

Riesgo – ¿Que Significa Para Mi?

Por Mark Tanner, P.E.

Ingeniero Mecánico

Traducido por Oscar Quintero

Ingeniero Metalúrgico y
Materiales

Todos hemos escuchado el término “riesgo”. Este término es usado frecuentemente en los medios de comunicación. Se menciona el riesgo de un ataque al corazón o cáncer, si uno fuma, o a lo mejor el riesgo si uno no usa un casco cuando usa una bicicleta, o si no se pone el cinturón de seguridad en un automóvil. También escuchamos a analistas financieros hablar acerca del riesgo cuando se invierten acciones, bonos o metales preciosos. Las instituciones financieras también consideran el riesgo en una persona cuando dan préstamos. Escuchamos noticias de gente que arriesga su vida para salvar a alguien. De hecho, hay demasiado riesgo alrededor de nosotros, que hay compañías que hacen negocios basados en el riesgo. Las compañías aseguradoras están en el negocio de proteger a otros negocios o personas basados en algún tipo de riesgo: salud, vida, automóvil, hogar, etc. ¿Qué es el riesgo y cómo puede ser usado para ayudar a mi compañía?

Primero, ¿que es “riesgo”? El diccionario Oxford dice que el riesgo es la posibilidad de que algo inconveniente o desagradable ocurra. Esta definición es muy general pero nos ayuda en entender el porque el término “riesgo” se usa mucho. Entonces, ¿cómo cuantificamos el

riesgo y como lo podemos usar en nuestra compañía? Bueno, primeramente, muchas compañías ya usan el riesgo. Cualquier compañía grande tiene un departamento de administración de riesgo. Sin embargo, ellos ven por el riesgo general de la compañía, mas no un equipo en específico. ¿Cómo puedo yo usar ese riesgo para que me ayude? ¿Cómo puedo usar el riesgo para que me ayude a planear los mantenimientos?

La posibilidad de que algo no placentero o no bienvenido ocurrirá.

La siguiente ecuación se usa para calcular el riesgo:

Riesgo = la probabilidad de un evento x por la consecuencia del evento.

A veces este término se usa como posibilidad en vez de probabilidad. Hay diferencias entre estas palabras en el mundo de las estadísticas, pero por razones prácticas, estas son intercambiadas por la mayoría de la gente. Con eso dicho, este artículo usará estos términos como lo usaría gente que no se dedica a la estadística.

La probabilidad de un evento esta basada en muchos factores de ingenierías y condiciones previamente establecidas. El diseño, operación y mantenimiento tienen un papel importante en la probabilidad de falla. El monitoreo continuo e inspecciones así como pruebas diferentes y partes de repuesto ayudan con la probabilidad y la consecuencia por falla. Por ejemplo, un gerente de planta puede preguntar al ingeniero de mantenimiento o al ingeniero de equipo rotatorio que cuál sería la probabilidad de que este equipo falle si retrasamos el reacondicionamiento otros tres años o que tipo de riesgo estaríamos tomando si retrasamos el reacondicionamiento. El gerente explicaría que esto podría ayudar a la planta en la reducción del presupuesto de mantenimiento este año. El ingeniero no puede nomas dar un numero porque la probabilidad y consecuencia son basados en muchos factores.

Esto es donde la metodología de la evaluación de riesgo para planificar mantenimientos puede ayudar. La mayoría de las maquinas (turbinas de vapor, generadores, compresores, bombas, etc.) tienen la capacidad de operar por mas tiempo entre paros de mantenimiento, pero no ha habido maneras consistentes y objetivas para cuantificar esa capacidad. La estimación de las horas equivalentes de operación, tiempos fijos, y estimaciones de consultores han sido subjetivas y no han sido rentables para la programación del

(Continúa en la página 2)

(Continuado de la página 11)

mantenimiento mayor. Modelos de evaluación de riesgo pueden cuantificar esa capacidad porque están inherentemente consternados con la probabilidad de falla, consecuencias de la falla o fallas, y los factores que puedan aumentar o bajar las probabilidades de riesgo y/o sus consecuencias. Los modelos de riesgo combinan factores técnicos y de confiabilidad con consecuencias financieras para llegar a la mejor decisión posible. Estos modelos proveen guías en las cuales presentan en qué y dónde están los riesgos del turbogenerador; como el tiempo entre los mantenimientos mayores se pueden extender con los mínimos cambios posibles en el riesgo; como los niveles de riesgo en posibles ganancias pueden ser reducidas; y como priorizar el mantenimiento, mejoras y decisiones de repuestos para que los recursos de la compañía sean efectivamente justificados y aplicados al equipo que mas lo necesita.

