

TITULO: ESTUDIO DEL EFECTO DE LA MAGNETIZACIÓN EN LA FIABILIDAD DE LA OPERACIÓN DEL GENERADOR DE VAPOR DE LA EMPRESA MIELERA SIBONEY.

TITLE: STUDY OF THE MAGNETIZATION EFFECT IN THE OPERATIONAL RELIABILITY OF THE BOILER IN MOLASSE ENTERPRISE SIBONEY.

**Autores: MSc. María de Lourdes de la Cruz Aragoneses.*
Dra. Martha Nápoles García. *
MSc. Abdel Rivera Martín. ***

*Universidad de Camagüey, email: maria.delacruz@reduc.edu.cu.

RESUMEN:

Se realizó el análisis de las variables aleatorias tiempo entre fallos, tiempo de duración del fallo y número de fallos, para conocer sus leyes de probabilidad, así como se evaluó la efectividad de la magnetización y su efecto económico en la operación del generador de vapor. Se realiza la clasificación de los fallos. Se observa que el comportamiento de las variables aleatorias asociadas al proceso tiempo entre fallos y tiempo de duración tienen un comportamiento exponencial, según lo esperado. Se demostró la efectividad del tratamiento magnético del agua de alimentación a las calderas en la disminución de los fallos asociados a la operación del generador de vapor. El cálculo económico demuestra lo planteado en el punto anterior, pues se observa una disminución de 1.13 \$ / h o sea un beneficio de 83.08 %.

Palabras claves: tratamiento magnético, fallos, generador de vapor o caldera.

ABSTRACT:

In this paper these random variables are analyzing : Failure time, the time between failures and number of failures in order to obtain their random laws as well as to evaluate economic and magnetic effects in inlet water for operating boiler. Failures classification is done . Failure time and the time between failures follow an exponential function. Economic benefits are determining with an 1.13 \$ / h of saving and 83.08 % of decreasing in repaired costs are reported, this result confirms the effectiveness of magnetic treatment in inlet water to boiler.

Key words: magnetic treatment, failure, steam generator or boiler.

INTRODUCCIÓN:

El trabajo se desarrolla en la Empresa Mielera Siboney del municipio de Sibanicú en Camagüey, realizando un muestreo para la clasificación de los fallos y la determinación de la calidad del mantenimiento preventivo en el área de Generación de Vapor con el empleo del tratamiento magnético del agua de alimentación a las calderas.

Durante varias décadas, al estudio de los fallos asociados a los procesos en general y a los procesos de la industria química en particular, se le ha dedicado especial atención, debido entre otros factores, a la necesidad de hacer más confiable la operación de los mismos, lo que redundaría en un mayor beneficio económico, ecológico y humano.

Los conceptos de seguridad, fiabilidad, riesgo, están íntimamente ligados, pues cuanto más fiable es un sistema, mayor será la seguridad, por tanto el riesgo disminuirá(8)

Los métodos empleados se basan en la estadística y permiten a través de funciones de fiabilidad y de indicadores que se determinan a través de la información tomada del sistema, valorar la eficiencia del proceso y la calidad del mantenimiento preventivo. La metodología utilizada se recoge en la bibliografía especializada.(8)

El análisis económico que se deriva de un estudio de esta índole posibilita la valoración de las pérdidas económicas que en un período dado ocurren, pues esta empresa cuenta con una sola caldera y mientras mayor es el # de paradas por concepto de fallos asociados a la calidad del agua de alimentación al generador de vapor, mayores son las pérdidas por concepto de ventas, entre las que se encuentran: la miel, la cachaza y la electricidad.

El empleo del tratamiento magnético del agua de alimentación según la bibliografía consultada debe disminuir los problemas de incrustaciones, corrosión y otros factores asociados a los mismos disminuyendo el riesgo y las pérdidas económicas, ecológicas y humanas que pueda traer consigo (3),(12), teniendo en cuenta lo anterior se realiza este trabajo cuyo objetivo consiste en el

:

- Análisis del efecto de la magnetización sobre la fiabilidad del generador de vapor de la empresa mielera Siboney a través de la determinación de indicadores técnico-económicos que permitan evaluar la calidad del mantenimiento preventivo.

MATERIALES Y MÉTODOS:

➤ Cálculo de los indicadores de fiabilidad para evaluar el Mantenimiento Preventivo.

