

Problemáticas y soluciones para la separación y bombeo de crudo pesado 13 ° API en el Activo de producción Ku-Maloob-Zaap

M. en I. Fredy López Samado
Ing. Nelly Villegas García
Pemex

Información del artículo: Recibido: agosto de 2013-aceptado: julio de 2014

Resumen

El análisis y las experiencias del manejo de crudo pesado de 13°API debe considerarse para el diseño de instalaciones nuevas y para las plataformas que se van a adecuar a alguna condición operativa. Es importante reflexionar que los cálculos hidráulicos que se realizan en el diseño son condiciones óptimas para el flujo y separación, pero en la realidad se observan detalles como condiciones operativas, trayectorias y dimensiones de líneas, por lo que deberá tomar en cuenta las experiencias para considerar la factibilidad del diseño propuesto.

La plataforma PB-Zaap-C diseñada para el manejo de crudo pesado 13°API presentó el problema de cavitación en el equipo de bombeo de crudo, se realizaron varios movimientos operativos en el sistema de separación, en los filtros generales de aceite crudo y en la línea de succión a bombas con la finalidad de corregir el abastecimiento insuficiente de líquidos en la succión de bombas, para recuperar la columna hidráulica de succión de bombas y para mejorar la eficiencia hidráulica operativa del equipo de bombeo. Se encontraron soluciones parciales y temporales para la presencia de gas en el flujo hacia las bombas, el problema se corrigió hasta que se cambió la trayectoria del cabezal de succión de bombas, se eliminó la vibración y se modificaron los filtros de succión.

El Centro de Proceso Ku-A contaba hasta el año 2008 con dos baterías de producción, que son E-Ku-A1 y Ku-A perforación, con bombas centrífugas para el manejo de crudo de 21°API, en el 2008 y 2009 en la plataforma E-Ku-A1 se cambiaron las bombas centrífugas por bombas tipo tornillo para prepararse al cambio de crudo de 21°API a 13°API, al ponerse en operación las bombas se observó que al manejar crudo menor a 15°API se presentaron problemas de alta vibración en las turbobombas, baja presión de succión y pérdida de hermeticidad de los sellos mecánicos. Se realizó el cambio de separador de segunda etapa en E-Ku-A1, se modificó el diámetro de la línea de salida del separador y se instalaron sellos mecánicos dobles. Con lo anterior la batería maneja actualmente sin problemas el crudo de 13°API y se redujo el problema de hermeticidad en los sellos mecánicos de las bombas.

Palabras clave: Separación y bombeo de crudo pesado, Activo de Producción Ku-Maloob-Zaap.

Problems and solutions for separation and pumping heavy oil 13 ° API in Active Production Ku-Maloob-Zaap

Abstract

The analysis and management experiences heavy oil of 13 ° API should be considered for the design of new facilities and platforms that will adapt to any operating condition. It is important to reflect that the hydraulic calculations are performed in the design are the optimal conditions for the flow and separation, but in reality are observed details such as operating conditions, paths and dimensions of lines, so you must take into account the experiences consider the feasibility of the proposed design.

The PB-Zaap-C platform designed for handling heavy oil 13 ° API introduced the problem of cavitation in the pumping of crude oil, operating several movements were made on the separation system, in general crude oil filters and suction line to pump in order to correct the insufficient supply of liquid in the suction pump to recover the standpipe suction pumps and hydraulics to improve operational efficiency of the pumping equipment. Partial and temporary solutions are found to address the presence of gas flow to the pumps, the problem was corrected trajectory until the pump suction head was changed, the vibration was removed and suction filters were modified.

The Centre for Process Ku-A until 2008 had two batteries of production, which are E-Ku-Ku-A A1 and Drilling, with centrifugal pumps for handling 21 ° API oil in 2008 and 2009 the Ku-A1-E platform pump screw centrifugal type pumps were changed to prepare to change oil 21 ° API to 13 ° API, to put into operation the pumps was observed when handling less than 15 ° API crude presented high vibration problems turbopumps, low suction pressure and leak of mechanical seals. Changing the second stage separator was performed in E-Ku-A1, the diameter of the separator outlet line was modified and double mechanical seals were installed. With this, the bank currently operates smoothly crude of 13 ° API and the problem was reduced seal mechanical pump seals.

Keywords: Separation and pumping heavy oil, Active Production Ku-Maloob-Zaap.

Introducción

Con el propósito de mantener la producción de crudo pesado en la Región Marina Noreste, en el año 2003 el Activo de Producción Ku-Maloob-Zaap elaboró un Plan Maestro de Desarrollo que consideraba el mantenimiento de presión a los yacimientos y el desarrollo de los campos Ku, Maloob y Zaap, construyendo la infraestructura necesaria para el manejo de aceite y gas, maximizando su valor económico

dentro de las normas mundiales de seguridad y respeto al medio ambiente. Dentro de las metas se tenía incrementar la producción de hidrocarburos de los campos Ku, Maloob y Zaap y la capacidad de manejo de hasta 811 MBPD y 638 MMPCD de gas.

El Activo de Producción Ku-Maloob-Zaap (APKMZ) se encuentra ubicado en el Golfo de México a 105 km de Ciudad del Carmen, Campeche, **Figura 1**.