M&M Engineering Associates junto con Hartford Steam Boiler Inspection and Insurance Company (HSB por sus siglas en inglés) y múltiples expertos en maquinaria rotativa de varias industrias ayudaron a desarrollar estos modelos de evaluación de riesgo. La confiabilidad y los factores de riesgo fueron desarrollados por líderes en la generación eléctrica, procesos (refinería, petroquímica, productos químicos), industria papelera, manufactura, e industrias de reparación de maquinaria disponiendo de su experiencia junto con la experiencia de M&M Engineering Associates en análisis de falla y evaluaciones de riesgo así junto con la experiencia de décadas que

HSB como aseguradora de este tipo de maquinaria. Estos programas consisten en algoritmos que calculan el riesgo (riesgo = probabilidad de falla x consecuencia) del turbogenerador de vapor de las probabilidades de falla, consecuencias de la falla y modificaciones y factores de ingeniería. Estos factores son aplicados y los riesgos son calculados en base a las respuestas de una serie de preguntas relacionadas con la turbina de vapor o generador. Estas preguntas varían desde como se opera y mantiene el equipo,

pasados. Los factores fueron calibrados con análisis de unidades de todo tipo. Los modelos y niveles de riesgo asociados fueron validados con unidades que han tenido mayores intervalos de tiempo entre mantenimientos mayores.

Los modelos de riesgo fueron desarrollados en base a la guía de inspección de riesgo de ASME. Los modelos han sido parte de artículos técnicos o presentaciones en las conferencias de ASME, API, EPRI, NUSIS, PowerGen, SAE, TAPPI y

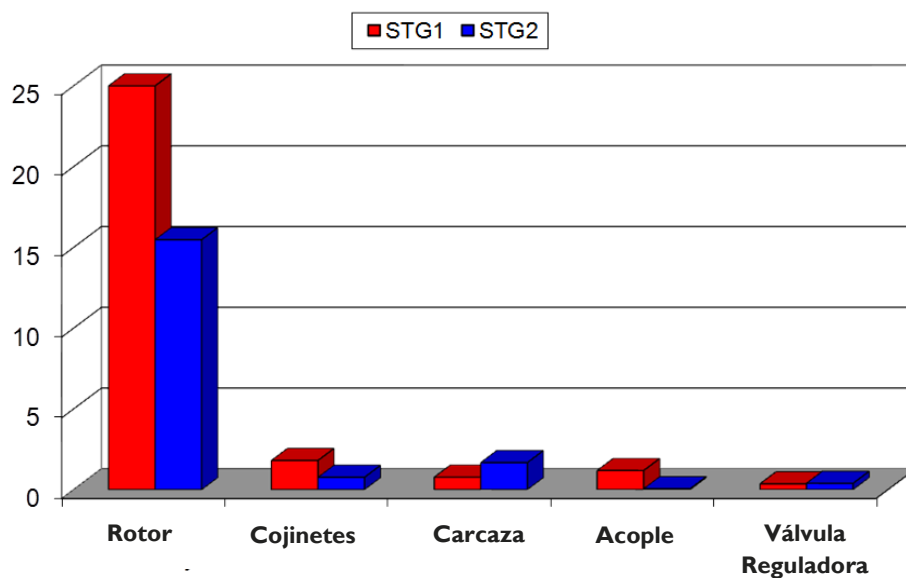


Figura 1. STG1 tiene un mayor riesgo de una falla en el ensamble del rotor comparada a STG2.