Basado en la metodología para el cálculo de los indicadores de fiabilidad, que permite valorar el comportamiento y efectividad del mantenimiento preventivo, descrita en la referencia (8), se

presenta a continuación un ejemplo donde se toman seis zafra de las cuales sólo se incluyen los fallos de caldera asociados al magnetizador. Se toma como promedio un tiempo de duración de 160 días . La información se refiere en la tabla 1 que se presenta a continuación:

Tabla # 1.- Número de fallos distribuidos en el tiempo por zafra

Tiempo(t)	20	40	60	80	100	120	140	160
Zafra 6 (05 – 06)	4	0	4	0	2	0	0	0
Zafra 5 (04 – 05)	0	0	0	0	0	0	0	0
Zafra 4 (03 – 04)	1	3	0	0	0	0	0	0
Zafra 3 (02 – 03)	0	0	0	2	0	0	0	1
Zafra 2 (01 – 02)	1	0	0	1	0	0	1	1
Zafra 1 (00 – 01)	0	0	0	1	0	0	1	0

De esta forma se determina por la ecuación:

$$N(t) = \frac{1}{z} * \sum(m_z)$$

Obteniéndose los valores registrados en la tabla 2.

Tabla# 2. Valores reales de flujo de fallos N(t).

N(t)	0	1.2	1.8	2.6	3.4	3.8	3.8	4.2	4.6
T(días)	0	20	40	60	80	100	120	140	160

Donde:

N(t): flujo de fallos, (fallos / unidad de tiempo).

Z: cantidad de zafra, (adimensional).

m_z : # de fallos en cada zafra desde t = 0 hasta t = 160, (adimensional).

Con estos valores se realiza el ajuste a una distribución Weibull biparamétrica teórica, utilizando el software Curve Expert 1.3 en su versión V1.34 el cual es un sistema de ajuste para Windows.

Este software brinda la posibilidad de ajustar diferentes tipos de curvas, la función potencial de estructura:

$$Y = a * x^b$$

De esta forma por analogía se pueden obtener los valores de los parámetros de Weibull una vez determinados por el ajuste a y b. Los resultados aparecen a continuación:

$$\theta = 12.9 \text{ (parámetro de forma)}$$

$$\beta = b = 0.6178 \text{ (parámetro de escala)}$$

Se obtiene entonces el modelo de Weibull :

$$N(t) = \left(\frac{t}{12.9}\right)^{0.6178}$$

Apreciándose en la tabla 3 los resultados obtenidos a partir del

mismo:

Tabla #3. Valores teóricos del flujo de fallos, N (t).

N(t)	0	1.3	2.0	2.5	3.1	3.5	4.0	4.4	4.7
t	0	20	40	60	80	100	120	140	160

Con estos resultados se procede al cálculo de los indicadores de fiabilidad para la evaluación del mantenimiento preventivo, los cuales según la bibliografía consultada se determinan como sigue (Mojicar , S y col. , 2001):

Tabla # 4 : Indicadores de fiabilidad.

Cálculo de los indicadores de fiabilidad			
Probabilidad de no ocurrencia de fallos.	R(t)	$\exp\left(-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta\right)$	0.00875729
Frecuencia media de fallos.	w(t)	$\frac{t^{\beta-1}}{\theta^\beta}$	0.03396833
Tiempo medio entre fallos (h).	TMEF(t)	$t^{1-\beta} * \theta^\beta$	29.4391886

➤ **Análisis estadístico realizado.**

Para el análisis estadístico se utilizaron Software profesionales como son el Excel, el Arena y el Statgraphics Plus.

El Excel se utilizó para caracterizar las variables aleatorias tiempo entre fallo, tiempo de duración del fallo.

En el Arena se realizaron los ajustes y la prueba de la concordancia con la herramienta Input Analyzer para esas dos variables así como para el número de fallos.

El Statgraphics Plus se utilizó para la prueba de hipótesis y análisis de varianza de muestras múltiples, que permiten plantear los beneficios del uso del tratamiento magnético.

➤ **Comprobación de la efectividad del tratamiento magnético.**

Para esto se utilizará el Software Statgraphics Plus donde se realizó la prueba de hipótesis con los tiempos de duración de los fallos entre la zafra del 1999-00 donde no se utilizó el tratamiento magnético en la caldera y con las posteriores zafras del 2000 al 2006 donde si se aplicó.

Además, se efectuó un análisis de muestras múltiples donde se comparan los resultados entre las zafras con magnetización, no existiendo diferencias significativas entre las mismas..

➤ **Análisis económico del efecto de la magnetización.**

Se procede a determinar el costo total asociado a las pérdidas para ambas condiciones de trabajo:

- Sin el empleo de la magnetización (SM).
- Con el empleo de la magnetización (CM).

Este índice se expresa como:

$$C_{TR} = TD_m * NF_m * (C_R) \quad \text{donde:}$$

TD_m : Media de la variable aleatoria, tiempo de duración del fallo (h).

NF_m : Media de la variable aleatoria, número de fallos (adimensional).

C_R : Costo de reparación para un fallo (\$/h).

C_{TR} : Costo total de reparación para todo el período analizado (\$/h).

C_{prod} : Costo de producción de azúcar (\$/h).