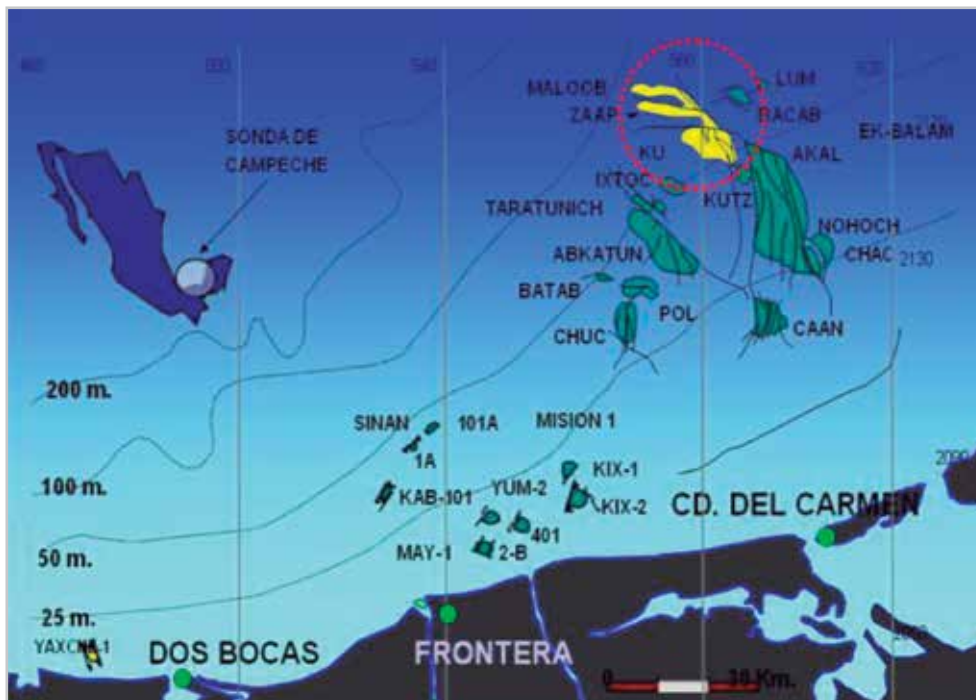


Figura 1. Ubicación del Activo de Producción Ku-Maloob-Zaap.

El Activo de Producción Ku-Maloob-Zaap realiza la explotación de los campos petroleros Ku, Maloob y Zaap, para lo cual cuenta con una infraestructura de 5 Centros de Proceso que son: Ku-A, Ku-M, Ku-H, Ku-S, Zaap-C y un Centro Operativo FPSO donde se realiza la separación del aceite y gas, bombeo del aceite crudo y compresión del gas separado.

En el desarrollo del Plan Maestro de Desarrollo del Proyecto Integral Ku Maloob Zaap se contempló la declinación de la producción de aceite tipo Maya de 21°API y aumentar la explotación de los campos Maloob y Zaap con aceite de 13°API denominado crudo extra pesado, debido a que no fluye con facilidad por su viscosidad en comparación con el crudo ligero.

Para lo cual se diseñó la plataforma de producción PB-Zaap-C con equipo de bombeo para el manejo de aceite de 13°API, así mismo se programó la adecuación de la plataforma E-Ku-A1 con el mismo propósito de manejar aceite de 13°API proveniente de los campos Maloob y Zaap.

Se construyó la plataforma de producción PB-Zaap-C con seis turbobombas de tornillo para el bombeo de crudo pesado 13°API, se adicionó una séptima turbobomba en el 2011, **Figura 2**, del listado de equipo de la plataforma PB-Zaap-C.


Bombeo	7 Turbo-bombas de crudo con capacidad de 50 MBPD c/u.	
Compresión	4 Turbocompresores con cap. 72 MMPCD c/u. 1 Separador Slug C�atcher con cap. 270 MMPCD. 2 Unidades recuperadoras de vapor con cap. 5.2 MMPCD c/u.	
Separación	1 Separador de primera etapa con capacidad de 150 MBPD. 1 Separador de segunda etapa con cap. 270 MBPD.	
Generación	3 Turbogeneradores con capacidad de 3,200 Kw. 1 MTG de emergencia con cap. 1000 Kw	
Grúas	1 Grúa con capacidad de 45 Ton.	
Sistemas automatizados	Sistema digital de monitoreo y control, sistema de paro por emergencia, sistema de gas y fuego.	
Puesta en servicio	Junio de 2007.	

Figura 2. Listado de equipo de la plataforma PB-Zaap-C.

E-Ku-A1 por su parte cambió seis bombas centrífugas de 60 mbpd cada una, por cuatro bombas de tornillo

de 50 mbpd cada una, **Figura 3** del listado de equipo de E-Ku-A1.

Bombeo	4 Turbo-bombas (tipo tornillo) con capacidad de 50 MBPD c/u.
Compresión	5 Turbocompresores con cap. 60 MMPCD c/u. 2 Turbo compresores con cap. 7.5 MMPCD c/u.
Separación	1 Separador de primera etapa de 250 MBPD. 1 Separador de 2da. etapa 250 MBPD. 1 Rectificador de 1ra. etapa de 150 MMPCD. 1 Rectificador de 2da. etapa de 15 MMPCD 1 Separador de segunda etapa cap. 270 MBPD.
Generación	1 Turbo generador con capacidad de 1050 Kw.
Grúas	1 Grúa con capacidad de 40 Ton.
Sistemas automatizados	Sistema digital de monitoreo y control, sistema de paro por emergencia, sistema de gas y fuego.
Puesta en servicio	Agosto de 1984.



Figura 3. Listado de equipo de la plataforma E-Ku-A1.

