

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE BOMBEO MULTIFÁSICO EN NUEVO DESARROLLO DE CAMPO DE PETRÓLEO Y GAS.

Ing. Rodolfo D. Torres

Instalaciones de Superficie –Consultor Técnico

rodolfodtorres33@gmail.com

1. SINOPSIS

Para el desarrollo de un nuevo reservorio de petróleo y gas, buscando alternativas a la tradicional Batería, se usó la tecnología de bombeo multifásico. Esto fue implementado en el proyecto denominado “Tapera Este” que pertenece al Yacimiento Jagüel de los Machos, ubicado en la Provincia de Río Negro, Argentina.

Dado el distanciamiento de la zona a desarrollar con las instalaciones más próximas existentes, se estudió y definió la utilización de bombas multifásicas de doble tornillo. Esto permitió bajar la contrapresión de recolección de la producción, lo que redundó en un incremento de la misma, además de un CAPEX y un OPEX comparativamente menor a la instalación convencional de Producción.

El sistema de bombeo se instaló en un colector central de la zona a desarrollar, donde se reciben los 85 pozos pertenecientes al proyecto y bombean a la Batería existente más cercana por medio de un ducto multifásico de 10” de diámetro de ERFV (Epoxi Reforzado con Fibra de Vidrio) de 7,5 km de longitud.

Esta instalación permitió bajar la presión de operación del sistema colectores de pozos y por consecuencia la presión de recolección en el orden de 8 Kg/cm², lo que produjo un incremento promedio de producción de 12 % sobre la producción de petróleo seco, logrando recuperar la inversión en el primer año de su implementación, mejorando así la rentabilidad del proyecto.

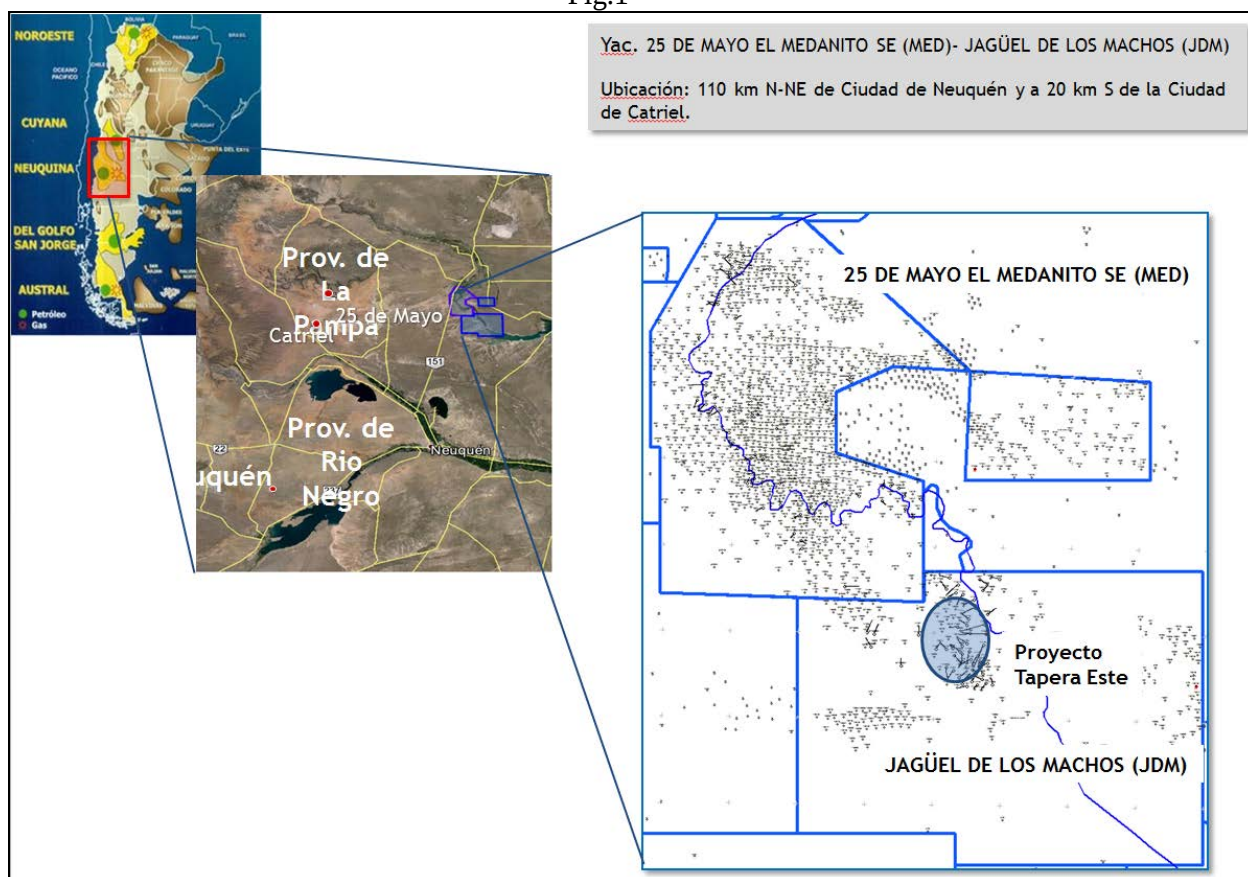
La implementación fue difícil en la fase inicial, debido fundamentalmente a la falta de experiencia y pocos antecedentes en estos sistemas. Una vez superada dicha fase, el sistema se volvió altamente confiable y hoy consideramos esta tecnología como una alternativa apropiada para nuevos desarrollos. Adicionalmente, esta experiencia abre las puertas para su aplicación en proyectos de optimización de campos maduros.

