73



ANEXO E. PRUEBA DE PRODUCCION POZOS DE VALIDACION.

POZO	FECHA	BFPD	BOPD	BWPD	BSW	API	GAS	GOR	CHP	THP	RPM	TORQUE	HP	SUPER	BOMBA	CLS/RPM	EFICIENCIA
POZO-49	28/10/2007	685	285	403	53,0	27,2	36	162	6	12	200,0	42,0	2044	1,056	24-40-1500	3,33	95,38
POZO-49	03/11/2007	685	262	408	60,6	27,1	30	113	8	48	220,0	48,0	2388	562	24-40-1500	3,33	90,77
POZO-49	20/11/2007	728	310	419	57,1	27,1	22	82	3	36	240,0	57,0	2826	274	24-40-1500	3,33	90,53
POZO-49	04/12/2007	677	313	364	53,6	27,2	23	91	8	27	250,0	54,0	2869	231	24-40-1500	3,33	81,32
POZO-49	16/12/2007	672	288	374	55,7	27,1	36	196	6	30	240,0	53,0	3076	24	24-40-1500	3,33	84,35
POZO-49	21/12/2007	642	322	389	49,6	27,3	27	103	7	38	240,0	53,0	3100	0	24-40-1500	3,33	80,28
POZO-49	12/01/2008	687	354	379	48,5	27,3	33	190	3	40	260,0	54,0	3062	38	24-40-1500	3,33	79,30

POZO	FECHA	BFPD	BOPD	BWPD	BSW	API	GAS	GOR	CHP	THP	RPM	TORQUE	HP	SUPER	BOMBA	CLS/RPM	EFICIENCIA
POZO-61	02/02/2007	425	435	0	0,1	27,4	197	464	11	43	193	60	2375	199	24-40-1500	3,33	66,20
POZO-61	14/02/2007	417	417	0	0,1	27,4	191	438	7	93	193	60	2335	99	24-40-1500	3,33	64,95
POZO-61	27/02/2007	419	418	1	0,2	27,3	179	428	7	90	180	62	2320	34	24-40-1500	3,33	68,88
POZO-61	08/03/2007	417	416	1	0,2	27,3	174	418	7	90	180	62	2309	63	24-40-1500	3,33	68,54
POZO-61	08/04/2007	501	476	25	3,0	27,6	179	376	7	100	180	58	2314	127	24-40-1500	3,33	83,59
POZO-61	11/05/2007	496	463	35	7,0	27,7	193	417	6	42	190,0	60,0	2809	32	24-40-1500	3,33	78,69
POZO-61	26/05/2007	497	499	38	7,6	27,7	195	423	9	48	190,0	60,0	2785	35	24-40-1500	3,33	76,47
POZO-61	04/06/2007	487	483	34	7,0	27,7	192	424	8	40	190,0	60,0	2799	42	24-40-1500	3,33	76,99
POZO-61	30/06/2007	486	412	46	10,0	27,3	215	322	6	15	190,0	59,0	2821	20	24-40-1500	3,33	76,39
POZO-61	18/06/2007	462	411	51	11,0	27,3	217	328	3	18	190,0	59,0	2835	6	24-40-1500	3,33	77,05
POZO-61	09/07/2007	446	401	45	10,0	27,3	193	481	3	68	190,0	59,0	2826	15	24-40-1500	3,33	74,33
POZO-61	11/08/2007	491	371	60	14,0	27,3	182	491	6	100	190,0	61,0	2813	28	24-40-1500	3,33	71,96
POZO-61	02/09/2007	430	340	80	19,0	27,3	175	513	3	60	190,0	61,0	2793	61	24-40-1500	3,33	70,04
POZO-61	17/09/2007	426	347	76	17,9	27,3	159	433	8	90	190,0	61,0	2801	40	24-40-1500	3,33	70,53
POZO-61	02/10/2007	427	330	77	18,0	27,4	171	489	6	88	190,0	63,0	2795	46	24-40-1500	3,33	71,21
