

ANALISIS DE CONFIABILIDAD MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE WEIBULL CASOS PRACTICOS

Ing. Jorge H. Arca

Ing. Adrián Carmona

Pan American Energy LLC

Introducción

Como parte de la implementación de un proceso de optimización de las actividades de mantenimiento e integridad en nuestra operación, en el marco del despliegue de las Estrategias Comunes de Mantenimiento (CMS), se decidió hacer una optimización de activos mediante la utilización de herramientas estadísticas, fundamentalmente haciendo uso de análisis de Weibull.

El objetivo principal es identificar oportunidades de mejora en los períodos de mantenimiento preventivo implementado en los equipos, en el criterio de reemplazo de componentes, como también en la conveniencia de hacer cambios en algún modelo o tipo de equipo.

Desarrollo

Pan American Energy LLC (PAE) posee en sus operaciones, una gran diversidad de equipos e instalaciones mantenidos de acuerdo a una Estrategia Común de Mantenimiento (CMS), mediante la cual se ha definido todos sus planes de inspección y reparación. De esta manera, se logró llevar sus activos a las condiciones básicas, obteniendo resultados compatibles con sus objetivos de confiabilidad y disponibilidad, seguridad y medio ambiente.

Toda la gestión se realiza mediante el uso de un sistema de administración (CMMS) que posee una base de datos de fallas e intervenciones.

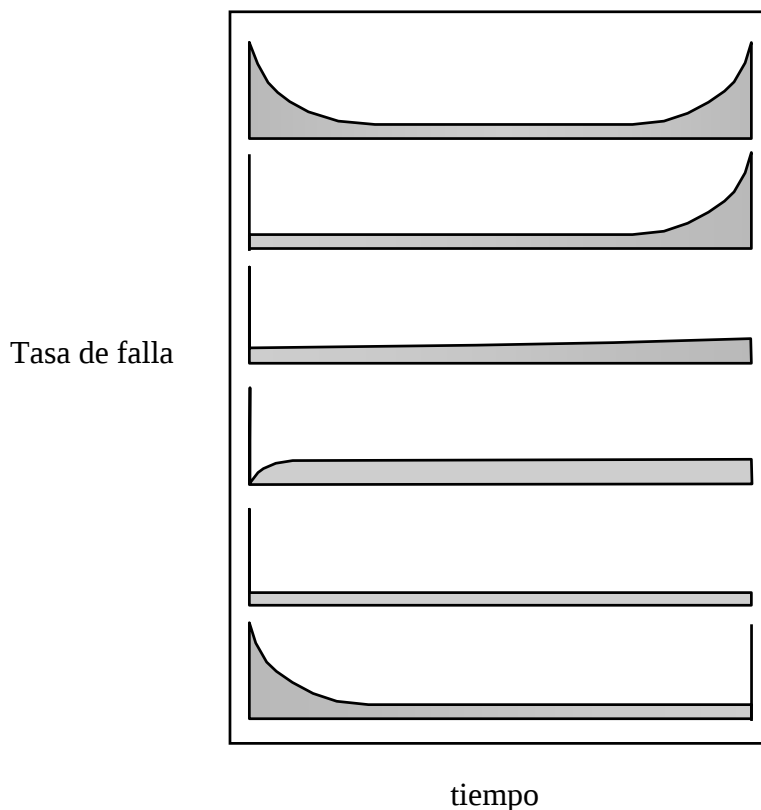
Una vez estabilizado el plan, se decidió revisar las estrategias implementadas haciendo un análisis de optimización de activos haciendo uso de un modelo matemático – estadístico de Weibull como herramienta básica. El objetivo principal fue optimizar el costo de ciclo de vida, adecuando sus tácticas de mantenimiento.

La distribución de Weibull es una distribución empírica que sirve para ajustar una gran cantidad de características de falla de los equipos. Luego nos permite tratar matemáticamente un histograma de fallas, y hacer distintos tipos de análisis de optimización como:

- Criterios de reemplazo de equipos y/o componentes
- Períodos y tácticas de inspección
- Confiabilidad

Distintos equipos y contextos operativos, se comportan de acuerdo a diferentes modos de fallo, los cuales definen curvas características de tasa de falla. Entre ellas podemos observar en la figura #1 a las más conocidas.