construcción y diseño, química del agua, actualizaciones y mejoras, y refacciones, etc. M&M Engineering, HSB, y la experiencia de la industria fue aprovechada para establecer que atributos son importantes y necesarios para que se pueda llegar a un intervalo de tiempo mayor entre los mantenimientos mayores y tener niveles de riesgo bajos. Estos atributos fueron convertidos en factores modificantes para ver los riesgos de la turbina y generador en bases holísticas—diseño, operación, mantenimiento, monitoreo y condiciones en mantenimientos

Turbomachinery así como de tres diferentes compañías aseguradoras y un fabricante. Se hicieron análisis de mas de 330 turbinas de vapor y 133 generadores. Estos resultados reflejan 21 fabricantes de turbinas diferentes y 10 fabricantes de generadores. Los tamaños oscilaron entre 600 HP hasta 890 MW, horas de operación entre 8,000 a 340,000 y años de servicio de nuevas hasta 62 años. Las turbinas tuvieron 471 fallas (una falla es un evento que causa la perdida de producción). Estas fallas oscilaron desde fisuras por fatiga de

alabes hasta fisuras en las carreras del disco debido a corrosión caustica. También variaron entre sellos completamente destruidos hasta diafragmas estacionarios erosionados.

Para tratar y describir el proceso, vamos a usar una analogía que todos estamos familiarizados. Básicamente, el proceso de la evaluación de riesgo es como un proceso médico. Cuando uno visita a un médico, una enfermera recopila los detalles básicos del estado de salud de uno. Le revisan la temperatura, presión arterial, pulso y

otro lado, si su presión es de 140 sobre 85 y solamente se quejaba de dolores de cabeza, el quizá revisara su historial medico y hacer preguntas adicionales o pedir mas pruebas como una resonancia magnética o exámenes de sangre. Basado en los resultados, el doctor puede sugerir un cambio de dieta, mas ejercicio o medicamento. El doctor después decide si necesita regresar otra vez para revisión.

El análisis de riesgo de maquinaria es un proceso muy similar. Uno puede ver con la unidad es operada basado

picaduras de corrosión previamente, la probabilidad de fatiga es mucho mayor. Si falla esta parte del equipo para la producción entonces la consecuencia de la falla es muy grande. Si hay algún repuesto o refacción, entonces la consecuencia de la falla es menor.

El proceso del análisis de riesgo considera muchos factores que afectan el riesgo: condiciones de diseño del equipo vs actual, construcción del equipo, operación, mantenimiento, monitoreo y protección, mejoras, refacciones, fallas pasadas, incidentes, resultados de pruebas e inspecciones, variables del proceso (por ejemplo, química del agua en una turbina de vapor).

Después de que toda la información ha sido recolectada y revisada, los cálculos de riesgo pueden ser calculados. Estos cálculos proveen:

- Clasificación de riesgo/punto de referencia del equipo comparado con la industria y otros equipos de otras compañías.
- Clasificación de la contribución de riesgo de los subcomponentes.
- Riesgo clasificado por modos de falla.
- Riesgo clasificado por modos de operación.
- Riesgo clasificado por operación fuera de los intervalos del mantenimiento mayor.
- Recomendaciones de mitigación de riesgo.

Las gráficas muestran los resultados del riesgo de dos turbinas de vapor de la misma planta. Como se observa, tienen diferente riesgo y mecanismos de falla potenciales que manejan el riesgo.