Este trabajo describe las experiencias del manejo de crudo pesado 13°API, **Figura 4**, de los campos Maloob y Zaap en las baterías de separación Zaap-C y Ku-A del APKMZ; se presentan algunas problemáticas del proceso de separación y bombeo de este tipo de crudo pesado, el análisis de los problemas, la revisión de condiciones de diseño y

construcción de los equipos, líneas y estructura de la batería de separación, y finalmente se enlistan las acciones, soluciones e innovaciones que se implementaron para el logro del manejo de la producción de aceite pesado en las baterías de separación.

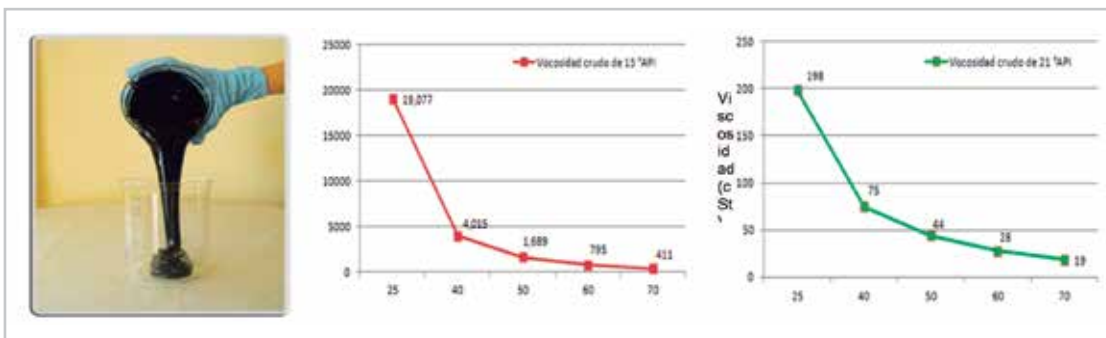


Figura 4. Viscosidad del crudo de 13° API.

Desarrollo del tema

La plataforma de producción PB-Zaap-C inició sus operaciones el 23 de julio del 2007, alcanzó una producción de 180 MBPD en mayo del 2008, pero desde su puesta en operación las bombas empezaron a tener problemas de vibración y cavitación, manifestándose en los equipos de bombeo por activarse su paro de operación automático debido a la baja presión de succión normal de 2.5 kg/cm² hasta 1.2 kg/cm² y alta vibración superior a los 11 mm/s. Este parámetro de vibración se presentaba conforme la producción iba aumentando, al momento de enviarse la máxima capacidad de manejo de volumen de aceite hacia las bombas, éstas presentaron una excesiva vibración, ocasionando dejar de manejar el volumen entre 30 y 40 MBPD por cada bomba fuera de operación.

Para poder tener los valores de vibración de las bombas dentro del parámetro permitido, fue necesario mantenerlas a bajas velocidades que en una operación normal, dicha reducción ocasionó disminución del volumen de aceite a lo cual estaban diseñadas.

De julio a septiembre del 2007 se tuvieron 55 disparos, interrumpiéndose la operación continua de los equipos y ocasionando producción diferida por el cierre de pozos. Por

lo anterior se realizó un análisis, determinándose corregir las siguientes desviaciones que no fueron consideradas en el diseño de la instalación para el manejo del crudo pesado.

1. Eliminar el gas que se formaba en la línea de succión de bombas.
2. Aumentar el área de flujo de la línea de succión de bombas.
3. Eliminar la vibración de la bombas
4. Cavitación
5. Baja presión de succión
6. Mallas de filtros con mallas no adecuadas (Mesh 10-20)
7. Fugas en el cabezal de succión a bombas
8. Geometría no de acuerdo a la ingeniería del arreglo de la línea de succión de bombas

Debido a los problemas de flujo en la succión de las bombas, las cavidades de los husillos de las bombas quedaban vacías ocasionando cavitación en las bombas. Esto originó que se dañaran tres turbobombas que presentaron fractura del husillo, **Figura 5**.



Figura 5. Listado de equipo de la plataforma PB-Zaap-C.

En Ku-A la situación no fue distinta, en 2008 y 2009 se realizaron los trabajos de desmantelamiento de las turbobombas centrífugas para instalar cuatro turbobombas de tornillo igualmente accionadas con turbinas de potencia de gas. Debido al cambio en la densidad, temperatura y viscosidad del aceite crudo manejado en el Centro de proceso KU-A, el contexto operacional con respecto al diseño original se había modificado, principalmente en el

sistema de separación y bombeo al cambiar las condiciones del aceite crudo manejado.

Los problemas de succión en las turbobombas de tornillo se incrementó en el mes de agosto y septiembre del 2012, sin poder estabilizar y mantener una continuidad operativa en el bombeo del crudo pesado, y la situación se tornaba mas crítica porque el crudo era de 17 °API, mayor a la capacidad

de diseño de la bomba de 13 °API, lo cual indicaba que el problema no era la bomba.

Por lo anterior se realizó un análisis de las condiciones operativas y de los problemas en ambas plataformas, en base a las observaciones, hechos, hipótesis, experimentos, teorías, conjeturas realizadas, y con ello se ejecutaron las siguientes acciones:

En PB-Zaap-C se observó que la línea que va de los filtros hacia las bombas estaba como una U invertida

conocida como omega, lo cual no permitía que el gas asociado continuara en el gas disuelto en el aceite, este gas se desprendía y se quedaba acumulado en esa área y posteriormente era arrastrado por la corriente, formando bolsas de gas en el aceite, provocando la baja presión de succión en las bombas, antes de entrar al cabezal de succión de las bombas, por lo que se hizo una solución temporal que permitió reducir la presión diferencial que se presentaba en los filtros de succión, **Figura 6**.