Figura 1 – curvas de tasa de falla en función del tiempo



Cada una de estas curvas permite definir uno de los parámetros de la función de Weibull, el llamado beta (β). En función del tipo de fallas, puede resultar en la composición de dos o más funciones, que representen el sistema en todo su ciclo de vida. También, en relación a la cantidad de fallas en función del tiempo, Weibull se nutre para terminar de definir otro parámetro, el denominado eta (η). Luego, Weibull nos representa la función densidad de probabilidad de fallas en función del tiempo.

A partir de la información de paros de equipo por falla y por mantenimiento preventivo, nos permitió obtener las distintas funciones, con sus parámetros, los cuales sirvieron para evaluar las estrategias de mantenimiento más convenientes. Tales como continuar haciendo mantenimiento preventivo o decidir esperar a que el equipo falle.

En efecto. Calculamos:

- La probabilidad de falla y su tasa si hacemos inspecciones
- La probabilidad de falla y su tasa sin inspecciones

Con el costo de reparación e inspección, la pérdida de producción de cada escenario, definimos cuál es la frecuencia óptima de inspección, y eventualmente si conviene o no la inspección.

En la figura #2 podemos observar las curvas que representan lo mencionado en el párrafo anterior. Existe un punto óptimo de frecuencia de inspección. Puede ocurrir que este punto tenga un período mayor que el tiempo medio de fallas, para lo cual seguramente será conveniente no hacer inspecciones.

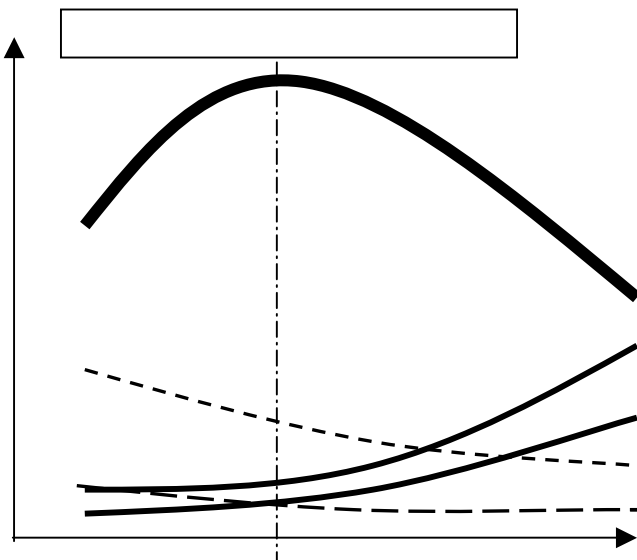


Figura #2

Todo el análisis fue hecho con un software dedicado denominado Relcode, desarrollado en la Universidad de Toronto por el Dr. Andrew Jardine.

Así mismo, es posible analizar la conveniencia entre hacer cambios preventivos de componentes, versus cambiarlo cuando falle (asumiendo que no hay propagación de falla a otros componentes). De esta manera, se evalúa el incremento en los costos operativos, en función de la probabilidad de falla, costos de reemplazo, pérdidas operativas, vida remanente de los componentes antes del cambio preventivo.

Se analizaron los siguientes tópicos:

- Cambios de tapas de cilindro en motores a gas.
- Cambio de turbos en motores a gas.
- Calibración de válvulas PSV
- Reemplazo de oleoducto principal
- Reemplazo de bombas electrosumergibles.

La selección se hizo en función del impacto que tenían sobre los costos, producción, seguridad y medio ambiente.

En el caso de tapas de cilindro de motores a gas, se seleccionaron los motores Guascor G240, de los que poseemos 107 en operación.

Casos Analizados	β	Relación costos correctivo vs preventivo	Vida Media [h]	Vida Característica [h]	Política	Base de Datos	
						Suspensiones	Fallas
Tapa de cilindro Guascor FG- 240	2.82	1.24	44.202	49.629	E/B	440	59

Entendiéndose por vida media, al tiempo medio entre fallas del componente.

Vida característica η , es un parámetro que corresponde a la edad a la cual el 63.2% de los componentes o ítems han fallado.

Política E/B, se refiere a la política por de reemplazo de componente por edad o bloque.

Suspensiones, componentes que cumplen satisfactoriamente con su función. Por ejemplo un reemplazo preventivo llevado a cabo no por una falla sino porque se trata de anticipar la misma permite que el mismo siga cumpliendo su función y su estado sea tan bueno como lo era al ser nuevo.