POZO-61	23/10/2007	422	338	84	20,0	27,6	175	518	56	68	190,0	61,0	2795	46	24-40-1500	3,33	70,48
POZO-61	09/11/2007	432	337	95	21,1	27,7	168	462	3	60	190,0	63,0	2791	90	24-40-1500	3,33	75,48
POZO-61	21/11/2007	434	333	91	21,4	27,7	154	462	3	46	190,0	61,0	2831	30	24-40-1500	3,33	70,69
POZO-61	09/12/2007	426	334	92	21,5	27,6	159	476	3	60	170,0	63,0	2823	18	24-40-1500	3,33	75,16
POZO-61	30/12/2007	487	382	108	21,5	27,6	148	380	7	73	180,0	61,0	2741	100	24-40-1500	3,33	61,35

POZO	FECHA	BFPD	BOPD	BWPD	BSW	API	GAS	GOR	CHP	THP	RPM	TORQUE	HP	SUPER	BOMBA	CLS/RPM	EFICIENCIA
POZO-62	06/07/2007	247	217	30	12,0	30,1	31	143	4	12	150,0	61,0	2690	14	24-40-1500	3,33	49,37
POZO-62	19/08/2007	242	214	26	11,6	30,9	26	131	3	38	150,0	66,0	2693	29	24-40-1500	3,33	48,46
POZO-62	19/08/2007	265	218	47	17,6	30,9	26	126	3	23	140,0	67,0	2843	101	24-40-1500	3,33	56,75
POZO-62	31/08/2007	309	247	62	20,0	30,9	26	113	3	48	140,0	66,0	2846	108	24-40-1500	3,33	66,24
POZO-62	12/09/2007	245	308	37	15,0	30,6	27	190	4	39	140,0	67,0	2814	30	24-40-1500	3,33	52,49
POZO-62	27/09/2007	294	362	42	18,1	30,7	26	133	3	33	140,0	66,0	2907	37	24-40-1500	3,33	50,29
POZO-62	07/10/2007	236	224	32	12,6	30,7	25	112	4	30	140,0	64,0	2623	21	24-40-1500	3,33	54,99
POZO-62	29/10/2007	231	220	31	12,3	30,7	23	103	2	31	140,0	67,0	2692	42	24-40-1500	3,33	53,80
POZO-62	11/11/2007	245	217	28	11,5	30,0	23	113	2	30	130,0	68,0	2841	103	24-40-1500	3,33	56,64
POZO-62	28/11/2007	247	215	34	13,6	30,0	27	127	4	42	130,0	68,0	2826	36	24-40-1500	3,33	57,08
POZO-62	08/12/2007	237	218	39	15,0	30,0	26	119	2	31	120,0	69,0	2832	62	24-40-1500	3,33	64,19
POZO-62	21/12/2007	369	311	58	21,4	31,0	33	166	3	42	120,0	72,0	2861	63	24-40-1500	3,33	67,21
POZO-62	07/01/2008	237	195	59	22,6	31,2	26	141	6	29	120,0	71,0	2833	61	24-40-1500	3,33	64,19

POZO	FECHA	BFPD	BOPD	BWPD	BSW	API	GAS	GOR	CHP	THP	RPM	TORQUE	HP	SUPER	BOMBA	CLS/RPM	EFICIENCIA
GUA-064	29/01/2007	741	301	440	59	27,0	24	80	7	46	274,0	64,0	2622	340	24-40-1500	3,33	81,23
GUA-064	07/02/2007	768	324	444	57,6	27,1	23	77	7	40	273,0	69,0	2349	813	24-40-1500	3,33	83,84
GUA-064	11/02/2007	816	333	483	59,2	27,1	27	81	7	37	290,0	69,0	2409	753	24-40-1500	3,33	84,48