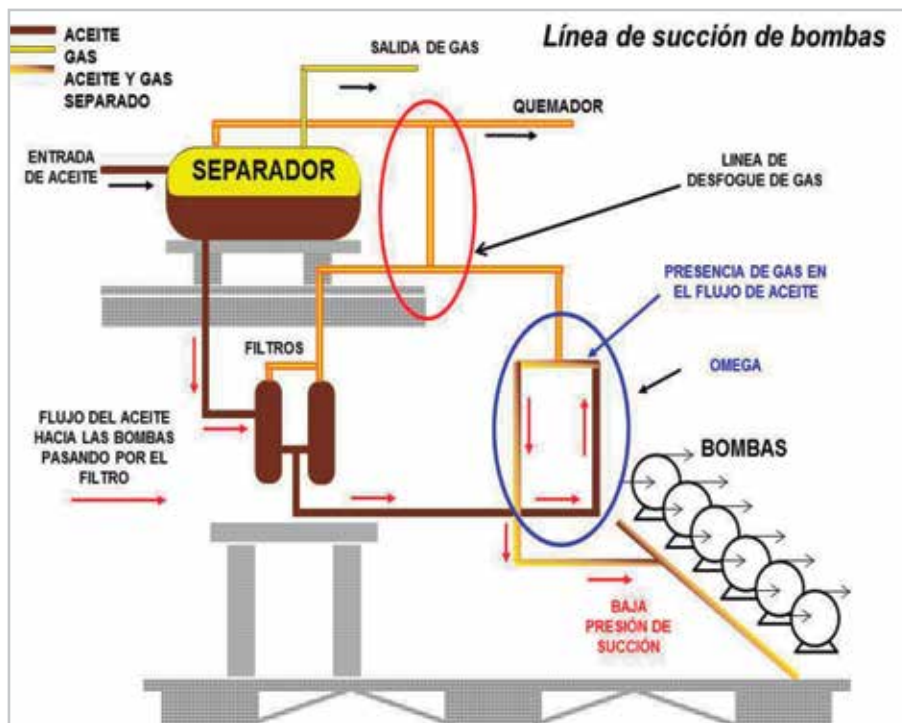


Figura 6. Esquema de línea de desfogado de filtros y omega en PB-Zaap-C.

Se cambiaron los cedazos de los filtros de bombas. Lo cual aumentaron el área de flujo del crudo pesado. Se sustituyeron las canastas de los filtros por unos más grandes pasando de 10 a 15" de diámetro, **Figura 7**.

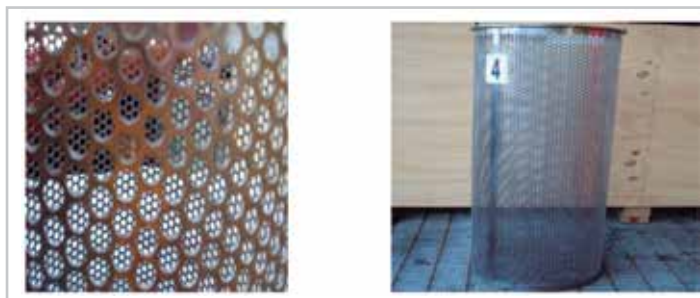


Figura 7. Canastas de filtros.

Estas dos acciones disminuyeron temporalmente el problema, **Figuras 8 y 9**, sin embargo, el problema de la vibración continuaba.

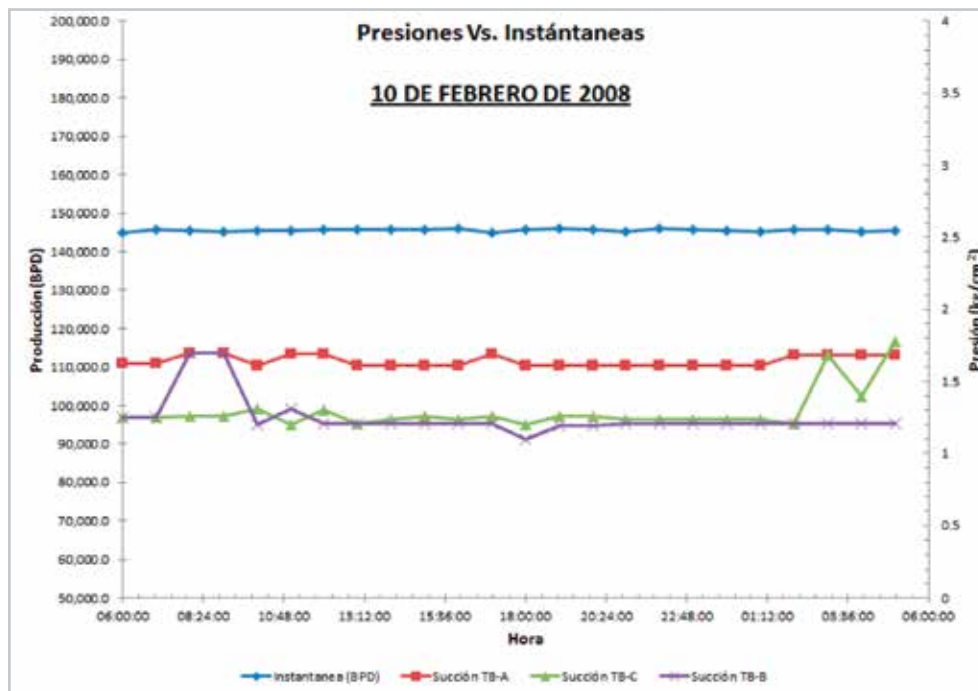


Figura 8. Presión de succión de bombas antes del desfogue instalado.