2. Introducción

Luego de un análisis técnico y económico, se decide, instalar en Tapera Este, (zona de desarrollo dentro del Yacimiento Jagüel de Los Machos), una Estación de Bombeo Multifásico, cuyo objeto es transferir la producción de la zona, proveniente de 85 pozos productores hacia una batería, incorporándola al sistema de recolección y transporte del Yacimiento y haciéndolo a una presión menor de recolección; esta disminución en la presión de operación redundaría en un incremento de la producción de toda la zona involucrada.

El proyecto se implementó en el yacimiento Jagüel de los Machos-Medanito ubicado en la provincia de Río Negro Argentina distante 20 Km al Sur de la Ciudad de Catriel y a 110 Km dirección Norte-Noroeste de la Ciudad del Neuquén Fig.1.

Fig.1



3. Objetivo

En el presente, se trata de transmitir la experiencia de la implementación de este sistema que es inédito Argentina, NO es intención hablar de la tecnología del bombeo multifásico en sí, Si NO de como la aplicación de esta tecnología ayudó a este proyecto y como puede ayudar a proyectos similares en el futuro, haciendo hincapié en que es una opción tecnológica a tener en cuenta a la hora de evaluar alternativas para el desarrollo de nuevas áreas, como así también en proyectos de mejora en campos maduros.

4. Desarrollo

Que es el bombeo multifásico?

Para entender este proyecto es necesario primero entender que es el bombeo multifásico y el porqué de su uso en el proyecto.

Los equipos de transferencia de fluidos ya sean bombas en el caso de fase líquidas o compresores en el caso de fase gaseosa, requieren de la condición de que el flujo sea monofásico, esto hace que en muchos casos es necesario realizar un tratamiento previo, si el caso es de transferencia de gas con compresor el gas no debe tener líquidos y en el caso de transferencia de líquidos con bombas, la condición ideal es que la fase no contenga gas, esto es para evitar roturas de los equipos como para conseguir la mayor eficiencia en la transferencia.

Una bomba multifásica tiene la capacidad de transferir una mezcla de fluidos Gas y Líquidos, sin necesidad de separación previa de estas, esta cualidad hace que estos equipos permitan:

1. Disminuir la cantidad de equipos en las instalaciones típicas de campos petroleros o gasíferos como separadores, tanques, ductos, etc., disminuyendo el CAPEX. Si observamos un esquema básico de una instalación típica de transferencia usada en la industria petrolera que es una Batería Fig.2 y la comparamos con un esquema básico de una Estación de Bombeo Multifásico Fig. 3, se observa la reducción de instalaciones requeridas en cada caso.

Fig.2

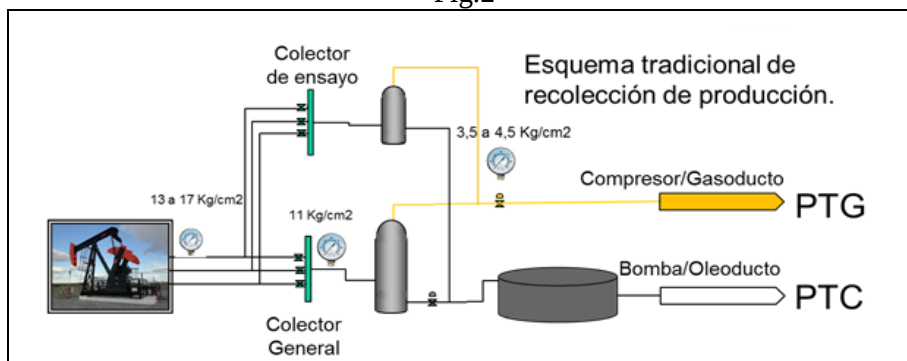
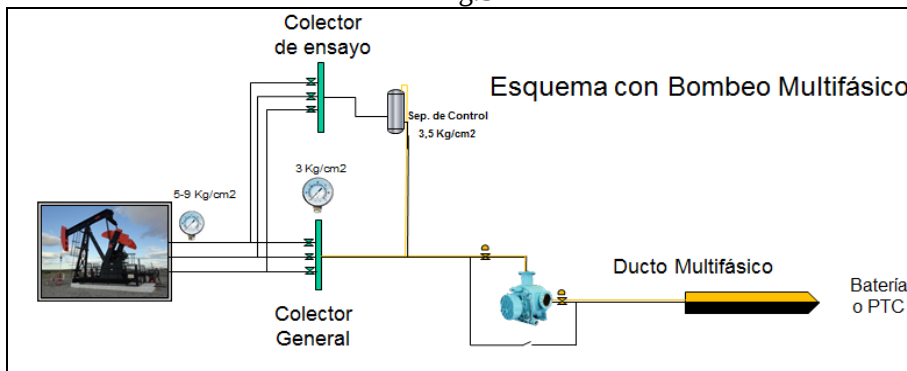