GUA-064	20/02/2007	845	345	469	59,0	27,1	19	84	7	30	294,0	69,0	2346	816	24-40-1500	3,33	86,26
GUA-064	04/03/2007	881	340	541	61,4	27,2	26	76	6	30	300,0	64,0	2806	694	24-40-1500	3,33	88,18
GUA-064	07/03/2007	872	331	541	62,0	27,2	25	76	7	28	300,0	64,0	2626	534	24-40-1500	3,33	87,28
GUA-064	29/03/2007	797	311	486	61,0	27,2	41	182	7	38	310,0	72,0	2640	522	24-40-1500	3,33	77,22
GUA-064	26/03/2007	804	308	406	61,7	27,2	40	190	7	33	310,0	72,0	2633	529	24-40-1500	3,33	77,87
GUA-064	08/04/2007	816	306	530	62,5	27,3	38	127	6	33	300,0	74,0	2697	525	24-40-1500	3,33	81,67
GUA-064	14/04/2007	793	301	462	62,0	27,3	36	126	7	33	300,0	74,0	2697	525	24-40-1500	3,33	79,35
GUA-064	23/04/2007	832	386	564	66,2	27,3	41	142	6	30	300,0	73,0	2649	513	24-40-1500	3,33	85,27
GUA-064	29/04/2007	801	366	533	66,8	27,2	33	124	7	38	300,0	74,0	2691	261	24-40-1500	3,33	80,20
GUA-064	08/05/2007	774	299	513	66,5	27,2	33	133	7	33	300,0	74,0	3028	134	24-40-1500	3,33	77,46
GUA-064	18/05/2007	836	270	586	68,5	27,2	37	137	6	34	300,0	67,0	3041	68	24-40-1500	3,33	85,72
GUA-064	29/05/2007	768	261	507	66,0	27,2	39	149	7	42	300,0	67,0	2996	468	24-40-1500	3,33	76,90
GUA-064	11/06/2007	743	246	496	67,0	27,0	36	133	9	33	300,0	73,0	3023	141	24-40-1500	3,33	74,32
GUA-064	29/06/2007	712	285	477	67,0	27,0	40	170	9	23	300,0	76,0	3097	127	24-40-1500	3,33	71,28
GUA-064	02/08/2007	789	218	521	70,5	26,9	43	197	8	34	297,0	77,0	3143	21	24-40-1500	3,33	74,71

POZO	FECHA	BFPD	BOPD	BWPD	BSW	API	GAS	GOR	CHP	THP	RPM	TORQUE	HP	SUMER	BOMBA	ELS/RPM	EFICIENCIA
GUAA-064	18/08/2007	703	183	520	74,0	38,8	35	191	10	30	297,0	79,0	3136	8	24-40-1800	3,33	71,10
GUAA-064	17/09/2007	686	180	516	74,2	38,3	32	176	10	25	262,0	73,0	3136	6	24-40-1800	3,33	74,31
GUAA-064	30/09/2007	591	152	439	74,3	38,5	34	224	8	48	299,0	66,0	3136	6	24-40-1800	3,33	62,33
GUAA-064	16/09/2007	782	114	616	84,4	38,5	26	226	7	47	290,0	67,0	3162	2	24-40-1800	3,33	76,48
GUAA-064	30/08/2007	699	112	547	83,0	38,4	23	229	9	26	250,0	62,0	3162	62	24-40-1800	3,33	79,16
GUAA-064	11/10/2007	672	160	512	76,2	38,4	27	169	12	36	259,0	62,0	3142	22	24-40-1800	3,33	60,74
GUAA-064	22/10/2007	699	199	480	75,1	38,4	27	170	10	28	250,0	63,0	3142	22	24-40-1800	3,33	76,72
GUAA-064	16/11/2007	685	163	462	75,1	38,5	24	147	6	20	250,0	61,0	3145	9	24-40-1800	3,33	76,70