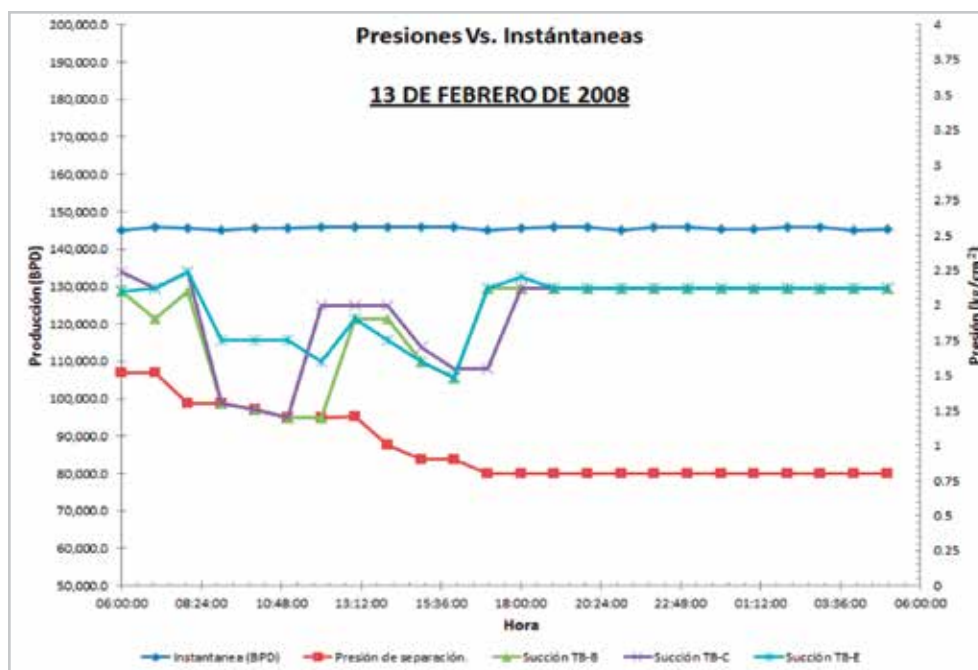


Figura 9. Presión de succión de bombas después del desfogue instalado.

A finales de febrero del 2009 se concluyó 100% la adecuación de la soportería en tuberías de succión y descarga de turbobombas y en la base de las bombas, **Figuras 10 y 11.**



Figura 10. Fotos de soportería instalada en tuberías en PB-Zaap-C.

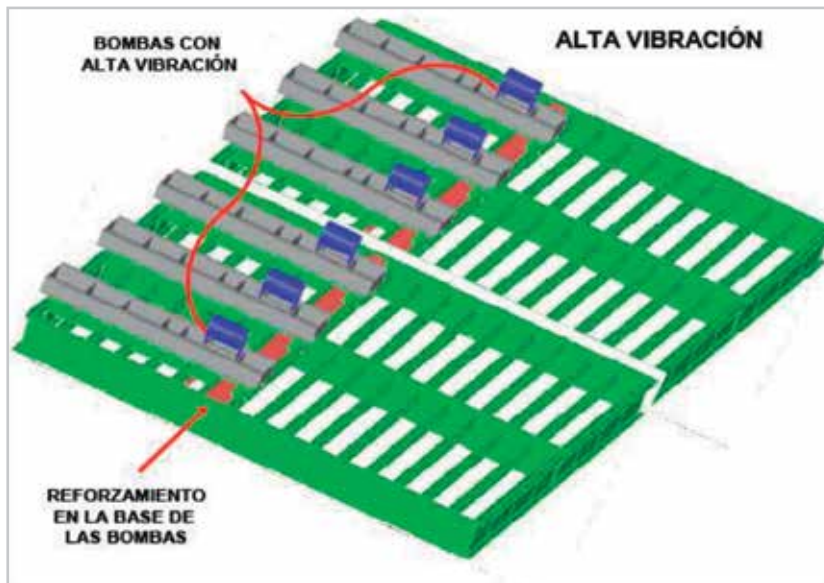


Figura 11. Esquema de reforzamiento de soportería instalada en PB-Zaap-C.

En resumen, se presentan en la **Figura 12**, los problemas y acciones correctivas realizadas con resultados parciales.

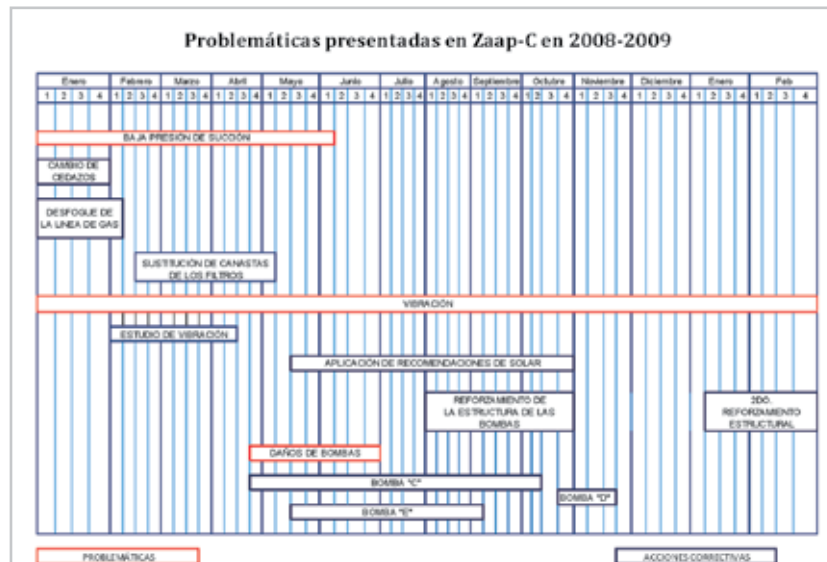


Figura 12. Esquema de problemáticas y acciones correctivas.