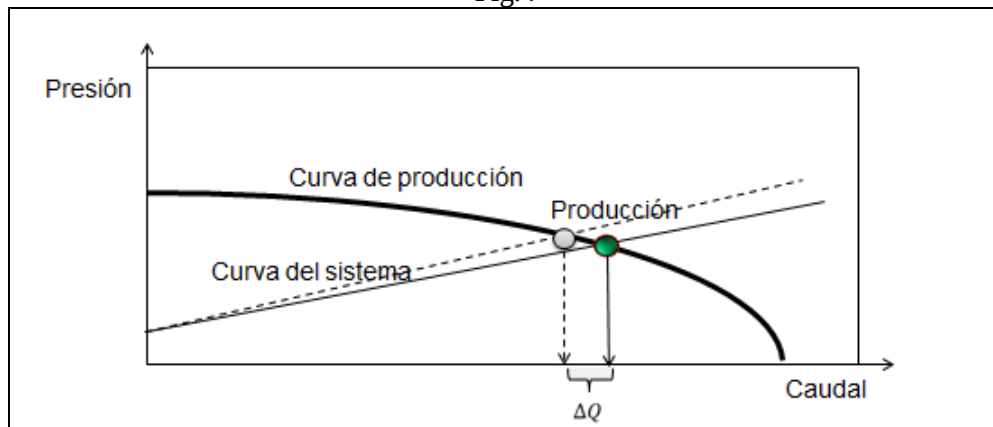
Fig.3



2. Permite bajar la contrapresión en boca de pozo y por ende la presión en el casing, esto favorece las condiciones para que la producción pueda ingresar desde la formación al pozo productor. El incremento de producción dependerá de las características de la formación y de magnitud de la disminución de la presión, pero en general este comportamiento se puede observar en un gráfico de

Presión vs caudal característico Fig.4, donde se ve como la producción se podría aumentar si se baja la contrapresión que tiene vencer el sistema de producción.

Fig.4



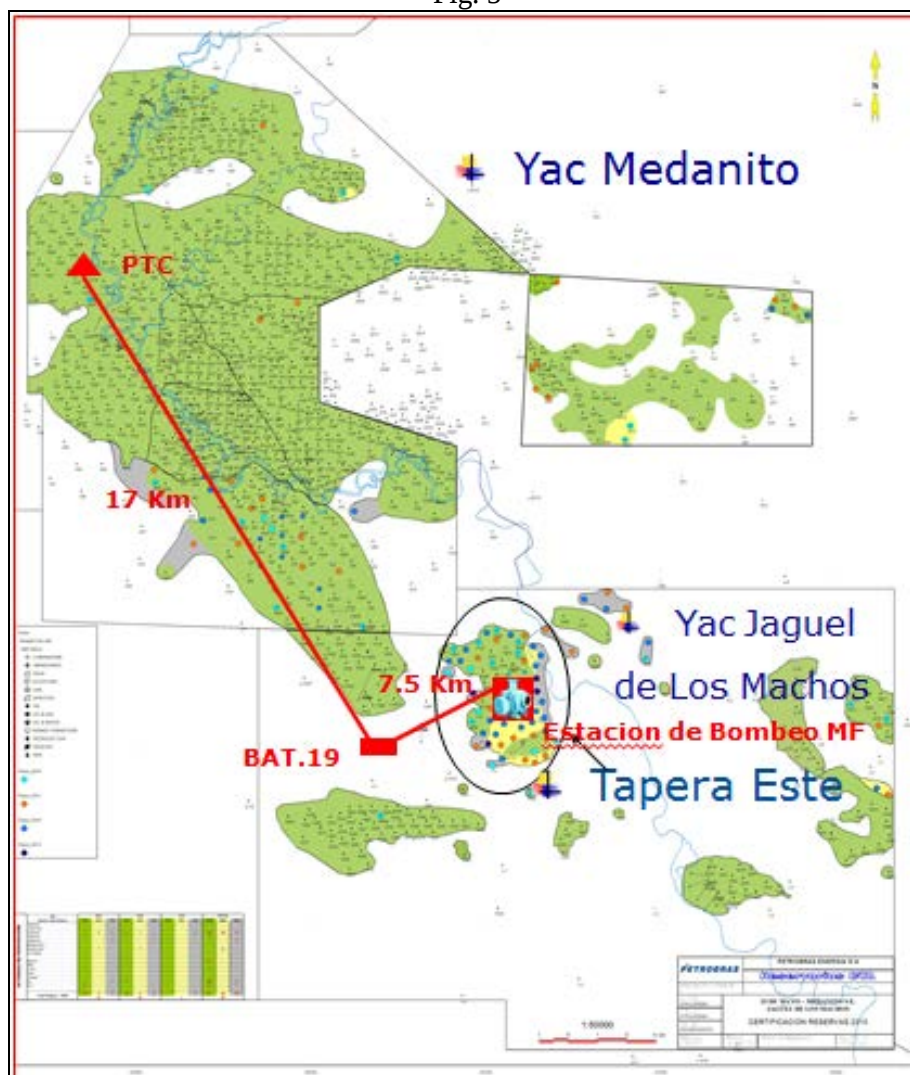
3. Otro factor importante del sistema de bombeo multifásico seleccionado es que tiene mejor rendimiento energético, esto se debe a que la energía que consume es solamente la necesaria para llegar al punto de entrega, esta es una característica de las bombas volumétricas como es el caso.

Ya explicadas las tres características importantes que tienen los sistemas de bombeo multifásico, veremos como estas impactan positivamente sobre el presente proyecto, para ello es necesario analizar el esquema de instalaciones de producción que tiene el área Medanito-JDM.

El área de desarrollo denominado Tapera Este (TAE), se encuentra a 7,5 km de distancia de la instalación más próxima para recepcionar el fluido de producción que es la Batería 19 perteneciente al área Jagüel de los Machos. En esta batería se recibe toda la producción bombeada por el sistema multifásico, por medio de un ducto de 10 “ de diámetro de erfV (epoxi reforzado con fibra de vidrio) y por otro ducto de 6” del mismo material que corre en forma paralela al anterior, luego esta producción separada en fases líquida y gaseosa es transportada: la fase líquida por una sistema de Oleoductos y la fase gaseosa por uno de Gasoductos, cuya distancia hasta el punto de entrega es de 17 km, esto hace que en la Batería 19 se tenga que operar con una presión suficientemente elevada para poder ingresar al sistema.