Fallas, la terminación de la capacidad de un componente o ítem de realizar una función requerida.

Previo al estudio, la política era el cambio de tapas en el mantenimiento mayor del motor, en donde se hacía un cambio completo.

Si bien el resultado indica que el menor costo de reemplazo es a las 42000 hs utilizando una política de reemplazo por edad, o sea siguiendo la edad de cada tapa de cilindro, la confiabilidad es muy baja, con valores de 53%.

El valor de confiabilidad a las 27000 hs, es de 96% y la política de reemplazo por edad o por bloque determina un costo de \$/h 0.1461 y 0.16 respectivamente.

En este caso el reemplazo de las tapas a la falla (ROOF: replace only on failure) genera un costo de \$/h 0.1434. Por lo tanto se determina como política el reemplazo por falla de las tapas de cilindro, Generando ahorros aproximados de 100000 \$/año, teniendo en cuenta que el motor tiene 8 tapas de cilindro por motor y están instalados 107 motores en el yacimiento.

En el caso de turbocargadores de motores a gas, se obtuvieron los siguientes resultados:

Casos Analizados	β	Relación de costo correctivo vs preventivo	Vida Media [h]	Vida Característica [h]	Política	Base de Datos	
						Suspensiones	Fallas
Wsha. 7042	0.64	2.21	512.974	369.690	ROOF	69	22
Wsha. 7044	1.10	2.31	139.293	144.378	ROOF	30	3
Wsha. 7044 DVII	1.50	2.56	67.541	74.818	E/B	26	3
Distrito I 7042, 7044	0.25	1.89	7.765.881	321.409	ROOF	11	8
Distrito IV 7042	1.09	2.36	210.251	217.528	ROOF	58	13
Distrito VII 7042,7044,AT27	1.53	4.94	71.260	79.104	E/B	35	6

El resultado fue diferente en función de su contexto operativo. Teniendo casos en los cuales se encontró la conveniencia de hacer cambios preventivos y otros que no. Los ahorros esperados de hacer un cambio en la estrategia, son insignificantes, por lo que se decide continuar con la política de hacer reparaciones preventivas en los overhauls de sus respectivos motores.

Para el caso de reparación del oleoducto principal, el cual tiene una extensión de 120 km, se definió como falla a todo espesor menor al 50% del valor nominal.

Se encontró un tiempo medio entre fallas de 29,27 años, con una dispersión de 15,87. La conclusión fue hacer reparaciones debido a falla (espesor menor a 50%), en vez de hacer cambios o reparaciones preventivos.

En las figuras #3 y #4 vemos una par de pantallas del software Relcode.