Finalmente se realizó un cabezal externo de succión de bombas que eliminó la U invertida de la línea de succión y se colocó por la parte inferior del cabezal de succión la líneas de succión de cada bomba, así también se modificaron los filtros de succión de bombas.

En el Centro de proceso Ku-A se tuvo que resolver la problemática del manejo de aceite de 16°API, viscosidad aproximada de 200 cSt, resultado de la mezcla de aceite de 21°API y 13°API. En la batería E-Ku-A1 se tenía una separación deficiente, tuberías y cabezal de succión de diámetros inadecuados, además de problemas con el equipo de bombeo por baja presión de succión, vibración, pérdida

de hermeticidad en los sellos mecánicos y deficiencia en el sistema de enfriamiento de aceite de lubricación.

En octubre del 2012 se realizó una libranza en la batería de E-KuA1, con el objetivo principal de sustituir el separador convencional y ampliar líneas de salida del separador de segunda etapa.

Se realizó la sustitución del separador de segunda etapa por un separador con internos de alta eficiencia, **Figura 13**.

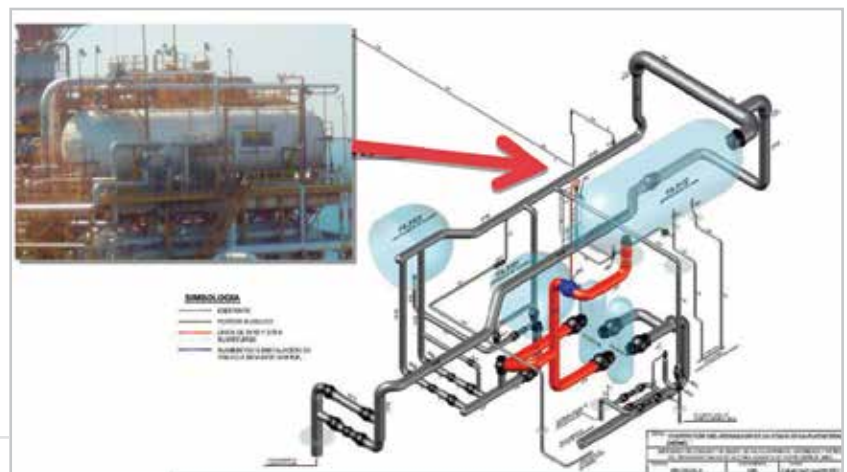


Figura 13. Cambio de separador con internos de alta eficiencia.

Se amplió la línea de salida del separador de 20" a 30", **Figura 14**.

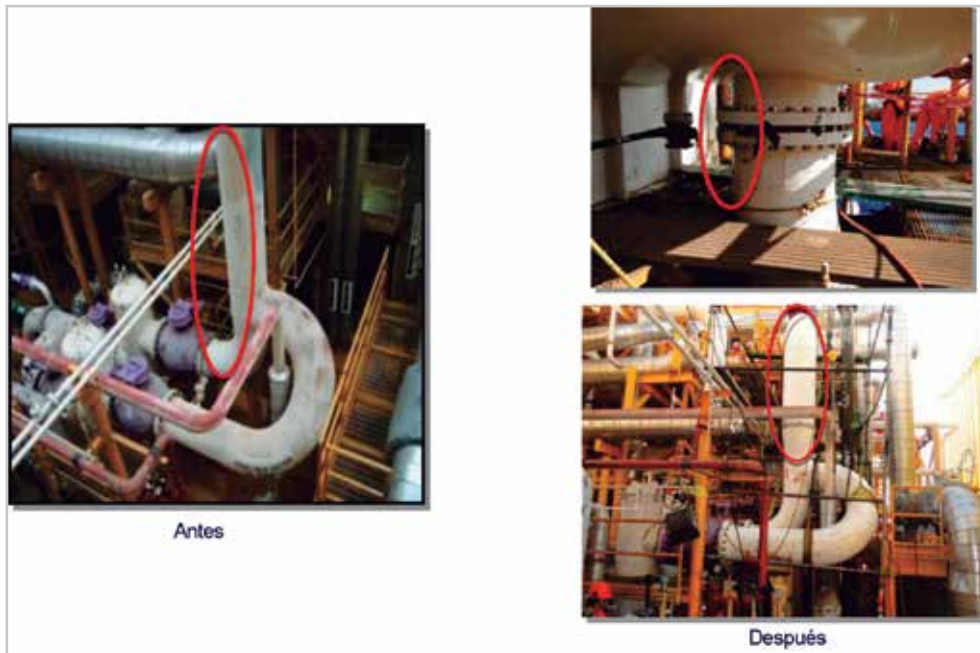


Figura 14. Cambio de diámetros de línea de salida del separador de 20" a 30".