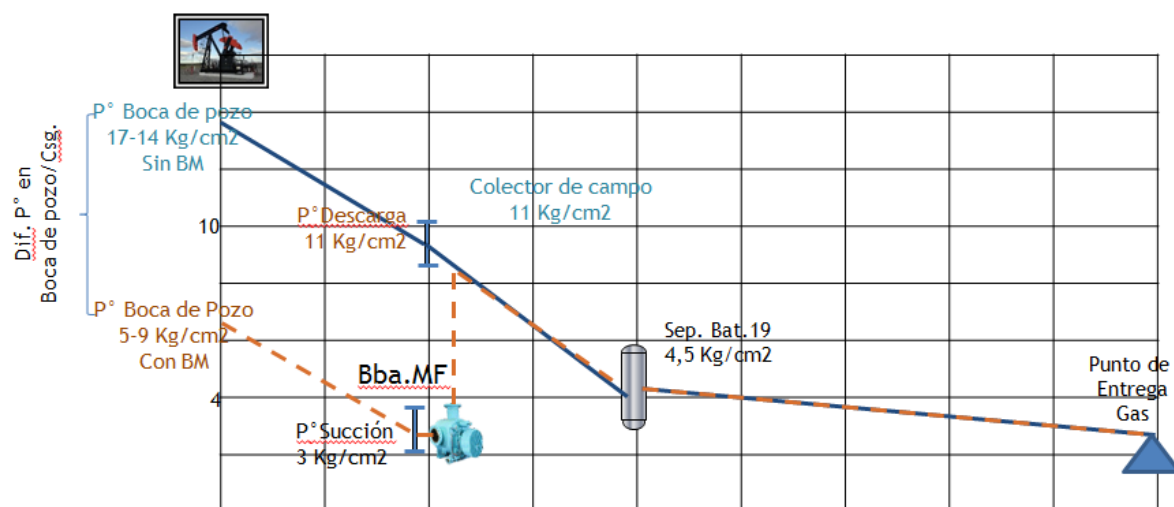
La fig. 5 muestra en escala las distancias entre instalaciones desde la en desarrollo Tapera Este hasta el punto de entrega de la producción de Líquido y Gas del Yacimiento.

Fig. 5



En el grafico fig.6 donde se muestran las presiones del sistema de recolección desde boca de pozo hasta el separador de la Batería 19, con y sin bomba multifásica acá se observa cómo se disminuye la presión en la boca de pozo, por efecto del bombeo multifásico, que es el objetivo buscado.

Fig.6



Esquema básico del sistema de producción

La siguiente Fig.7, se esquematiza el sistema de producción de la zona. En esta muestra a los colectores de campo que recepcionan el fluido de los pozos productores, enviando esta producción al punto donde se encuentra el sistema de bombeo multifásico, el que bombea por medio de un ducto de 10" a la Batería 19. También existe un ducto de 6" que se reserva para derivar producción de pozos de alto GOR (relación Gas/Oil), by-paseando el bombeo para asegurar no se pierda del 98 % de GVF (Gas Void Fraction).

