

UNIDADES DE BOMBEO CON CARRERA LARGA MEJORAN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA EXTRACCIÓN

Autor: Ing. Angel Mauricio Antonioli

Empresa: Weatherford International de Argentina

Temario: Ingeniería y Operaciones de Producción (Uso Racional de la Energía)

Curriculum Vitae:

DNI: 23.547184

Egresado de la Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Mendoza

Título: Ingeniero en Electrónica. Graduado en 2001.

Edad: 32 años.

Ingeniero de Aplicaciones y Servicio Técnico de Weatherford International de Argentina, desde 2002 a la fecha.

Jefe de la Unidad de Negocios Plaza Huincul, Neuquén.

Teléfono: 0299 4967675

e-mail: angel.antonioli@weatherford.com

Sinopsis

La presentación está basada en el estudio de las eficiencias energéticas globales de los distintos sistemas de extracción, y busca demostrar el mayor rendimiento de las Unidades de Bombeo de Carrera Larga.

Para el trabajo, se midieron parámetros eléctricos de pozos de distintos yacimientos de las cuencas más importantes del país. Se compararon en cada yacimiento pozos operados con Unidades de Bombeo de Carrera Larga, Unidades de Bombeo convencionales, Bombeo Electro Sumergible y de Cavidades Progresivas. Se incluirá en la presentación una breve descripción de las condiciones operativas y de las instalaciones de producción.

Como conclusión se compararán las eficiencias energéticas de los distintos sistemas de extracción. Se mostrarán también otros indicadores de performance, como índices de intervenciones, indicadores de producción, etc.

Introducción

La creciente expansión de la demanda energética que enfrenta nuestro país obliga a hacer un uso racional de la misma, para poder acompañar al crecimiento industrial.

Esto se suma a que si eventualmente se nivelaran los costos de la energía con el precio internacional, los costos de extracción se verán también sumamente afectados, siendo necesario planificar para mantenerlos dentro de niveles que permitan una extracción rentable, máxime en zonas marginales. El 70 % de los pozos con Sistemas de Extracción Artificial en la Argentina son operados mediante el sistema de Bombeo Mecánico. Estudiaremos el rendimiento energético de los aparatos de Bombeo de Carrera Larga, que por sus características mecánicas facilitan una operación más eficiente.

Desarrollo

Las unidades Rotaflex tienen una carrera de 288 y 306 pulgadas (7315 y 7772 milímetros). Esta carrera más larga permite que se trabaje a menores regímenes. Esto redundará en una mayor vida útil de la instalación, especialmente la tubería de producción y las varillas de bombeo, sometidas a cargas cíclicas y por ende a roturas por fatiga.

El mecanismo de inversión de la dirección de las carreras trabaja a través de una cadena que está impulsada por la caja reductora a través de una corona. El diámetro de esta corona es de 457 milímetros (18 pulgadas), permitiendo esto que se pueda trabajar con cajas reductoras de menor capacidad que un aparato convencional de prestaciones similares.

En la figura 1 puede verse un esquema del mecanismo de inversión.

Solidario a uno de los eslabones de la cadena está conectado un carro que transmite a la cadena el peso de la caja de contrapesos. A la caja de contrapesos está unida la banda flexible que transmite la fuerza al vástago mediante un estrobo. El sistema de contrapesos es tal que permite un fácil y preciso contrapesado. La cadena viaja a una velocidad relativamente constante, mientras que hay un cambio de velocidad al llegar este carro al límite de las carreras ascendente y descendente.

El torque que debe transmitir la caja reductora es prácticamente constante a lo largo de la mayoría de las carreras ascendente y descendente, contrariamente al torque de un aparato convencional, en el que el torque tiene una forma aproximadamente senoidal.

