

Análisis de Fallas en el Pasador de la Manivela en las Unidades de Bombeo Mecánico de Campo Boscán

Failure Analysis in the Crank's Pin in the Mechanical Pumping
Units of Field Boscán

Wolfgang Romero¹, Belkis Gonzalez²

Resumen

La presente investigación tuvo como propósito analizar las fallas en el pasador de la manivela de las unidades de bombeo mecánicos (balancines) del Campo Boscán para diseñar acciones de mantenimiento correctivo. Se elaboró un diagrama causa-efecto para identificar las posibles causas de fallas y por medio de comparaciones de las evidencias recolectadas con los manuales de los fabricantes y de entrevistas con informantes claves, se determinaron las fallas y su origen. Las fallas en los equipos balanceados por aire y Mark II son: descascarillados e identaciones en las pistas, desprendimiento de material en las pistas y coloración oscura en los rodamientos; de allí, el origen de las fallas es la desalineación del compensador, brazo Pitman y deformación en el agujero de la manivela.

Palabras clave: Análisis de fallas, Falla en Pasador de Manivela, Fallas en Balancines.

Recibido: 11/01/2015 Aceptado: 30/04/2015

Autor para correspondencia: wolfgang_romero@yahoo.es

- 1 Programa Ingeniería y Tecnología de la Universidad Nacional Experimental Rafael María Baralt. Mail: wolfgang_romero@yahoo.es
- 2 Programa Ingeniería y Tecnología de la Universidad Nacional Experimental Rafael María Baralt. Mail: belkisir_gonzalezzy@hotmail.com

Abstract

The present investigation was to analyze the failures pin crank of mechanical pumping units (rocker arm) of field Boscán to design corrective maintenance actions. Cause-effect diagram was developed to identify the possible causes of faults and by comparison of the data gathered with the manufacturers' manuals and interviews with key informants, failures and its origin were determined. The equipment failures Air Balanced and Mark II are: flakes and indentations on the slopes, material removal on the slopes and dark coloration in the bearings; hence, the origin of the failure is the misalignment of the equalizer, pitman arm and deformation in the hole in the handle.

Key words: Failure analysis, Crank Pin failure, Rocker arm's failure.

INTRODUCCIÓN

La empresa Petroboscán está encargada de mantener doscientas unidades de bombeo sometidas a grandes esfuerzo debido al tipo de crudo pesado que se extrae y la profundidad de los pozos que varían entre 6500 y 9000 pies. Estas unidades, han venido presentado fallas puntuales, repetitivas, con frecuencia poco usual en el conjunto del pasador de la manivela de los balancines, como lo son: desgaste en el eje, estopera y rodamiento (pista externa e interna, jaula, rolines); mostrando desprendimiento de material, rugosidad superficial, ondulaciones sobre las pistas, picadura y descascaramiento.

Como consecuencia, ocurren paros de las unidades de bombeo (producción no generada), aumento del tiempo promedio

de reparación, tiempo promedio entre falla y, en algunos casos, el colapso o caída total de la estructura. Tratando de minimizar las fallas, la empresa ha implantado varios métodos de mantenimiento preventivo tales como: inspecciones, rutas de lubricación con diferentes frecuencias dependiendo del equipo (Mark II y Air Balanced).

Esto incluye: inspección visual, ajuste, reemplazo de componentes, verifican estado y nivel del lubricante, entre otros; sin embargo, persiste el índice creciente de fallas en los rodamientos del pasador de la manivela. Por lo cual, es necesario realizar un análisis de fallas para determinar la causa-raíz de las fallas, minimizarlas, y así aumentar la disponibilidad, confiabilidad del equipo a través de acciones de mantenimiento correctivo apropiadas.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL PASADOR DE LA MANIVELA

El movimiento de la unidad de bombeo es generado mediante un motor eléctrico, quien transmite el giro (velocidad angular constante) a través de las correas a la polea acoplada al eje de alta de la caja reductora. Este eje se encuentra a su vez acoplado a la manivela (Crank) cuyo movimiento es de rotación. Esta última, tiene una serie de agujeros que permiten su vinculación con uno de los extremos del brazo Pitman o barra conectora mediante un pasador (pin) para proporcionarle, de acuerdo a su configuración como mecanismo de cuatro barras, un movimiento oscilatorio de balancín o vaivén. En el otro extremo del brazo, está vinculado al compen-

sador o braquete, en cuyo centro está ensamblado un cojinete, la cual sirve como conexión entre el compensador y la viga viajera (ver fig. 1).