Fig.7

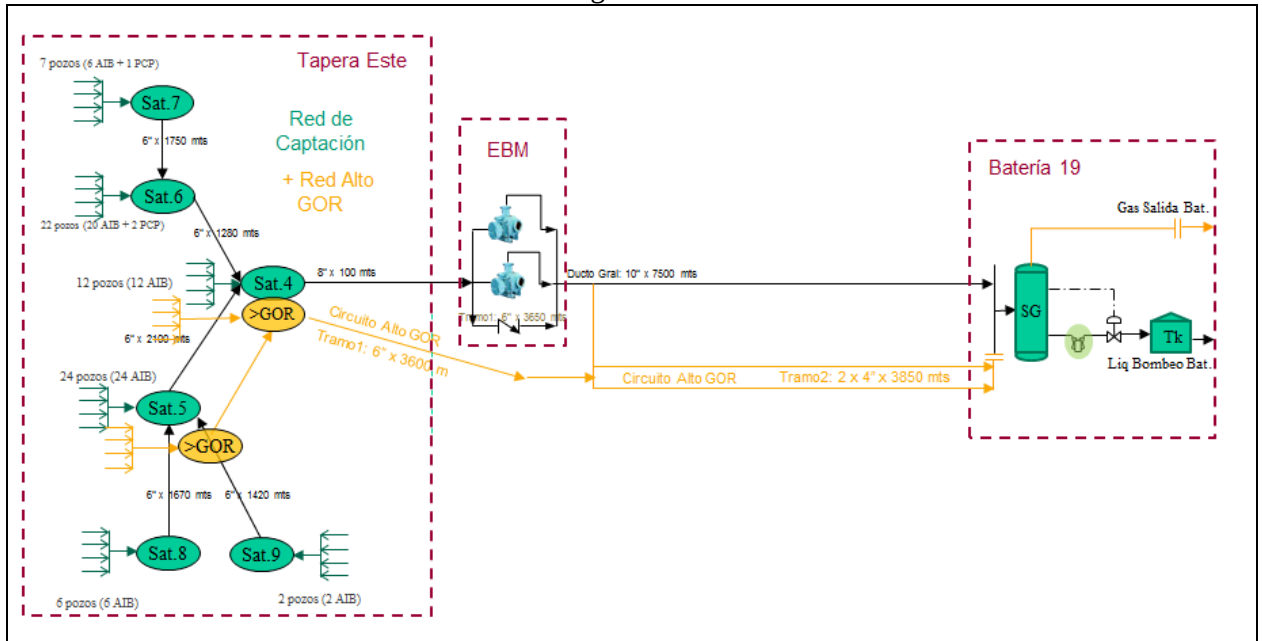
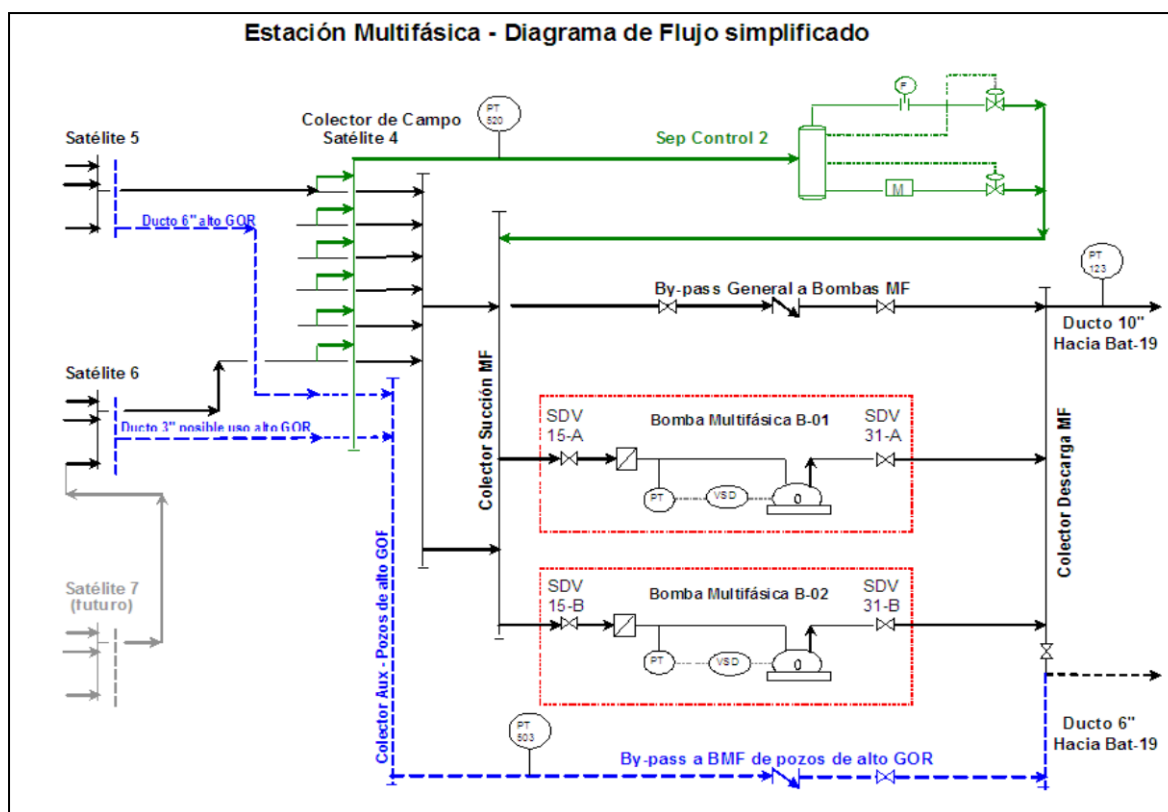


Diagrama de flujo simplificado EBM (Estación de Bombeo Multifásico)

La Fig.8 es el diagrama de flujo simplificado de la estación de bombeo multifásica. Las líneas de trazos rojos corresponden a los skid paquetizados de las bombas, lo externo a ellas corresponde al colector de producción a donde arriban líneas de pozos y ductos provenientes de otros colectores, además se muestra un sistema denominado de alto GOR (en líneas de color azul) previsto para coleccionar y desviar producción de pozos por su alta relación Gas líquido sea conveniente evitar el paso por las bombas. Otro detalle del diagrama es el sistema de control de producción (en verde), basado en separadores que reciben la producción de cada pozo a ensayarse donde la producción una vez medida (oil y gas), se reingresa al sistema en la succión de las bombas, por último se detalla la descarga que se hace en dos ductos de 6" y 10" de ERFV, los cuales tienen la versatilidad de trabajar juntos o en forma independientes.

Un punto importante a resaltar, es que el bombeo trabaja en un sistema paralelo al sistema de Oleoducto que ante una eventual parada de las bombas, el flujo de producción no es interrumpido sino que se la presión del campo se produce la apertura de una válvula de retención en forma automática, el mismo continúa por el oleoducto en forma normal sin pérdida total de la producción (resaltado en negro), solo se pierde el diferencial obtenido por la reducción de presión por el efecto de las bombas.

Fig.8



Descripción del Sistema

Se refiere al aspecto físico del Sistema de Bombeo Multifásico en sí, -básicamente está compuesto por las Bombas Multifásicas propiamente dichas, con sus Motores eléctricos de 500 Hp cada uno, sus correspondientes Variadores de Frecuencia y todos los sistemas auxiliares requeridos (sistema de sello mecánico, instrumentación, sistema local de control, etc.)- como al resto de materiales, equipos y sistemas auxiliares requeridos.