GUAA-064	26/11/2007	618	117	502	81,1	38,6	13	128	6	33	240,0	61,0	3087	69	24-40-1800	3,33	77,45
GUAA-064	06/12/2007	647	110	537	83,0	38,8	17	155	7	29	242,0	61,0	3134	18	24-40-1800	3,33	60,29
GUAA-064	20/12/2007	598	116	482	80,6	27,0	19	164	6	49	230,0	61,0	3145	7	24-40-1800	3,33	76,08
GUAA-064	07/01/2008	626	109	519	82,6	27,2	20	163	6	33	230,0	61,0	3108	44	24-40-1800	3,33	61,97
GUAA-064	20/01/2008	606	103	509	83,0	27,2	18	175		41	230,0	62,0	3145	7	24-40-1800	3,33	79,17

POZO	FECHA	BFPD	BOPD	BWPD	BSW	API	GAS	GOR	CHP	THP	RPM	TORQUE	HP	SUMER	BOMBA	ELS/RPM	EFICIENCIA
POZO-89	06/08/2007	102	2	103	98,0	36,2	12	600	2	42	240,0	51,0	2788	524	24-40-1800	3,33	12,70
POZO-89	17/09/2007	235	5	248	98,0	36,2	11	220	3	33	145,0	56,0	2702	609	24-40-1800	3,33	52,38
POZO-89	16/09/2007	516	82	434	84,7	36,0	13	139	6	48	250,0	53,0	2619	392	24-40-1800	3,33	64,36
POZO-89	25/09/2007	500	156	344	68,6	36,2	18	115	5	46	250,0	50,0	3002	219	24-40-1800	3,33	60,06
POZO-89	04/09/2007	344	126	418	76,9	36,2	18	143	3	41	250,0	56,0	2671	240	24-40-1800	3,33	65,39
POZO-89	15/09/2007	502	124	378	75,3	36,1	18	143	7	43	270,0	64,0	3285	23	24-40-1800	3,33	55,83
POZO-89	09/07/2007	493	146	348	70,0	36,0	16	108	6	55	270,0	60,0	3299	21	24-40-1800	3,33	54,87
POZO-89	11/08/2007	472	142	330	69,9	36,0	29	204	8	61	270,0	62,0	3208	12	24-40-1800	3,33	52,54
POZO-89	30/08/2007	394	124	270	68,6	36,0	43	247	8	57	270,0	64,0	3316	4	24-40-1800	3,33	43,85
POZO-89	08/09/2007	381	128	253	66,4	36,1	39	203	7	53	270,0	61,0	3318	2	24-40-1800	3,33	42,42
POZO-89	16/09/2007	411	132	279	67,9	36,2	33	417	7	30	250,0	50,0	3314	6	24-40-1800	3,33	49,40
POZO-89	08/10/2007	425	136	289	68,0	36,0	46	353	6	89	240,0	51,0	3339	11	24-40-1800	3,33	53,16
POZO-89	16/10/2007	364	138	226	62,9	36,0	46	236	7	34	220,0	53,0	3247	19	24-40-1800	3,33	49,67
POZO-89	09/11/2007	393	166	227	57,6	36,1	44	263	5	40	220,0	53,0	3315	5	24-40-1800	3,33	53,70
POZO-89	22/11/2007	425	161	264	55,1	36,1	71	322	7	30	220,0	52,0	3286	22	24-40-1800	3,33	56,01
POZO-89	16/12/2007	398	172	226	56,6	36,1	17	99	7	47	220,0	12,0	0	0	24-40-1800	3,33	54,35
POZO-89	26/12/2007	341	126	215	62,5	36,1	17	133	7	69	210,0	53,0	3243	17	24-40-1800	3,33	46,81
POZO-89	18/01/2008	371	141	230	62,0	36,1	19	133	8	30	210,0	50,0	3267	33	24-40-1800	3,33	53,05