Al ser el torque constante, la carga sobre la reductora es también constante, y no se necesita sobredimensionar la reductora, sino que se dimensiona de modo de que la misma tenga siempre la carga óptima. Lo mismo ocurre al dimensionar el motor. También el torque constante tiene la ventaja de que si la unidad está correctamente balanceada la regeneración eléctrica es mínima comparada con la de una unidad convencional, aumentando de esta forma la eficiencia.

En la figura 2 puede observarse un diagrama típico de eficiencia del aparato de bombeo versus carga en la reductora. Se ve que la eficiencia de la misma crece a medida que la carga se aproxima a la carga plena de la reductora.

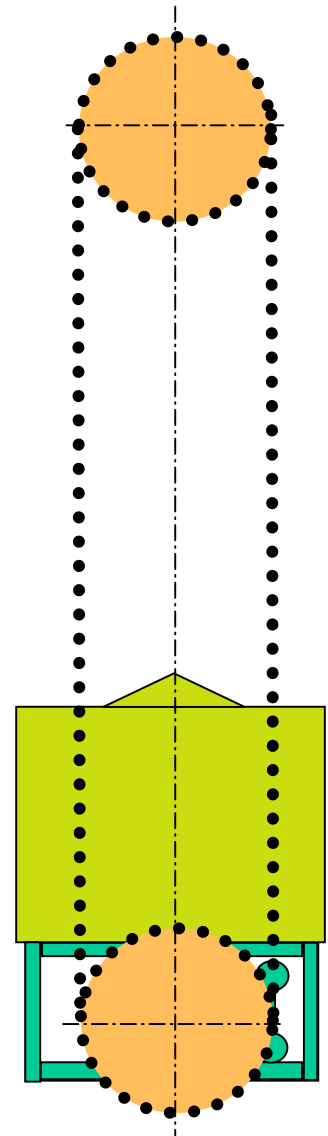
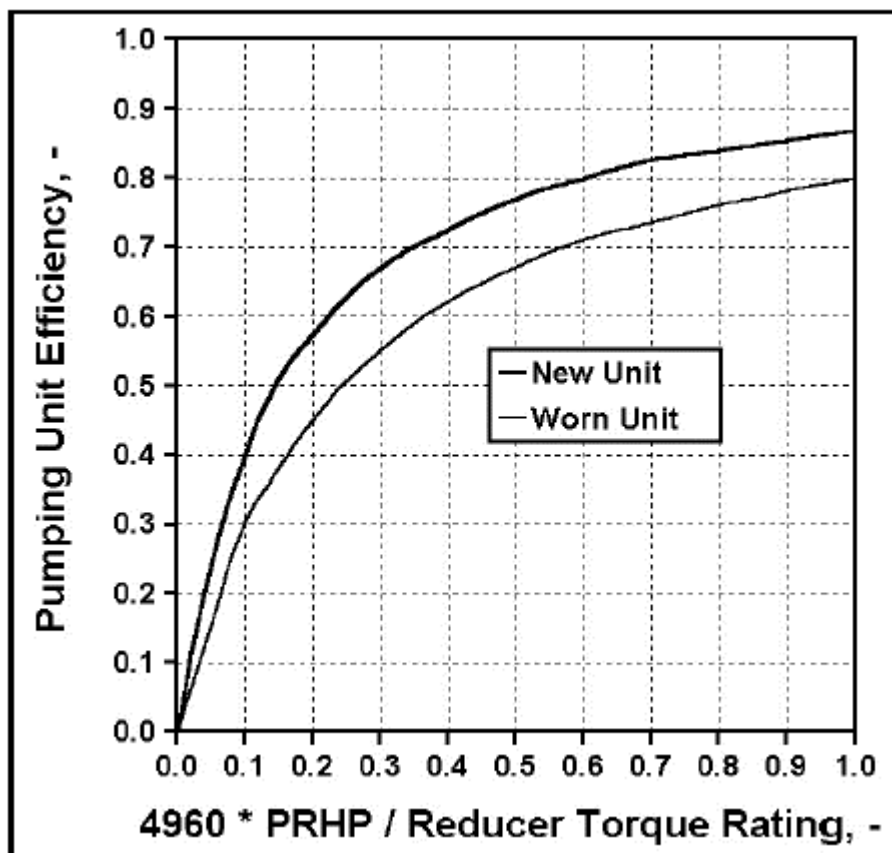


Figura 1

Figura 2. Eficiencia de la Unidad de Bombeo vs Torque en Reductora (Gipson & Swaim)



Al estar el torque la mayoría del tiempo en la zona de máxima eficiencia, se maximiza la eficiencia del aparato.