Con las acciones realizadas, **Figuras 15,16 y 17**, en la batería de E-Ku-A1 se logró:

- ✓ Recuperar y estabilizar la columna de succión en 2.8 kg/cm², evitando la cavitación de las turbobombas.
- ✓ Se mejoró la eficiencia hidráulica operativa del equipo de bombeo.
- ✓ Mejoró la confiabilidad y seguridad operativa, al eliminar el riesgo de daño al equipo de bombeo como consecuencia de la cavitación y vibración.
- ✓ En E-Ku-A1 el reactivo antiespumante se redujo a una tercera parte.

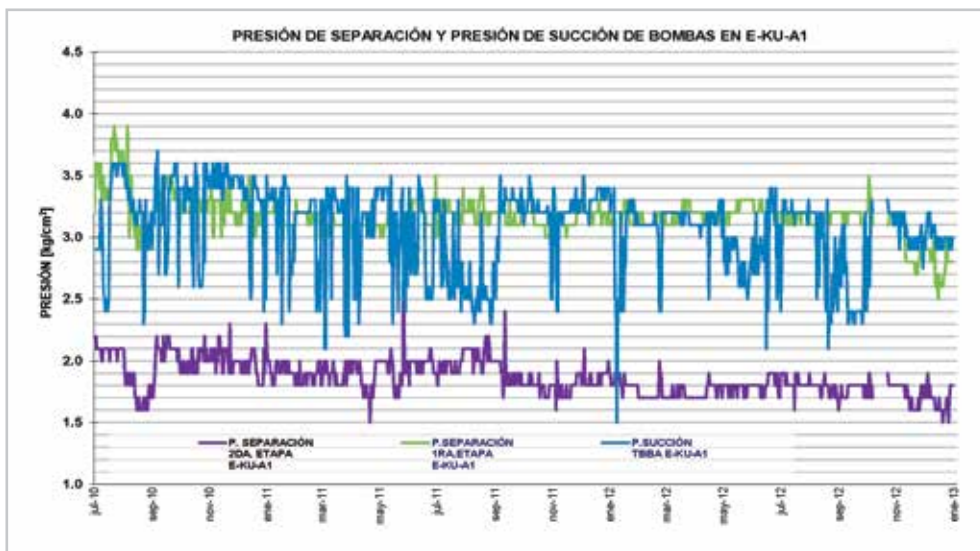


Figura 15. Comportamiento de presiones en batería E-Ku-A1.

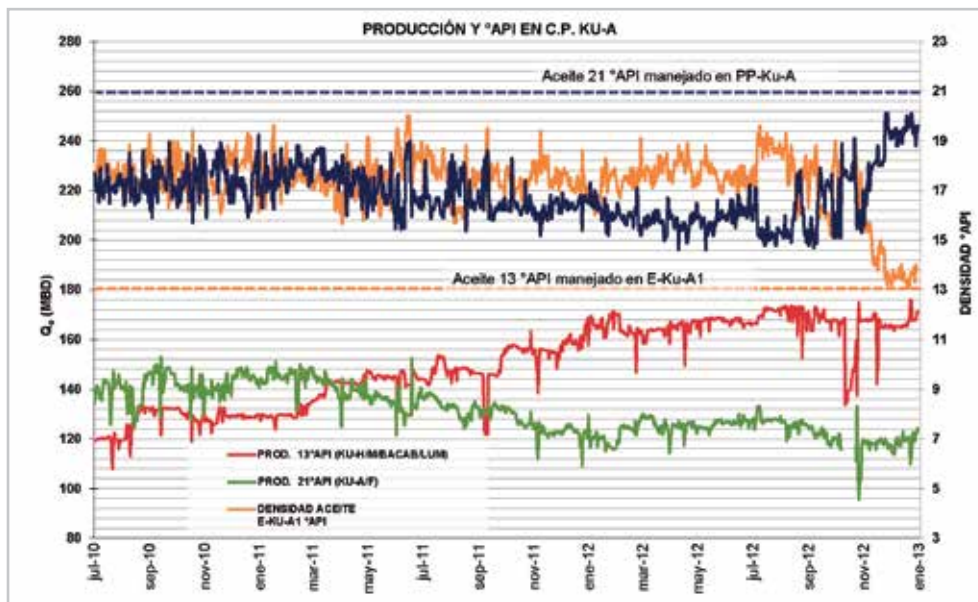


Figura 16. Producción de aceite manejado en C.P., Ku-A.