POZO	FECHA	BFPD	BOPD	BWPD	BSW	API	GAS	GOR	CHP	THP	RPM	TORQUE	HP	SUMER	BOMBA	ELS/RPM	EFICIENCIA
POZO-113	14/08/2007	330	144	176	55,0	23,9	18	129	6	110	205,0	46,0	2614	66	24-40-1800	3,33	46,88
POZO-113	30/08/2007	323	145	178	55,1	23,9	17	117	8	30	205,0	43,0	2693	377	24-40-1800	3,33	47,26
POZO-113	11/09/2007	340	162	178	70,0	23,8	17	103	9	47	250,0	49,0	2687	123	24-40-1800	3,33	64,88
POZO-113	28/09/2007	345	189	154	65,2	27,7	17	90	6	53	250,0	46,0	2680	130	24-40-1800	3,33	65,23
POZO-113	17/10/2007	662	184	508	73,4	27,7	16	87	7	70	250,0	49,0	2625	185	24-40-1800	3,33	53,08
POZO-113	24/10/2007	611	171	440	72,0	23,4	18	103	5	72	250,0	49,0	2615	65	24-40-1800	3,33	73,39
POZO-113	10/11/2007	384	175	469	70,0	27,7	20	114	8	78	240,0	46,0	2684	126	24-40-1800	3,33	73,01
POZO-113	25/11/2007	602	195	407	67,6	27,3	20	103	6	78	240,0	46,0	2642	168	24-40-1800	3,33	75,30
POZO-113	02/12/2007	570	185	385	67,6	26,6	17	92	10	70	240,0	41,0	2482	578	24-40-1800	3,33	71,36
POZO-113	16/12/2007	507	186	319	62,9	27,6	17	90	9	83	240,0	46,0	2482	578	24-40-1800	3,33	63,38
POZO-113	06/01/2008	587	166	419	71,4	27,3	13	77	7	130	260,0	41,0	2270	740	24-40-1800	3,33	67,74

POZO	FECHA	BFPD	BOPD	BWPD	BSW	API	GAS	GOR	CHP	THP	RPM	TORQUE	HP	SUMER	BOMBA	ELS/RPM	EFICIENCIA
POZO-114	18/08/2007	576	432	124	21,5	29,0	24	53	3	40	220,0	64,0	3007	28	22-40-2500	5,53	47,35
POZO-114	19/08/2007	629	534	75	12,0	21,6	46	87	3	30	220,0	64,0	2672	69	22-40-2500	5,53	51,74
POZO-114	17/08/2007	624	497	127	20,3	21,7	50	101	3	40	200,0	63,0	2692	49	22-40-2500	5,53	56,38
POZO-114	21/08/2007	626	490	138	22,0	21,9	52	106	4	20	200,0	63,0	2666	69	22-40-2500	5,53	56,80
POZO-114	21/08/2007	596	464	124	22,4	21,9	47	101	6	39	200,0	63,0	3019	16	22-40-2500	5,53	54,07
POZO-114	09/09/2007	603	444	139	26,3	21,6	43	101	3	33	200,0	62,0	3019	16	22-40-2500	5,53	54,48
POZO-114	22/08/2007	603	397	206	34,2	21,6	53	139	3	13	180,0	62,0	2675	60	22-40-2500	5,53	60,61
POZO-114	06/10/2007	348	360	186	34,0	21,6	56	161	3	30	180,0	63,0	2674	61	22-40-2500	5,53	54,82
POZO-114	22/10/2007	566	365	201	35,5	21,9	61	167	3	20	170,0	63,0	2674	61	22-40-2500	5,53	60,20
POZO-114	19/11/2007	667	410	257	36,5	29,0	63	154	3	20	170,0	63,0	2677	36	22-40-2500	5,53	70,92
POZO-114	30/11/2007	380	403	177	30,5	29,0	63	136	4	40	170,0	64,0	3009	26	22-40-2500	5,53	61,65