Los motores eléctricos son también más eficientes cuando se trabaja en la zona de plena carga, y la eficiencia disminuye a medida que baja la carga. La mayoría de los motores presentan su máxima eficiencia cuando trabajan entre un 75 y un 110% de su carga nominal. La razón por la que el Rotaflex es más eficiente es porque se puede dimensionar el motor de modo de que trabaje en una zona próxima a la plena carga un gran porcentaje del tiempo, siempre que la unidad esté correctamente balanceada. Las figuras 3 y 4 muestran la eficiencia y el factor de potencia de un motor de inducción en función de la carga nominal.

Figura 3. Eficiencia vs % de Carga Nominal

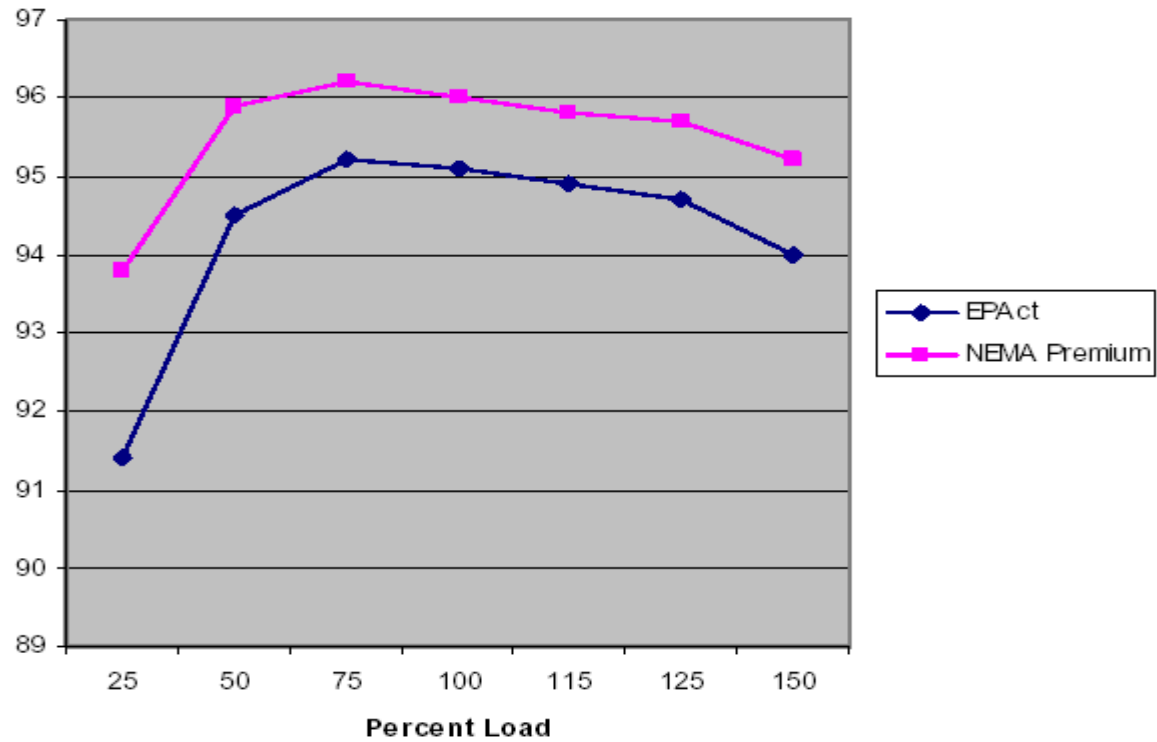
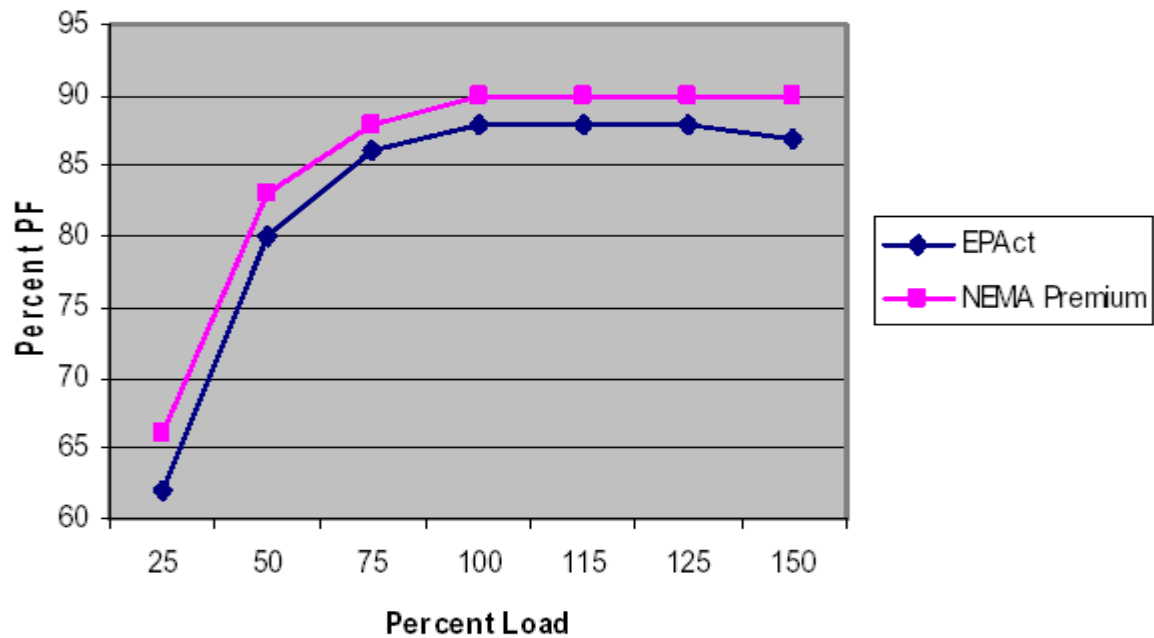