Para manejar la producción estimada para los próximos años se consideraron de 2 (dos) equipos gemelos, de bomba multifásica de doble tornillo; previéndose en el diseño el montaje de una tercer unidad en una etapa posterior si las condiciones así lo requieren (como sería un aumento de la curva de producción por mayor desarrollo o decisión de contar con stand-by en función de la importancia del aporte incremental observado con este sistema).

En este momento se está realizando la compra del tercer equipo para contar con un stand by frio, debido al segundo punto.

Los Equipos de Bombeo Multifásicos (MF) en sí, se diseñaron completamente paquetizados montados sobre skid metálico, comprendiendo en este alcance a todos los componentes y materiales que puedan ser necesarios para el correcto funcionamiento incluyendo la inspección y la pruebas en fábrica, el transporte al lugar de emplazamiento y la asistencia para la Puesta en Marcha hasta lograr las condiciones de servicio estable pre acordadas.

En forma complementaria, en el satélite 4 se montó un Sistema de Control de Producción por pozo (un Separador de Control, con sus Mediciones de Gas y Líquido), corrientes que luego de medidas se reenvía a la succión Multifásica junto a la corriente principal.

La Estación Multifásica está vinculada mediante comunicación radial al SCADA del yacimiento.

Las siguientes fotos Fig.9 muestran la estación de bombeo, en las mismas se puede ver las bombas, el skid, la central de lubricación y el shelter donde se encuentran el sistema de control y comunicación.

Fig.9

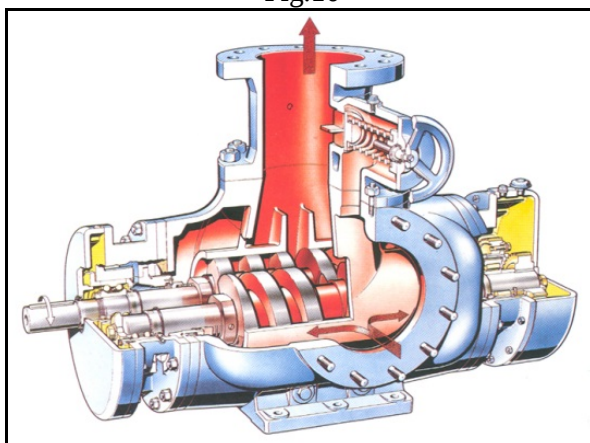


Tipo de bomba Multifásica.

Si bien no es punto central del presente trabajo hablar de la Bomba Multifásica propiamente, si es interesante conocer de la bomba seleccionada que es la que más se aplica a proyectos del tipo en cuestión.

El tipo de bomba seleccionada es del tipo de desplazamiento positivo de doble tornillos, la fig. 10, muestra como es este tipo de bombas.

Fig.10



Variables del proceso.

Las variables de proceso que se tuvieron en cuenta para la selección de equipos fueron las siguientes:

1- Producción de gas y petróleo, una de las variables más importantes es conocer caudal de petróleo y gas esperados a ser bombeados, si bien la flexibilidad operativa del sistema es bastante amplio, es importante conocer la relación de gas /liquido en todo momento debido a un factor denominado GVF. Si bien se trabaja con estimaciones que en zonas nuevas son de difícil pronóstico, en el caso particular del presente caso el mismo se cumplió con bastante acierto.

2- GVF (Gas Void Fraction), es la relación Gas/Líquido medido en las condiciones de presión en la succión de la bomba, esto define el tipo de bomba y un límite de operación que debe evitarse traspasar para evitar daños al equipo. Este valor para los equipos seleccionados es de 98 %, una característica del proyecto es que el valor de GVF ronda entre 97 y 98 %, por lo que para este proyecto particular estamos operando en el límite de operación lo que hace al proyecto particular.

3- Presión de succión de bomba, es el punto al que se desea setear el equipo para que opere, es la presión objetivo.

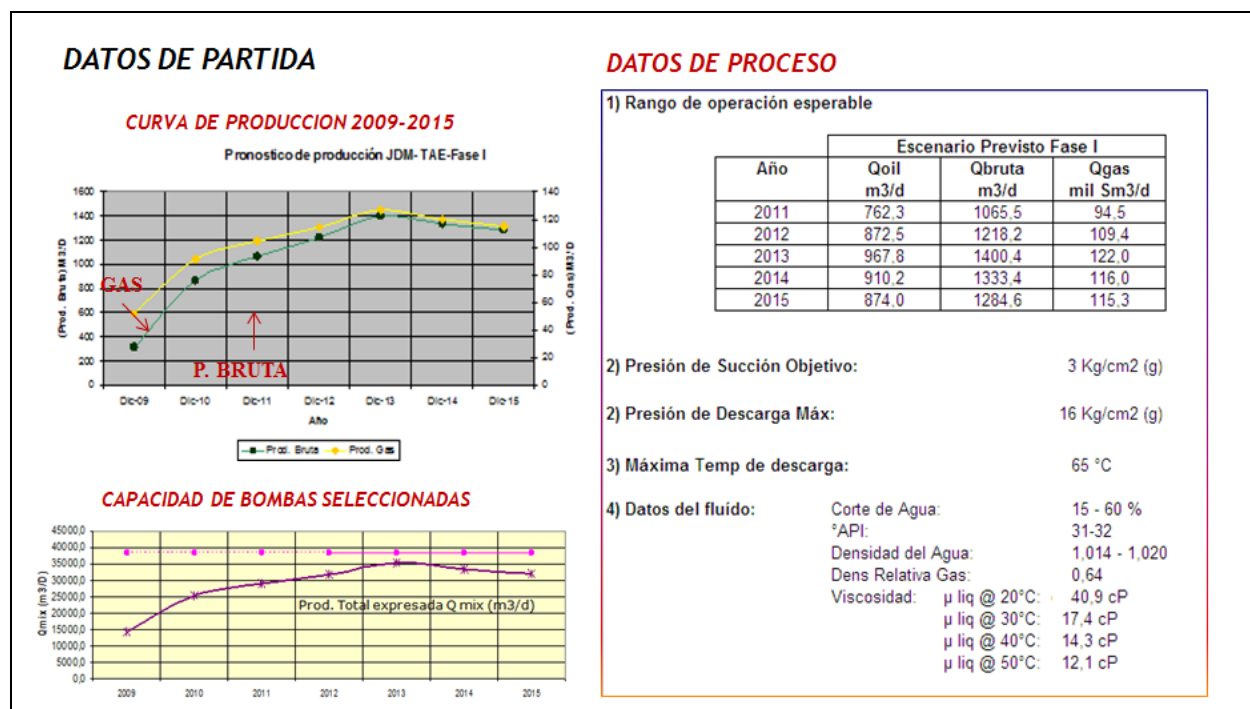
4- Presión de descarga es importante conocer a que presión se va a descargar la producción debido a que en función de estas se diseña el equipo, la potencia del sistema.