UNIDADES DE BOMBEO BALANCEADOS POR AIRE

Estas unidades utilizan un cilindro con aire comprimido en lugar de pesas de hierro (ver fig. 2), son más resistentes a cargas que las convencionales y con mayor rango de longitud de embolada (de 64 a 240 pulgs). El conjunto del pasador de la manivela, en los balancines balanceados con aire, representa el elemento integrado que sirve de unión entre la manivela y la biela o brazo Pitman. (Lufkin-arg).



Figura 1. Unidad Mark II

Fuente: <http://www.lufkin-arg.com> (Visita Dic, 2013).



Figura 2. Unidad balanceada por aire

Fuente: <http://www.lufkin-arg.com>. (Visita Dic, 2013).

PROCEDIMIENTO PARA LA INVESTIGACIÓN

Se elaboró un procedimiento para descubrir y analizar las fallas y sus causas en los pasadores de las manivelas de las unidades de bombeo mecánico del Campo Boscán. En ese sentido, se plantearon las siguientes actividades:

- Explorar situación actual del mantenimiento de los pasadores de las manivelas para analizar posibles defectos en el procedimiento de mantenimiento y ensamblaje como origen de las fallas.
- Realizar observaciones en campo del mantenimiento de los pasadores de las manivelas.
- Entrevistar al personal involucrado con el mantenimiento de los pasadores de las manivelas para obtener información clave sobre el origen de las fallas.

- Elaborar diagrama Causa-Efecto para facilitar el análisis de las fallas.

Diagnosticar fallas según catálogo de rodamientos y manuales de fabricantes.

RESULTADOS

De acuerdo a las evidencias recolectadas en el campo con el personal de la empresa, reporte de fallas, orden de trabajo, entre otras, se analizaron las causas de fallas correspondientes a los pasadores de las manivelas de las unidades de bombeo mecánico Air Balance (balanceadas por aire) y Mark II.

Procedimiento de montaje y desmontaje de los pasadores de manivela en los balancines (Air Balance, Mark II)

Se pudo constatar que la empresa Petroboscán no contaba con un procedimiento escrito para

realizar el montaje y desmontaje del pasador de la manivela de los balancines. Esto conllevaba a que cada mantenedor lo hacía de acuerdo a su experiencia y realizaban incluso actividades diferentes para un mismo modelo.

En algunos casos, a pesar de contar con herramientas e implementos requeridos para realizar la labor de ensamblaje, no la utilizaban. Es necesario mencionar, para ajustar el Pasador, no utilizan un extractor hidráulico o neumático sino solo con la pistola de impacto y una mandarría (ver fig. 3), lo cual le ocasiona daño a la estructura contenedora o túnel que la contiene. Se debe tomar en cuenta que al aplicar mucha ten-

sión ocasiona la fractura o ruptura de la manivela.

Entre los procedimientos que no cumplen los mantenedores, se encuentra verificar el agujero de la manivela (crank) antes de instalar el pasador con un probador (gage), aplicar azul Prusia o grasa y determinar el área de contacto que posee. Este último, debe ser mayor al 75%, para garantizar una buena instalación, de lo contrario, se mecaniza el Pasador o se coloca una camisa (buje), para luego continuar con la actividad.

Fallas presentes en los rodamientos ubicados en los pasadores de las manivelas de las unidades de bombeo mecánico (Air Balance y Mark II)



Figura 3. Procedimiento de desmontaje de los pasadores de manivela en las unidades de bombeo mecánico

Fuente: Romero y González (2013).