Figura 4. Factor Potencia vs % de Carga Nominal



Para este trabajo se realizaron mediciones de potencia hidráulica y potencia eléctrica en pozos operados con distintos sistemas de levantamiento artificial:

- Bombas Electro Sumergibles (BES)
- Aparatos de Bombeo Convencionales (AIB)
- Aparatos de Bombeo de Carrera Larga (RFX)
- Bombeo de Cavidades Progresivas (PCP)

Para que la comparación fuera más valedera, se seleccionaron pozos en que la potencia hidráulica fuese similar a la de los pozos con Aparatos de Bombeo de Carrera Larga. Esto fue posible en todos los sistemas excepto en el sistema de Bombeo de Cavidades Progresivas, en el que las potencias hidráulicas están en un rango menor al de estos aparatos.

La potencia hidráulica se calculó en base al caudal medido en superficie y la altura total de elevación, dependiendo esta última de la profundidad de la instalación, el nivel dinámico de fluido, la presión en el anular y la presión en la tubería de producción. Esta potencia es la potencia útil o potencia de salida del sistema.

$$P_{hyd} = k \times Q \times TDH$$

La potencia eléctrica se midió a la entrada del sistema. Como la potencia no es constante, se debe utilizar un registrador que toma muestras en varios puntos del ciclo de bombeo, y con estos puntos calcular la potencia promedio. Esta potencia es la potencia de entrada del sistema.