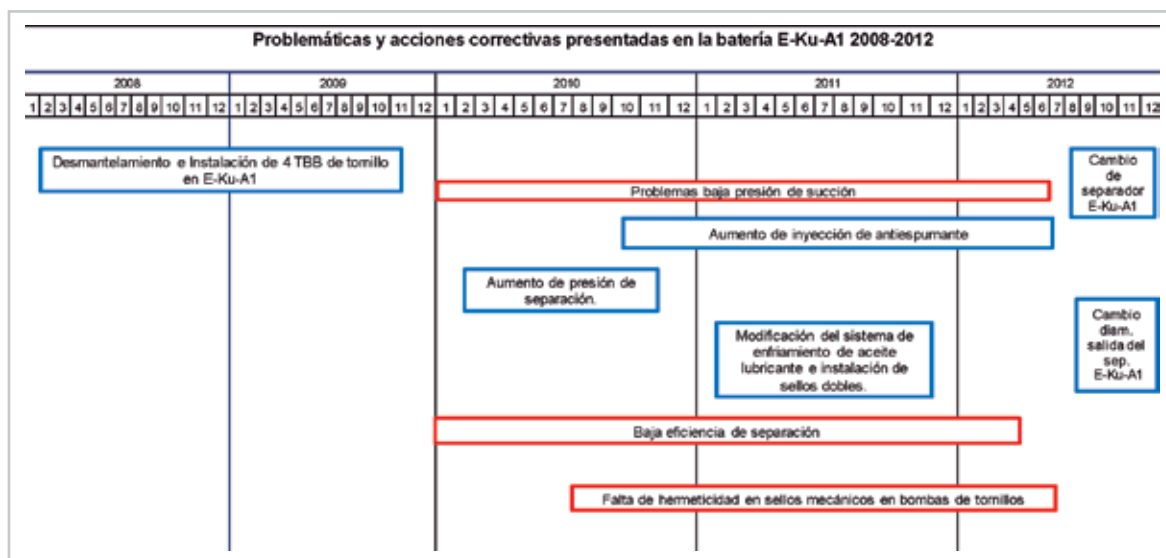


Figura 17. Esquema de problemáticas y acciones correctivas.

Aún se tienen acciones pendientes para asegurar el manejo del crudo pesado de 13°API en las plataformas Zaap-C y Ku-A como:

- Calentamiento de aceite crudo
- Sistema de mezclado de hidrocarburos
- Segregación de corrientes.

- Pruebas de mejoradores de flujo y reductores de viscosidad

Conclusiones

Las problemáticas ocasionadas por el manejo de crudo pesado de 13°API de los campos Maloob y Zaap, en los centros de proceso Zaap-C y Ku-A presentaron un reto que

requería soluciones inmediatas y a muy corto plazo, se tenía la producción del Activo de Producción Ku-Maloob-Zaap en puerta y la producción comprometida de acuerdo al Plan Maestro de Desarrollo. Esto dejó experiencias y lecciones para nuevos diseños de baterías y adecuaciones a las existentes como lo siguiente:

1. Revisar el diseño de las trayectorias de líneas de succión a las turbobombas.
2. Dimensionar adecuadamente las líneas de salida del separador y cabezal de succión de las turbobombas.
3. Seleccionar el separador adecuado para las condiciones de operación y el tipo de crudo a manejar.
4. Revisar el soporte estructural de las turbobombas.
5. Evitar restricciones al flujo del crudo pesado.
6. Seleccionar un producto químico adecuado para lograr una separación rápida de aceite-gas.

Este resultado finalmente satisfactorio en las dos baterías se debe al análisis de grupo de trabajo que conjuntó al personal de diseño, construcción, operación y mantenimiento, lo cual logró alcanzar la meta de producción de 850 MBPD en el Activo de Producción Ku-Maloob-Zaap.

Referencias

1. Activo de Producción Ku-Maloob-Zaap, Coordinación de Operación de Pozos e Instalaciones de Producción, Sector B. 2007-2011. Reportes de Producción de Diario del Centro de Proceso Zaap-C.
2. Activo de Producción Ku-Maloob-Zaap, Coordinación de Operación de Pozos e Instalaciones de Producción, Sector A. 2008-2012. Reportes de Producción de Diario del Centro de Proceso Ku-A.
3. Activo de Producción Ku-Maloob-Zaap, Coordinación de Operación de Pozos e Instalaciones de Producción, Sector B. 2008. Análisis del Sistema de Turbobombas (marzo 2008).
4. Activo de Producción Ku-Maloob-Zaap, Coordinación de Operación de Pozos e Instalaciones de Producción, Sector A. 2012. Confiabilidad Operacional en los Sistemas de Separación y Bombeo del C.P. Ku-A (agosto 2012).
5. Activo de Producción Ku-Maloob-Zaap, Coordinación de Operación de Pozos e Instalaciones de Producción, Sector A. 2012. Resumen de los Trabajos de Libranza de Ku-A (noviembre 2012).
6. Activo de Producción Ku-Maloob-Zaap, Coordinación de Operación de Pozos e Instalaciones de Producción, Sector A. 2012. Análisis de Inyección de Antiespumante en la Batería de E-Ku-A1 (diciembre 2012).
7. Activo de Producción Ku-Maloob-Zaap. 2003. Plan Maestro de Desarrollo Proyecto Integral Ku Maloob Zaap (enero 2003).

Semblanza de los autores

Ing. Fredy López Samado

Ingeniero Petrolero egresado de la Universidad Nacional Autónoma de México, y Maestría en Ingeniería Petrolera en la misma institución.

Ingresó a Petróleos Mexicanos en septiembre de 1995, como Auxiliar de Jefe de Operación, en el Departamento de terminación y reparación de pozos, Distrito Comalcalco, Tabasco.

De 2012 a la fecha se desempeña como Superintendente de operación de instalaciones de aceite, desarrollando y coordinando las actividades de manejo y transporte de aceite de Ku-A, Ku-S y Ku-M.

Ing. Nelly Villegas García

Ingeniera Petrolera egresada del Instituto Politecnico Nacional.

Ingresó a Petróleos Mexicanos en 2005, como Especialista Técnico "C", Ingeniero de Operación de instalaciones de aceite en la Coordinación de Operación de Pozos e Instalaciones de Explotación Sector A del Activo Ku Maloob Zaap, Ciudad del Carmen, Campeche, elaborando y apoyando con actividades administrativas (recursos humanos, financieros y logísticos) y operativas (elaboración de bases de datos, presentaciones y gráficos de estadísticas y comportamiento de producción) relacionadas con los Centros de Proceso Ku-A, Ku-H, Ku-M y Ku-S, en el sistema de separación y bombeo.

Actualmente se desempeña como Ayudante Administrativo de la Gerencia del Activo de Producción Ku-Maloob-Zaap.