En la Figura 4 se observa el diagrama causa-efecto de las posibles causas de fallas presentes en los rodamientos de los Pasadores correspondiente a las unidades de bombeo mecánico de los pozos (BN-716, BN-690, BN-104, BN-147, BN-606, BN-694) seleccionados intencionalmente debido que estos fallaron en el momento cuando se realizaba la presente investigación. Se ubicaron las causas en seis categorías: ensamblado e instalación del pasador, mantenimiento, lubricación, sobrecarga, problemas en equipos de fondo y almacenaje. Posteriormente, se revisan los factores que inciden en cada categoría y, se comparan las fotos de los rodamientos de los pasadores con las fallas mostradas por los catálogos de los fabricantes y se emite una conclusión.

A través de los registros históricos se pudo descartar la categoría problemas en equipos de fondo porque no había relación alguna con los pasadores que habían fallado (se revisaron cartas dinagráficas). En cuanto al almacenaje, se observó que no había ninguna incidencia. La tabla 1 y la figura 6, nos ratifican las otras categorías.

En los registros históricos se puede observar que los pasadores de las manivelas, operaban

continuamente por el lapso de dos años cuando se procedía a cambiar los rodamientos. Sin embargo, a partir del 2009, fallan antes de los diez meses.

A partir de la inspección visual a los rodamientos de las unidades (ver fig. 5), que presentaron fallas en el pasador, se evidencia en ellos como muestra la tabla 1 y la figura 6, descascarillado en la zona de carga en una de las pistas externas por el camino de rodadura, indentaciones en toda la pista, descascarillado en un extremo en la zona de carga, coloraciones oscuras alrededor de la pista en varias zonas, descascarillado en los bordes de las pistas y ralladura en los extremos de los rodillos de rodamiento.

Para el otro tipo de equipo, el Mark II, correspondientes a los pozos BN-147, BN-606, BN-694 se observó, como muestran la tabla 1 y la figura 6, las mismas características como: desprendimiento de material en ambas pistas, líneas rectas en todo el camino de rodadura con una separación igual a los rodillos en ambas pistas, coloración oscura en la zona de carga de la pista externa y coloración oscura en toda la pista interior.

Las comparaciones de las fotos tomadas a los rodamientos que habían fallado con los manuales