5- Temperatura de descarga, si bien no es una limitante para el equipo, lo puedes ser para el resto de las instalaciones, para el caso no se debe pasar de 65°C, para preservar la integridad del ducto multifásico que es de erfv.

6- Otras variables a tener en cuenta, es cantidad y calidad de sólidos, como también las corrosividad de los fluidos a manejar.

La Fig.11 resume las variables principales del proyecto Tapera Este (TAE), que fueron la base de diseño de la estación de bombeo y la de selección de equipos.

Fig11

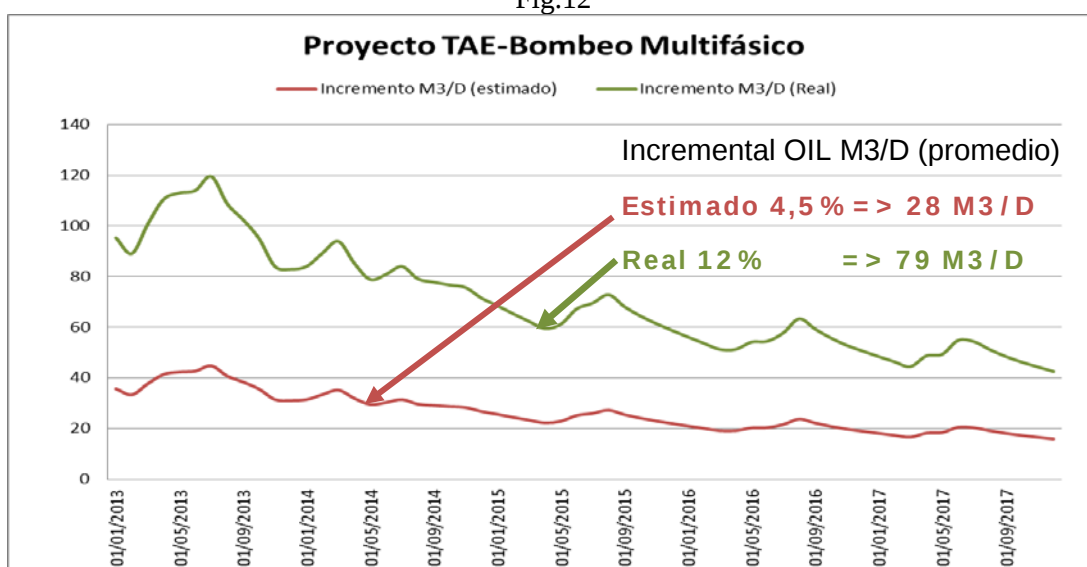


Incremento de Producción

Hasta acá hemos tratado de explicar como con la implementación del bombeo multifásico logramos disminuir la presión en la boca del pozo, ahora veremos como esta disminución influyo en este proyecto en particular impactando positivamente en mejorar la producción de la zona influenciada.

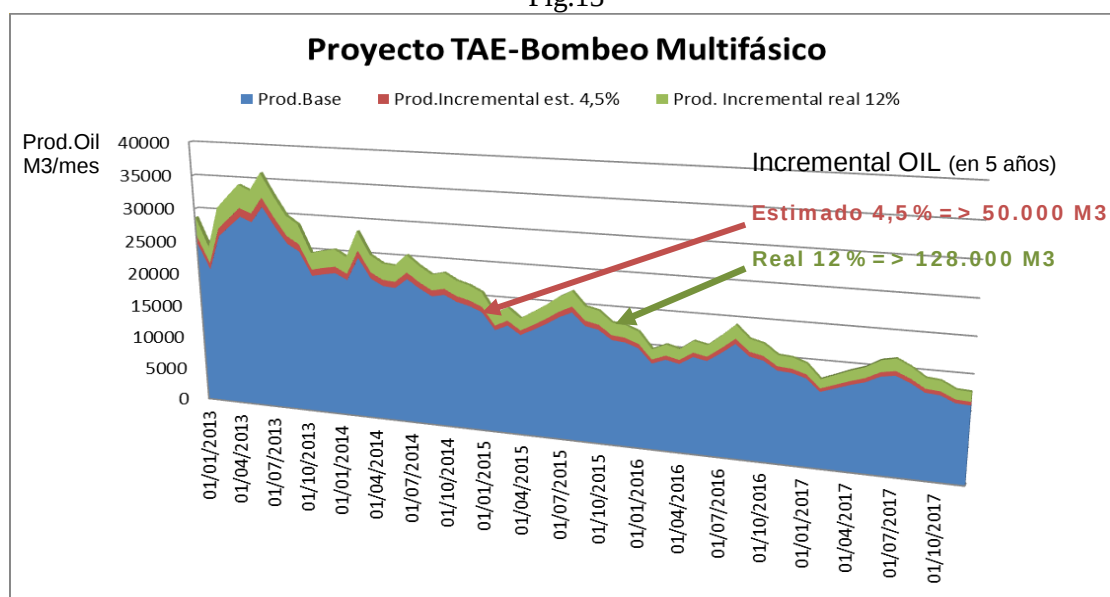
La Fig.12 se muestran dos curvas la estimada que es con la que se analizó el proyecto, donde se tenía una estimación de incremento de producción del 4,5 %, la segunda curva es la que representa el incremento real medido una vez que el proyecto quedó en marcha y que fue de un valor promedio del 12 %.