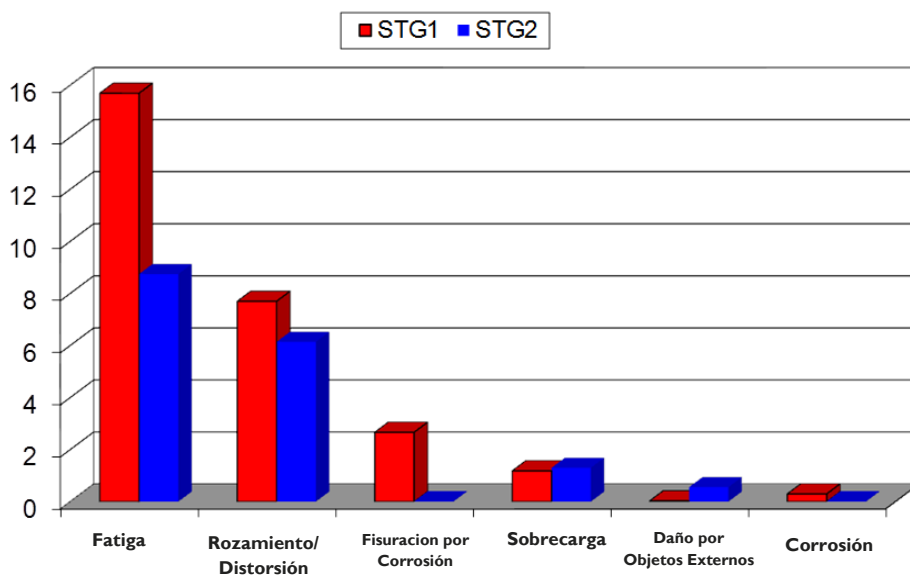


Figura 2. El modo de falla con mayor riesgo para ambas unidades es fatiga.

le hacen preguntas acerca de lo que le esta molestando. Ellos (ellas) escriben los síntomas (ubicación del molestar, los niveles de dolor, visión borrosa, etc.). Basado en esto, el doctor puede empezar con su evaluación de “riesgo”. Puede que necesite más exámenes para poder diagnosticar y tratar el padecimiento. Si su presión arterial fue de 180 sobre 120 y se quejaba de dolores de cabeza y dolor en el pecho, lo más seguro es que lo mande a una sala de emergencia. No necesita de un electrocardiograma para saber que esta en peligro. Por el

en la información que se monitorea, información de los operadores, personal de mantenimiento, personal eléctrico, información histórica como reportes de mantenimientos previos, etc. Basado en las respuestas, las probabilidades de falla pueden incrementar o disminuir. Por ejemplo, si una turbina ha estado experimentando vibraciones intermitentes, uno sabe que la probabilidad de fatiga es mayor para los álabes y discos así como daño por rozamiento de los álabes, diafragmas, sellos y carcasa. Si los álabes sufrieron

(Continúa en la página 4)

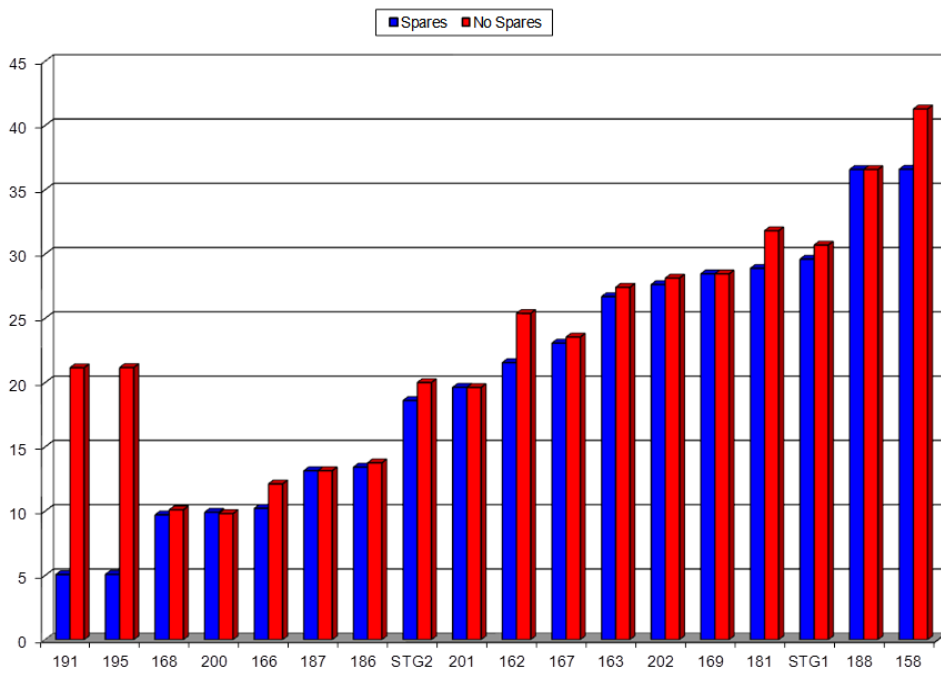


Figura 3. STG1 tiene un mayor riesgo comparada con STG2.