La eficiencia energética se calcula como el cociente entre la potencia de salida y la potencia de entrada, esto es entre la potencia hidráulica y la potencia eléctrica.

$$\eta_{Sistema} = \frac{P_{hyd}}{P_e}$$

En la tabla 1 puede observarse los promedios de estas mediciones para los distintos sistemas de extracción. Los caudales están expresados en m³/d, las profundidades en metros y las potencias en Kw.

SISTEMA	CAUDAL	PROFUNDIDAD	POTENCIA PROMEDIO	POTENCIA PICO	PICO / PROMEDIO	POTENCIA HIDRÁULICA	EFICIENCIA
Promedio BES	180,6	2082,3	121,5	121,5	1,00	33,1	28,5%
Promedio AIB	138,5	1748,3	67,4	125,2	1,86	31,4	46,4%
Promedio PCP	76,2	1309,2	20,0	20,0	1,00	16,9	64,1%
Rotaflex	190,0	1786,0	73,8	87,2	1,18	43,7	59,3%
Rotaflex VFD	134,1	2157,0	38,3	83,3	2,18	36,2	70,5%

Tabla 1. Potencias y eficiencias promedio de los distintos sistemas de extracción.

En la tabla 2, puede verse el resultado de las mediciones para cada pozo estudiado.

SISTEMA	POZO	CAUDAL	PROFUNDIDAD	POTENCIA PROMEDIO	POTENCIA PICO	PICO / PROMEDIO	POTENCIA HIDRÁULICA	EFICIENCIA
BES	B1	161,2	2250,0	111,1	111,1	1,00	35,0	23,5%
	B2	308,0	1920,0	105,3	105,3	1,00	28,8	20,4%
	B3	102,5	2096,0	62,4	62,4	1,00	29,5	35,3%
	B4	150,7	2063,0	84,0	84,0	1,00	39,2	34,9%
AIB	A1	167,0	1450,0	54,8	119,9	2,19	33,5	45,7%
	A2	100,0	1792,0	45,8	78,5	1,71	26,0	42,3%
	A3	150,0	1891,0	49,3	79,7	1,62	28,9	43,7%
	A4	137,0	1860,0	51,4	95,5	1,86	37,1	53,9%
PCP	P1	106,2	1006,0	26,5	26,5	1,00	20,3	57,1%
	P2	110,7	1507,0	29,1	29,1	1,00	25,7	65,9%
	P3	42,2	1630,2	14,2	14,2	1,00	12,3	64,7%
	P4	45,6	1093,5	10,2	10,2	1,00	9,4	68,8%
RFX	R1	190,0	1786,0	55,0	65,0	1,18	43,7	59,3%
RFX VFD	R2	140,7	2211,0	42,1	82,5	1,96	39,3	69,7%
	R3	167,0	1892,0	41,5	59,3	1,43	40,2	72,2%
	R4	94,5	2368,0	31,2	44,5	1,43	29,1	69,7%

Tabla 2. Potencias y eficiencias de cada pozo.

Se detectó que la eficiencia de los sistemas trabajando con unidades de carrera larga tienen una eficiencia superior a todos los otros sistemas. Sólo fue igualado por los sistemas de cavidades progresivas, aunque debe tenerse en cuenta que las potencias hidráulicas en juego fueron menores en este último caso.

Se puede observar que los pozos con unidades de carrera larga equipados con variadores de velocidad (VFD) presentan una eficiencia mayor que los que trabajan sin los mismos. Esto se debe a que si se posee un variador de tecnología adecuada se puede trabajar con motores de eficiencia alta o estándar, mientras que sin variador se utilizan motores de alto deslizamiento, que tienen menor eficiencia. Tanto los motores de rendimiento estándar como los de alta eficiencia tienen un costo menor que los de alto deslizamiento para la misma potencia.

En la figuras 5 y 6 puede verse una comparación gráfica de potencias y eficiencia para los distintos pozos, y el promedio de cada sistema.