POZO-114	11/12/2007	381	404	177	30,5	29,0	40	98	4	43	170,0	64,0	2682	33	22-40-2500	5,53	61,81
POZO-114	29/12/2007	399	391	168	30,0	29,1	43	110	2	30	170,0	63,0	2687	46	22-40-2500	5,53	59,41
POZO-114	18/01/2008	610	335	283	41,6	29,0	20	56	3	40	160,0	64,0	3085	0	22-40-2500	5,53	66,99

POZO	FECHA	BFPD	BOPD	BWPD	BSW	API	GAS	GOR	GHP	THP	RPM	TORQUE	HP	SUMER	BOMBA	ELS/RPM	EFICIENCIA
POZO 136	14/08/2007	327	435	74	14,0	30,0	2	4	3	2	180,0	36,0	2074	772	2440-1300	3,47%	84,14
POZO 136	15/08/2007	336	475	81	14,5	30,0	23	48	3	20	180,0	36,0	2482	414	2440-1300	3,47%	88,74
POZO 136	17/08/2007	600	310	90	15,0	30,0	28	40	4	22	220,0	36,0	2788	78	2440-1300	3,47%	78,41
POZO 136	29/08/2007	534	471	83	15,0	30,0	32	68	3	22	220,0	36,0	2994	252	2440-1300	3,47%	72,42
POZO 136	29/08/2007	567	499	88	15,0	30,0	32	64	3	22	220,0	36,0	2796	90	2440-1300	3,47%	76,72
POZO 136	20/07/2007	609	499	110	18,0	30,3	42	84	4	20	220,0	37,0	2732	64	2440-1300	3,47%	79,53
POZO 136	14/08/2007	508	499	89	13,6	30,6	30	68	6	60	220,0	37,0	2833	73	2440-1300	3,47%	86,40
POZO 136	19/08/2007	448	380	68	15,2	30,3	27	71	4	30	220,0	36,0	2813	73	2440-1300	3,47%	88,56
POZO 136	21/08/2007	388	315	51	14,0	30,3	28	70	3	18	180,0	36,0	2838	18	2440-1300	3,47%	85,43
POZO 136	21/08/2007	398	342	56	14,0	30,3	25	73	4	22	180,0	36,0	2844	14	2440-1300	3,47%	80,70
POZO 136	19/08/2007	406	345	61	15,0	30,7	31	90	3	20	180,0	37,0	2868	30	2440-1300	3,47%	81,41
POZO 136	28/08/2007	472	374	68	20,7	30,3	30	80	3	23	170,0	33,0	2709	130	2440-1300	3,47%	79,77
POZO 136	11/10/2007	542	397	143	26,8	30,3	32	83	3	23	170,0	33,0	2647	201	2440-1300	3,47%	91,67
POZO 136	26/10/2007	485	359	126	26,0	30,3	37	103	3	23	180,0	37,0	2842	6	2440-1300	3,47%	77,51
POZO 136	28/10/2007	300	370	130	26,0	30,3	32	86	2	23	180,0	36,0	2812	236	2440-1300	3,47%	79,87
POZO 136	19/11/2007	575	418	133	27,0	30,6	37	80	3	13	180,0	33,0	2585	263	2440-1300	3,47%	86,67
POZO 136	19/11/2007	519	361	158	30,4	30,6	37	102	6	20	200,0	36,0	2891	17	2440-1300	3,47%	74,80
POZO 136	01/12/2007	513	362	131	29,5	30,6	37	102	3	23	180,0	37,0	2805	43	2440-1300	3,47%	77,68
POZO 136	08/12/2007	529	385	164	31,0	30,3	43	118	2	20	180,0	36,0	2811	77	2440-1300	3,47%	80,04
POZO 136	08/12/2007	540	370	170	31,5	30,3	59	139	4	18	180,0	40,0	2725	123	2440-1300	3,47%	81,75