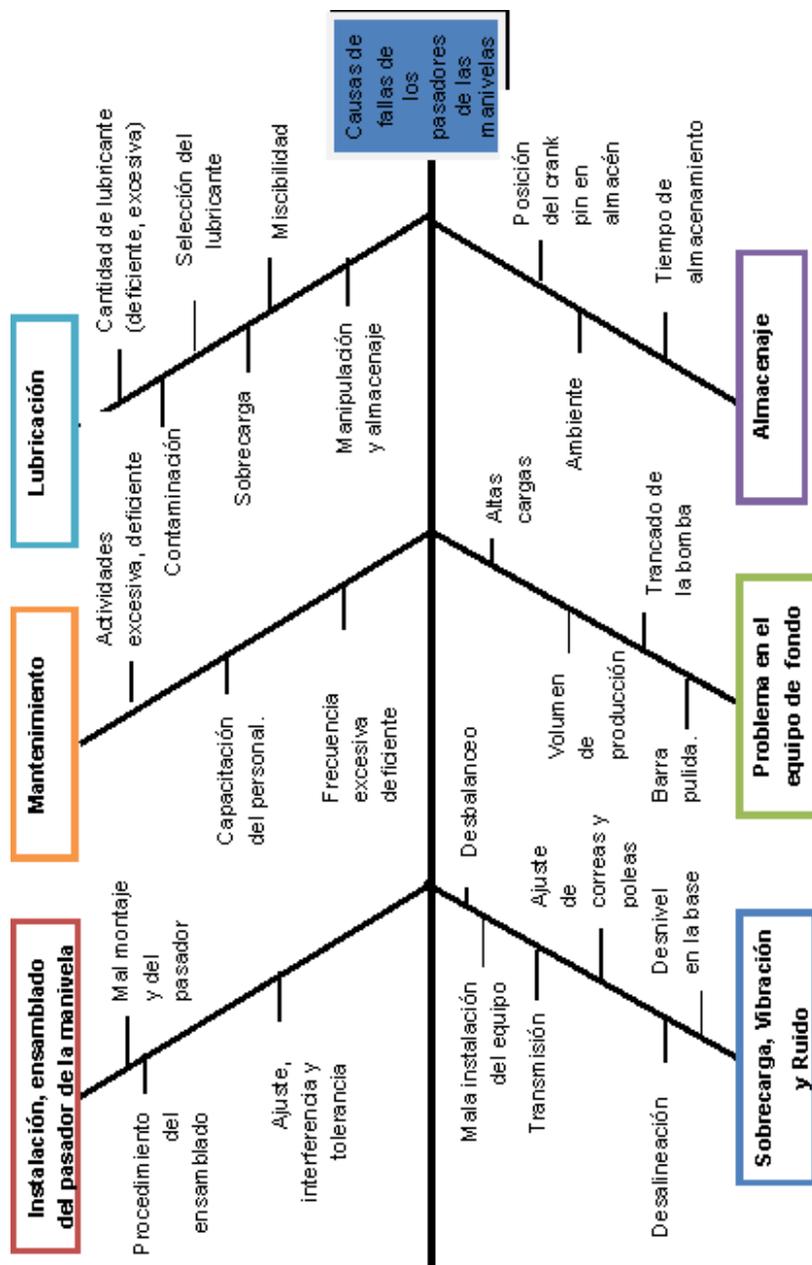


Figura 4. Diagrama causa efecto fallas en el pasador de la manivela

Fuente: Elaboración propia.

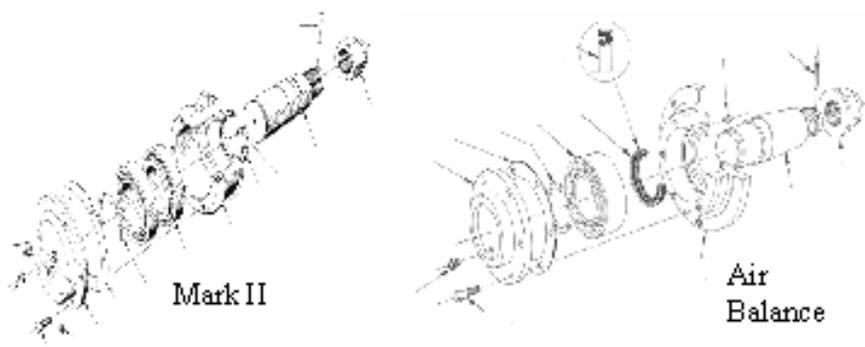


Figura 5. Rodamientos de los pasadores de manivela

Fuente: Fuente: <http://www.lufkin-arg.com>. (Visita Dic, 2013).

Tabla 1

Comparación de las fallas del rodamiento y el catálogo del fabricante

Pozo	Rodamiento	Fabricantes	Diagnóstico
BN-716	Figura 6. a, b, c, d, e	Timken: tablas 3, 4 y 14.	Fatiga superficial por desalineación, depresiones por altas cargas, pistas y elementos rodantes ásperos por cargas de impacto y partículas duras en el lubricante.
BN-690	Figura 6. a, b, f	Fag: tabla 10.	Pistas ásperas e indentadas por cargas de impacto y partículas duras en el lubricante.
Bn-104	Figura 6. a, d, e, f, g	NSK: tablas 7 y 8.	Desprendimiento de material por fatiga clásica, líneas rectas y coloración oscura por juego entre anillo y el alojamiento,
BN-147	Figura 6. a, c, d, i	SKF: tablas 11, 12 y 13.	Pista áspera por lubricación insuficiente, desprendimiento de material en el borde por sobrecarga local.
BN-606	Figura 6. a, b, e, i		
Bn-694	Figura 6. e, g, h		