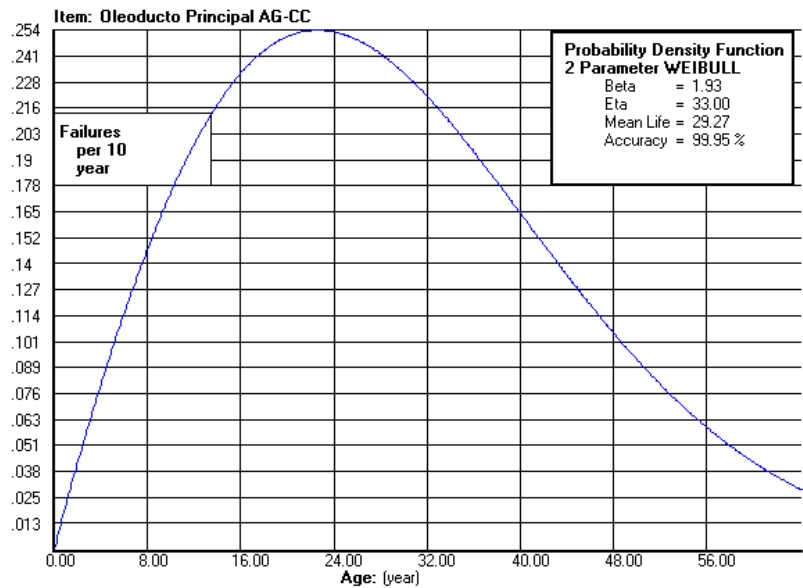


Figura #3

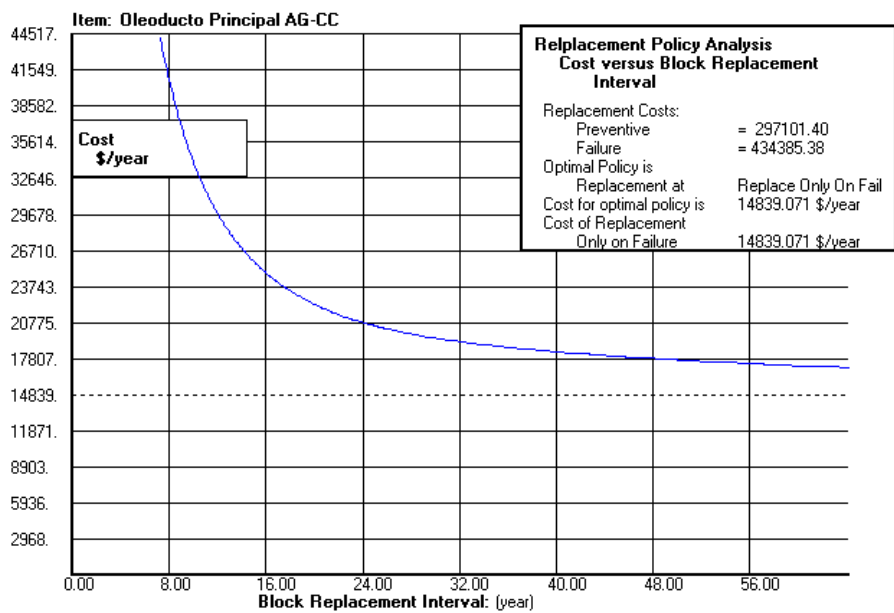


Figura #4

En el caso de válvulas PSV, se obtuvieron valores elevados de tiempo medio entre falla como así también de período óptimo de reparación (45 meses). Por ser este valor muy superior al actual (12 meses), se optó por continuar con el plan actual en válvulas de equipos críticos, duplicándose a 24 meses para los no críticos. Se hará una evaluación SIL (seguridad ante la demanda) para definición de estrategia en función de la confiabilidad pretendida en la instalación.

Para las bombas electrosumergibles, se corroboró la conveniencia de continuar con la actual política de intervención ante la falla, debido a que beta resultó ser menor que uno.

Conclusiones

La metodología de análisis de Weibull para la optimización de los costos de ciclo de vida de activos es una poderosa herramienta que nos sirvió para la toma de importantes decisiones en la política de mantenimiento e inspección, con alto impacto en la reducción de costos operativos. Para ello es muy importante contar con una base de datos completa y confiable de fallas e intervenciones, con detalle de tareas, tiempos y costos, como también de un grupo de ingeniería de mantenimiento capacitado para la ejecución de los análisis periódico, en el marco de una filosofía de mejora continua.

Bibliografía

- Maintenance Replacement Reliability-A.K.S.Jardine, Pitman Publishing.

CV resumido de Jorge Arca

Ingeniero Industrial orientación Mecánica – Universidad Nacional del Comahue – 1990

Posgraduado en Dirección de Empresas – Universidad Siglo XXI – 2001

Posgraduado en Project Management – Universidad de Belgrano – 2005

Trabaja en el ámbito de ingeniería de mantenimiento desde el año 1990, estando en diferentes empresas como Indupa, Bidas, Sade – Skanska y Pan American Energy.

Actualmente se desempeña como Jefe de Ingeniería de Mantenimiento en Pan American Energy, Unidad de Gestión Golfo San Jorge. Su principal responsabilidad es liderar equipos de planificación y ejecución de tareas de mantenimiento, inspección y confiabilidad en los sectores de Integridad, Corrosión, Mecánica, Electricidad y Automatización. Su base de trabajo se encuentra ubicada en el yacimiento de explotación hidrocarburífera de Cerro Dragón, provincia de Chubut.

CV resumido de Adrián Carmona

Profesión: Ingeniero.

Título secundario: Técnico Mecánico

Título universitario: Ingeniero Mecánico-Universidad Nacional de Mar del Plata-1999

Empresa en la que trabaja: Pan American Energy LLC.

Puesto: Líder Confiabilidad Mecánica y Mantenimiento Predictivo.

Se desempeña en el área de Confiabilidad desde el año 1999 en la empresa cementera Loma Negra y desde el año 2001 en Pan American Energy.

El área de trabajo actual se encuentra en la Unidad de Gestión Golfo San Jorge, Cerro Dragón, provincia del Chubut, Argentina.