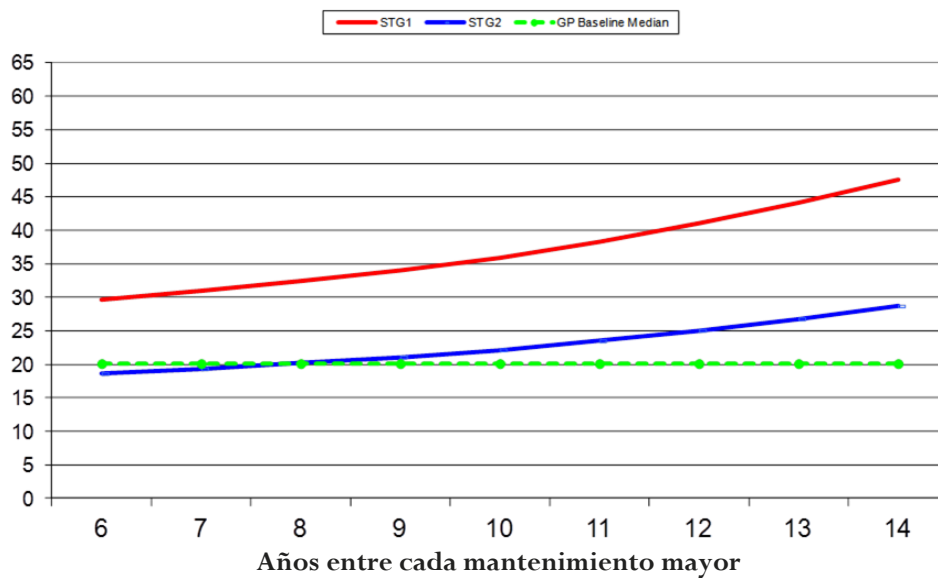


Figura 4. El riesgo para ambas STG1 y STG2 aumenta conforme el intervalo entre los mantenimientos mayor aumenta.

(Continued from page 3)

A continuación hay dos ejemplos de recomendaciones de varias categorías que se dieron de la evaluación de riesgo de las turbinas de vapor. Estos vinieron de múltiples evaluaciones de riesgo pero muestran el rango de que maneja el riesgo y que se necesita hacer para mitigarlo o reducirlo.

Recomendaciones Relacionadas Con La Química del Vapor

1. La unidad no tiene monitoreo de sodio en el ciclo del vapor. Con un condensador de aire, la ruta mas viable de contaminación sería por el sistema de desmineralizado de agua. La planta tiene un ánodo y una cama

mixta, en las cuales ambas son regeneradas con cáustica. El monitoreo de sodio asegurará que la planta sea notificada si hay contaminación por hidróxido de sodio por problemas durante o después de la regeneración. La conductividad catódica no detectará la contaminación por hidróxido de sodio.

2. Monitoreo continuo y directo de la química del vapor es crítico para minimizar la corrosión y para prevenir fallas del turbogenerador. El cuidado de la pureza del vapor es más crítica conforme el mantenimiento mayor es prolongado. Más crítico todavía es el monitoreo continuo de la conductividad catódica (acídica) y el sodio en el agua de alimentación de la caldera y principales muestras de vapor. Por la información que se proveyó el sodio se monitorea en el vapor. El limite normal de sodio debe de ser <2ppb. Sin embargo, la información que se proveyó de la semana de invierno y verano mostro excursiones múltiples por día con un promedio de mas de 89 ppb. Estas excursiones son cuatro veces mayores que los límites operacionales de EPRI. La causa de las excursiones necesita identificarse así como implementar acciones correctivas para eliminar las excursiones de sodio. Estas excursiones pueden llegar a que los álabes y discos se fisuren por corrosión por estrés.