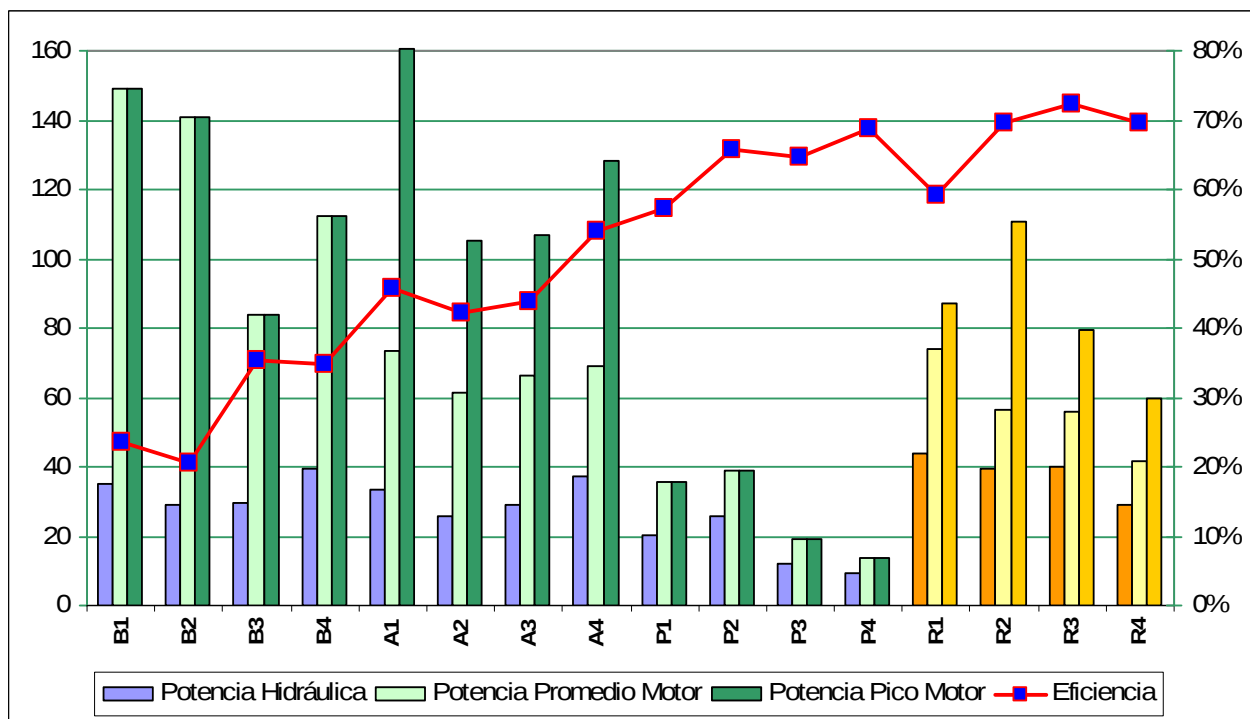


Figura 5. Potencias y eficiencias

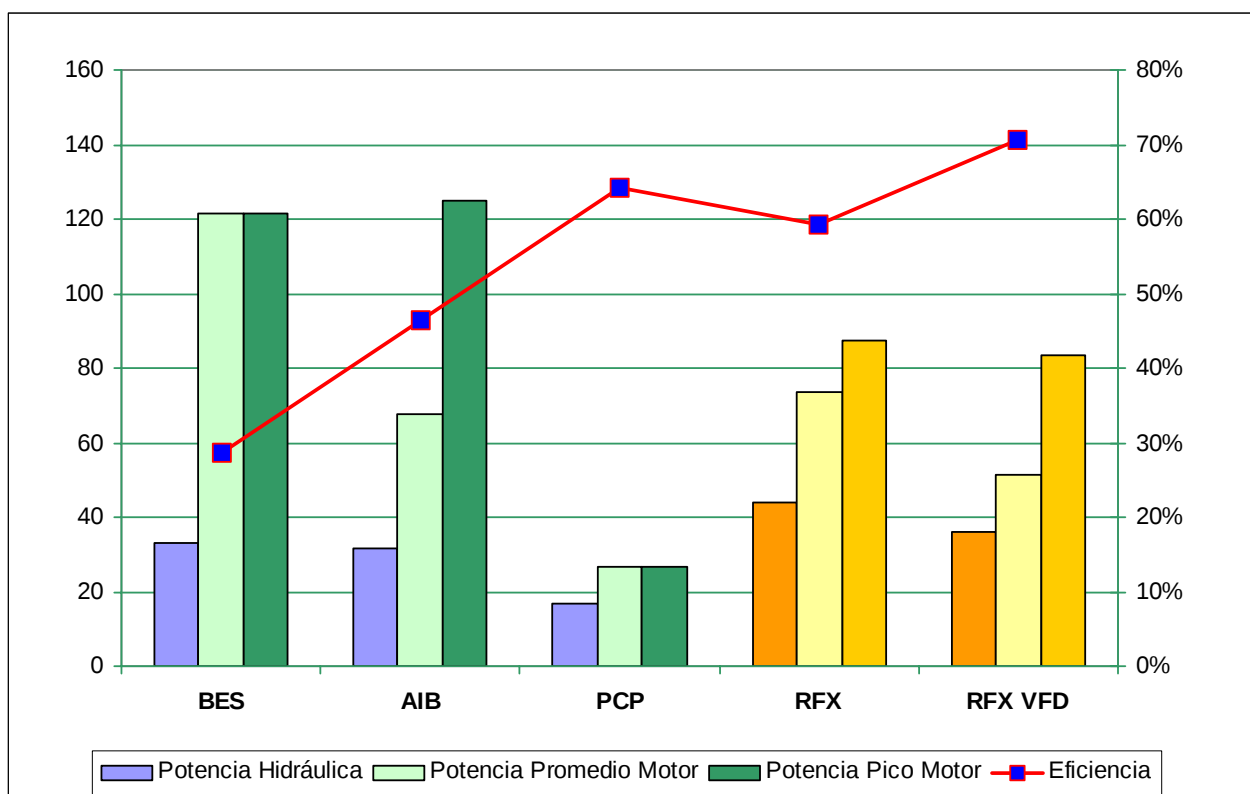


Figura 6. Potencias y eficiencias promedio de cada sistema

Conclusiones

- Los sistemas de bombeo operados con aparatos de Carrera Larga presentan una mayor eficiencia que otros sistemas de bombeo trabajando en similares condiciones.
- Para optimizar la eficiencia, es recomendable dimensionar los aparatos y los motores eléctricos para que trabajen en una zona cercana a la carga nominal de diseño.
- No se necesita sobredimensionar las instalaciones eléctricas, tanto de distribución como los motores, necesitándose por ende una inversión menor.
- Utilizar variadores de velocidad con motores de rendimiento alto o estandar ayuda a incrementar la eficiencia. Estos motores son menos onerosos que los motores de alto deslizamiento.

Bibliografía

1. J. McCoy, O. Lynn Rowlan, A. L. Podio, Dieter Becker: "Rotaflex Efficiency and Balancing". Southwestern Petroleum Short Course. 2000.
2. John Malinowski: "Trends in Motor Technology". Global Markets Trend Conference. 2005.
3. Gabor Takacs: "Power Efficiency on Sucker Rod Pumping". 50th Southwestern Petroleum Short Course. 2003.
4. Robert Stiles, Steven Slezak: "Strategies for Reducing Oil Field Electric Power Costs in a Deregulated Market". SPE Permian Basin Oil and Gas Recovery Conference. 2001.
5. F. W. Gipson, H. W. Swaim: "The Beam Pumping Design Chain." 31st Annual Southwestern Petroleum Short Course. 1984