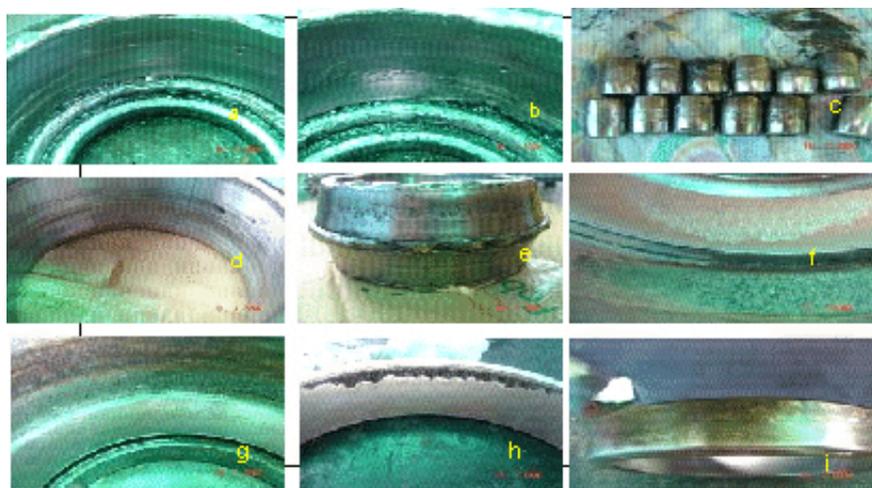


Figura 6. Rodamientos de los Pasadores de Manivela

de los fabricantes revelan que estos presentan fatiga superficial por desalineación, depresiones por altas cargas, pistas y elementos rodantes ásperos e indentados por cargas de impacto y partículas duras en el lubricante, desprendimiento de material por fatiga clásica, líneas rectas y coloración oscura por juego excesivo entre anillo y alojamiento, pista áspera por lubricación deficiente y desprendimiento de material en el borde por sobrecarga local.

Para corregir estas anomalías, primeramente se revisó las causas de la sobrecarga y cargas de impacto, vibración y ruido; es decir, el desbalance de la unidad por medio de ajustar la bomba de aire comprimido a 400 psi o ajustar el peso de balanceo,

según el tipo de unidad de bombeo. También, se inspeccionó la transmisión y no se detectó desgaste en los engranajes.

Segundo, para corregir el desgaste, juego excesivo y la alineación de la estructura, se diseñó un formato para verificar nivel de la losa y base del balancín, el espacio existente entre la manivela y el brazo Pitman, en el cual su diferencia no debe exceder de 1/4", la longitud desde el cabezal de pozo hasta la base porta-almohadilla y desde el cabezal del pozo a los extremos de la base del balancín. Se ajustaron todos los parámetros dentro del rango requerido.

Dentro de ese marco, se observó en el campo y en entrevista con el capataz, que en la mayoría de los pozos con Air Balance, en

el pasador, se encuentra la carcasa en unos de los extremos un poco hacia afuera, ocasionada por el desgaste en la mordaza o desalineación del equalizer y brazo Pitman; esto, no permite su total agarre de la mordaza con el pasador de la manivela.

Tercero, dentro del conjunto de evidencias y según entrevista con mecánicos, capataces y supervisores, que los pozos BN-510, BN-182, BN-125, BN-690 y BN-716 presentaban altos índices de reemplazo del pasador. Se procedió a observar en campo el procedimiento de instalación del pasador en la manivela y se pudo conocer las causas que originaron estos reemplazos tan seguidos. Entre las causas se encuentran: falta de un procedimiento estándar y expreso para el desmontaje y montaje del pasador, instalación del pasador sin las herramientas apropiadas ocasionando cargas cíclicas y fuerte impacto en el montaje, deformación del agujero (túnel) de la manivela.