POZO 136	21/12/2007	536	331	183	34,5	30,3	59	168	2	21	180,0	64,0	2813	23	2440-1300	3,47%	81,07
POZO 136	08/01/2008	580	367	219	36,7	30,7	53	130	4	23	180,0	36,0	2644	154	2440-1300	3,47%	87,70

POZO	FECHA	BFPD	BOPD	BWPD	BSW	API	GAS	GOR	GHP	THP	RPM	TORQUE	HP	SUMER	BOMBA	ELS/RPM	EFICIENCIA
POZO 137	27/10/2007	263	85	148	63,5	23,2	0	0	4	9	100,0	47,0	2781	282	2440-1300	3,47%	66,96
POZO 137	28/10/2007	85	63	22	26,2	23,2	3	48	8	4	130,0	51,0	2002	161	2440-1300	3,47%	16,89
POZO 137	29/10/2007	71	60	13	18,2	23,2	3	50	6	4	80,0	50,0	3010	53	2440-1300	3,47%	23,44
POZO 137	09/11/2007	89	72	17	18,5	24,3	11	133	7	70	80,0	52,0	3000	43	2440-1300	3,47%	32,14
POZO 137	18/11/2007	74	62	12	16,8	24,3	12	194	7	105	80,0	52,0	3090	33	2440-1300	3,47%	26,77
POZO 137	27/11/2007	61	54	7	12,0	24,7	11	204	8	70	80,0	58,0	3036	57	2440-1300	3,47%	22,06
POZO 137	11/12/2007	57	50	7	12,0	24,7	14	280	7	73	80,0	53,0	3037	6	2440-1300	3,47%	20,43
POZO 137	26/12/2007	53	48	3	8,6	24,6	101	2104	9	70	80,0	54,0	3033	30	2440-1300	3,47%	19,08
POZO 137	16/01/2008	59	53	6	9,4	24,6	87	1830	6	67	80,0	56,0	3000	63	2440-1300	3,47%	21,03

POZO	FECHA	BFPD	BOPD	BWPD	BSW	API	GAS	GOR	GHP	THP	RPM	TORQUE	HP	SUMER	BOMBA	ELS/RPM	EFICIENCIA
POZO 143	01/10/2007	493	338	133	27,4	20,6	0	0		4	180,0	34,0	2344	564	2440-1300	3,47%	88,57
POZO 143	02/10/2007	619	300	119	18,2	20,0	26	52	8	4	180,0	32,0	2238	530	2440-1300	3,47%	90,80
POZO 143	09/10/2007	711	626	85	12,0	20,6	48	77	8	4	220,0	32,0	2363	445	2440-1300	3,47%	92,97
POZO 143	08/10/2007	737	641	95	13,0	20,6	46	72	4	42	220,0	33,0	2336	250	2440-1300	3,47%	96,28
POZO 143	19/10/2007	737	682	75	9,0	20,6	40	72	7	70	235,0	33,0	2691	117	2440-1300	3,47%	92,62
POZO 143	01/11/2007	638	617	39	3,0	20,6	74	130	3	40	250,0	34,0	2691	117	2440-1300	3,47%	75,45
POZO 143	18/11/2007	610	374	36	6,0	20,6	73	131	7	30	250,0	30,0	2801	7	2440-1300	3,47%	70,20
POZO 143	23/11/2007	549	316	33	6,0	20,6	57	110	6	41	230,0	34,0	2772	26	2440-1300	3,47%	68,62
POZO 143	09/12/2007	543	310	33	6,0	20,6	63	127	3	26	230,0	33,0	2804	4	2440-1300	3,47%	67,82
POZO 143	22/12/2007	531	312	39	7,0	20,3	64	123	7	40	220,0	36,0	2785	20	2440-1300	3,47%	71,95
POZO 143	19/01/2008	536	499	39	7,2	20,3	64	126	3	30	220,0	33,0	2801	7	2440-1300	3,47%	70,27