Fig.12



En la Fig.13, se grafica la producción base del proyecto acumulado mes, sin el bombeo multifásico, curva azul, el incremento de producción estimado en marrón y el valor real en color verde, analizando el proyecto en un plazo de 5 años (a los efectos del análisis), se estimaba una producción adicional de 50.000 m3 de petróleo, los resultados reales pos puesta en marcha, arrojaron un acumulado de 128.000 m3 de petróleo, lo que muestra claramente el efecto positivo que tuvo la baja de presión sobre la respuesta del reservorio.

Fig.13



5. Análisis Económico

La fig.14, corresponde a un cuadro comparativo entre el CAPEX asociado a la instalación de una batería convencional y la instalación del sistema de bombeo multifásico.

Fig. 14

BATERIA	
Gasoducto 8 Km 12" de diámetro	1.2 MMUSD
Batería (cap. nom.2000 m3 Oil/150 MM3 Gas)	5,5 MMUSD
Compresora (cap. Nominal 150 MM3 Gas)	1,2 MMUSD
TOTAL	7,9 MMUSD

ESTACION DE BOMBEO MULTIFASICO	
Sistema Eléctrico	0,5 MMUSD
Estación de BMF (cap.max 1600 m3/bruta/150 MM3 Gas)	3,0 MMUSD
TOTAL	3,5 MMUSD

La inversión necesaria para el caso de la estación de bombeo multifásica es un poco menor a la mitad de una batería para las mismas capacidades y condiciones operativas, en parte se debe a que en el caso del bombeo multifásico no existe la necesidad de un gasoducto ya que toda la producción es transportada por un único ducto; por otro lado hay que considerar que en la estación de bombeo se concentra la energía requerida, por lo que es necesario ampliar en dicho punto la capacidad de la parte eléctrica.

Un aspecto que es necesario resaltar es que el OPEX, en el caso del bombeo multifásico es menor, debido los costos de operación y mantenimiento lo son, fundamentalmente por el menor número de equipos, ejemplo no hay tanques, no hay separadores generales, menor cantidad de equipos rotantes, etc.

La fig.15, muestran los principales indicadores económicos del proyecto, en esta se muestra la estimación prevista (caso Estimado) y el resultado posterior considerando los valores obtenidos reales a la fecha (Caso Real) más la proyección estimada por el año y medio que falta para completar el período de evaluación del proyecto.

Las consideraciones para la estimación:

Inversión Inicial: 3,5 MMUSD

Precio del Crudo: 71,1 USD/bbl (valor promedio del período 2013-2017)

Gastos Operativos: 2,3 USD/bbl

Regalías: 10,7 USD/bbl

Ingresos Brutos: 2,1 USD/bbl

Tiempo de Evaluación del Proyecto: 5 años

Fig.15

	Caso Estimado	Caso Real
VAN	6,4 MMUSD	21,1 MMUSD
Valor de Corte	21,6 USD/bbl	10,1 USD/bbl
VANI	1,94	6,38
Repago	13 meses	6 meses

Como muestran los indicadores, el resultado económico del proyecto fue muy satisfactorio, superando la estimación inicial.

6. Conclusiones

Las negativas

- La implementación desde la etapa de evaluación de alternativa, diseño y selección de equipo, fue en su inicio compleja, debido fundamentalmente a la falta de experiencia y falta de antecedentes en sistemas que operen en las condiciones del proyecto Tapera Este.
- Incorporar un sistema diferente de instalación requirió de un esfuerzo adicional de la operación que consumió tiempo y recursos.

Las positivas

- Una vez superada la fase inicial (con todos los inconvenientes que generalmente se presentan en proyectos de innovación), el sistema se volvió altamente confiable para la operación.
- El resultado económico superó las expectativas que se tenían en la evaluación del proyecto.

Conclusión Final

No consideramos esta tecnología como un reemplazo a la convencional ni que sea aplicable en todos los casos, dependerá de cada uno de ellos y que se deberá analizar en cada contexto, pero sí, consideramos y recomendamos en función de los resultados del proyecto Tapera Este a esta como una alternativa muy interesante a ser considerada en desarrollos tanto de campos nuevos como también en optimización de campos maduros.

Nombre del Autor: Rodolfo D Torres

Título: Ingeniero en Petróleos

Lugar de Estudio: Facultad de Ingeniería en Petróleos –Universidad Nacional de Cuyo-Mendoza
Empresas: Pérez Companc, PECOM Perú, Petrobras Argentina, Pampa Energía S.A.

Cargo: Consultor Técnico

E-mail: rodolfodtorres33@gmail.com