Atendiendo a estas consideraciones, se corrigió la falla por medio de encamisado, buje nuevo, entre otros; como consecuencia, disminuyó el índice de fallas en estos equipos. En caso del BN-690 se tomó la acción correctiva de reemplazar la transmisión. Además, se elaboró un manual

para la correcta instalación de los pasadores de manivela.

Finalmente, se observaron varios problemas en la lubricación, como contaminación, cantidad de lubricante deficiente, manipulación y almacenaje inapropiados, miscibilidad y sobrecarga. En cuanto a la miscibilidad de las grasas, se tomaron muestras con la grasa original que traen los pasadores de manivela con la grasa utilizada en el taller de la empresa, se llevaron a un laboratorio para verificar la compatibilidad y combinación de las grasas.

CONCLUSIONES

Los procedimientos de montaje y desmontaje empleados actualmente por la empresa no cumplen con un procedimiento estándar para su correcta instalación.

Las fallas presentes en los rodamientos del Pasador de la Manivela se identifican como: fatiga superficial por desalineación, depresiones por altas cargas, pistas y elementos rodantes ásperos e indentados por cargas de impacto y partículas duras en el lubricante, desprendimiento de material por fatiga clásica, líneas rectas y coloración oscura por juego excesivo entre anillo y alojamiento, pista áspera por lubricación

deficiente y desprendimiento de material en el borde por sobrecarga local; estas están asociadas básicamente a problemas con la desalineación del equalizer, brazo Pitman y deformación en el agujero de la manivela.

En resumen, se puede indicar lo siguiente:

Causa Raíz Física: en esta se determinó, deformación del agujero de la manivela, desalineación del pasador de la manivela, brazo Pitman y equalizer.

Causa Raíz Humana: la causa humana, es el desconocimiento de la importancia de la inspección dimensional e integridad del agujero de la manivela en el procedimiento de montaje y desmontaje del pasador.

Causa Raíz Latente: la principal causa latente, es el desconocimiento de la aplicación adecuada del procedimiento de montaje, en cuanto a la verificación del agujero de la manivela y alineación.

RECOMENDACIONES

Crear una base de datos computarizada, para el historial de fallas de los equipos y sus componentes para llevar la data de manera explícita la cual contenga los tiempos de operación, tiempo de reparación, tipos de fallas que presenta; de tal forma, que permita realizar las estadísticas de fallas de manera más fácil y sencilla.

Revisar el almacenamiento de las grasas, su manipulación e integridad del lubricante. Realizar un estudio de las empaaduras que utiliza el pasador, descripción, características, material, calidad entre otros aspectos para seleccionar la adecuada en función de mejorar el sellado y evitar la contaminación.

Capacitar al personal de mantenimiento en cuanto al manejo de instrumentos de medición.

Es necesario revisar los intervalos de lubricación y la cantidad de grasa aplicada para que se cumpla el periodo establecido por la empresa.

LITERATURA CITADA

- (1) FAG Argentina. 2010. Averías de los rodamientos. Buenos Aires, Argentina. www.FAG.com (Visita Dic., 2013).
- (2) Lufkin Argentina. 2007. Unidades de bombeo. Argentina. <http://www.lufkin-arg.com> (Visita Dic., 2013).
- (3) NSK. s/f. NSK Bearing Doctor. Diagnóstico Rápido de Fallas en Rodamientos. Ann Arbor, Michigan. USA. http://www.nskamericas.com/cps/rde/xbr/na_es/NSK_BearingDoctor_Catalogo_de_Fallas.pdf (Visita Dic., 2013).
- (4) TIMKEN. (2009). Análisis de fallos en rodamientos de rodillos cónicos. Vol 3. Edición 2. North Canton, Ohio. USA. http://www.timken.com/pl-pl/solutions/automotive/aftermarket/lightduty/TechTips/Documents/Vol3_Iss2_TRB%20Damage%20Analysis_Spanish.pdf (Visita Dic., 2013).