Condiciones de Operación

1. La fuerte oxidación observada en las áreas de los sellos del eje en la turbina de alta presión indica temperaturas de sellado de vapor excediendo 538°C (1000°F). La

temperatura del vapor del sellado reportado fue de 365°C(689°F) para la turbina de alta presión. Esta temperatura necesita ser revisada, evaluada y controlada. Cualquier excursión corta de temperaturas en los 600°C (1100°F) oxidará los sellos del eje como se observó. Dependiendo de cuando las excursiones ocurrieron, el rotor puede ser deformado o pandeado por las altas temperaturas. Un eje de rotor pandeado puede causar problemas de vibraciones como esta unidad ha presentado. También puede ser la causa o contribución de rozamientos pasados de los sellos y del rozamiento de los álabes en el cobertor. El vapor de sellado debe ser controlado debidamente.

2. Es anormal romper el vacío a tan altos RPM (1200 RPM) después de un disparo de la turbina. Cuando esto pasa, los álabes L-0 y L-1 son usados para frenar el turbogenerador mas rápido. La carga adicional en estos álabes en su presente condición y erosionados puede resultar una falla prematura de estos álabes. Se recomienda que basado en la información proveída, que el vacío no se rompa hasta que la turbina este debajo de los 300 RPM o preferentemente, en el virador.

Diseño/Construcción de la Turbina

1. Si se descubre rozamiento de los sellos en la turbina de alta presión durante el siguiente paro, se deberá considerar el reemplazo de los sellos por un diseño retractable. Esto sería benéfico y aliviaría que estos

roces ocurran durante los arranques debido a los problemas de vibraciones que resultan de la susceptibilidad del rotor de alta presión a remolinos de vapor.

2. Si la corrosión y sus residuos como la herrumbre o el sarro dentro del sistema de lubricación y control entonces esto puede causar problemas. Los filtros se deberán cambiarse a acero inoxidable 316 como indicado en API 612 como mínimo. Típicamente, desde principios de 1970, el sistema de lubricación incluyendo el tanque son de acero 316. La línea de retorno varia entre 316 o acero al carbón basado en las especificaciones internas del fabricante. Se recomienda que la válvula de emergencia se pruebe al menos una vez al año, lo que se puede implementar como parte de un paro planeado.

Mantenimiento de la Turbina

1. Con más tiempo entre paros de mantenimiento, es importante continuar una inspección formal de las válvulas reguladoras (MSV), válvulas de control, válvulas de no-retorno y los actuadores de válvulas. Los componentes internos de las válvulas se deben de inspeccionar cada tres años por ensuciamiento, residuos de objetos foráneos, discrepancias dimensionales y fugas en los sellos. El filtro de entrada hacia las válvulas también debe de ser inspeccionado por residuos. Anualmente, los actuadores y servomotores deben de inspeccionarse visualmente e internamente por funcionalidad, fugas y desgaste. Fallas, atoramientos, o cerraduras lentas de cualquiera de las válvulas

pueden resultar en daños mayores (sobrevelocidad o sobrecarga) de la turbina de vapor.

2. Debido a indicaciones de contenido de sílice significativo y contaminación cáustica, una inspección de boroscopio deberá ser hecha lo más pronto posible buscando erosión, corrosión, daño foráneo, fisuras, ensuciamiento/depósitos. Cualquier hallazgo significativo debe de ser atendido proactivamente y posiblemente considerar una inspección de desensamble prematura.

Las evaluaciones de riesgo aplicadas debidamente pueden asistir en minimizar la probabilidad de falla y/o las consecuencias de la falla. La evaluación metódica de las condiciones de operación, acciones de mantenimiento, frecuencia de inspecciones y otros factores que afecten el envejecimiento del equipo pueden resultar en una mejor toma de decisiones en el uso de equipos activos, mano de obra y finanzas.

Contacte a los autores:

Mark Tanner

Ingeniero Mecánico

512-407-3777

Mark_Tanner@mmengineering.com

Oscar Quintero

Ingeniero Metalúrgico y de Materiales

512-407-3762

Oscar_Quintero@mmengineering.com