Es importante destacar que en el cálculo del costo total perdido para el caso de operar la caldera con agua tratada magnéticamente, en la variable número de fallos no se tuvo en cuenta o sea se descartó aquellos fallos asociados al ponche de fluses, debido a que ha sido demostrado en trabajos anteriores que el empleo del tratamiento magnético no cambia la composición química del agua y se obtiene un efecto práctico que se traduce en la formación de una fina arenilla no incrustante, por lo que en estas condiciones el ponche de fluses está asociado a altas concentraciones de di oxígeno disuelto debido a una deficiente deareación térmica.

A continuación se muestra el cálculo realizado:

$$C_{TR(SM)} = TD_{m(SM)} * NF_{m(SM)} * C_R$$

primeramente se determina C_R :

$$C_R = 0.15 * (C_{prod} * F_{prod})$$

$$C_{prod} = 328.05 \text{ \$/h (por datos obtenidos en el central en la zafra 2005)}$$

$$F_{prod_{ax}} = 9.125 \text{ \$/h (DFI termo azúcar, zafra 2005)}$$

asumiendo que el costo de reparación representa el 15% del costo de operación.

$$C_R = 0.15 * 328.05\$ / t * 9.125t / h$$

$$= 449.02\$ / h$$

luego; asumiendo que 1 día de trabajo tiene 20 h.

$$C_{T_R(SM)} = 1.21h * (8) * 449.02\$ / h * \frac{1z}{160d} * \frac{1d}{20h}$$

$$= 1.36 \$/h \text{ en una zafra}$$

entonces:

$$C_{T_R(CM)} = \frac{(1.65) * (1) * (449.02)}{3200} = 0.23\$ / h \quad \text{en las zafra analizadas}$$

El empleo del acondicionamiento magnético reduce las pérdidas en 1.13 \$/h y esto representa un beneficio de 83.08 %.

$$\% \text{ beneficio } C_M / S_M = \frac{1.13}{1.36} * 100 = 83.08\%$$

CONCLUSIONES:

- La clasificación de los fallos en la Empresa Mielera Siboney se resumen en cuatro categorías: Dependientes (99%), No peligrosos (98%), Súbitos (77%) y de Explotación (95%).
- Se pudo comprobar que $w(t)$ es decreciente, $n(t)$ es no lineal y $\beta < 1$ por lo tanto se rechaza la hipótesis nula lo que significa que hay ajustes defectuosos al inicio de la reparación y esto corresponde a un Flujo no Homogéneo de Poisson.
- Se observa que el comportamiento de las variables aleatorias asociadas al proceso tiempo entre fallos TEF y tiempo de duración del fallo TD tienen un comportamiento exponencial, según lo esperado
- Se demostró la efectividad del tratamiento magnético del agua de alimentación a las calderas en la disminución de los fallos asociados a la operación del generador de vapor.
- El cálculo económico demuestra lo planteado en el punto anterior, pues se observa una disminución de 1.13 \$ / h o sea un beneficio de 83.08 %.

BIBLIOGRAFÍA:

1. Bonet, C: Fiabilidad de las máquinas automotrices e industriales, M. Bonet Borjas ,Santiago de Cuba, ISPJAE, 1999-2000, 66P.
2. Chou, Y: Análisis Estadístico, Ya-Lun Chou. , México , Nueva Editorial Interamericana, [s.a].-808p.

3. De la Cruz, María de Lourdes: Análisis de los problemas de corrosión y formación de incrustaciones de las superficies térmicas de los generadores de vapor de los CAI Brasil y Argentina, Maria de Lourdes de la Cruz Aragonese. Tesis de Maestría. Universidad de Camagüey, 1999.
4. Fonseca, J; Fernández, A: Propuesta de metodología para determinar la incertidumbre de disponibilidades que afectan el proceso inversionista azucarero, Joel Fonseca Quevedo, Araín Fernández Iza guirre, Trabajo de Diploma. Camagüey, Universidad de Camagüey, 2004.- 39p.
5. Freund, J: Estadística Elemental Moderna, John E. Freund. , 457 p, La Habana, [s.a].
6. Fluid Force- Water conditioners, Water magnetic treatment, Water <www.fluidforce.com>, 2003.
7. González , Y: Estudio teórico práctico sobre la fiabilidad de los neumáticos de los automóviles utilizados para el turismo., Yoelder González Parra, Trabajo de Diploma, Universidad de Camagüey, 2001.
8. Mojicar, S; De La Paz, Estrella : Estimación de los índices de fiabilidad mediante el Análisis del flujo de fallo en los artículos reparables de la industria azucarera Segismundo Mojicar; Estrella de la Paz. , Centro Azúcar 28 (4),5863, octubre-diciembre, 2001.
9. Oro , O; Sáez, R: Caracterización de instalaciones generadores de vapor, Osniel Oro Rivera; Rodolfo Sáez Crombet, Trabajo de Diploma, Camagüey, Universidad de Camagüey, 120 p,1999
10. Rodríguez, R; De La Cruz, María de Lourdes: Análisis de la fiabilidad de la empresa mielera Siboney bajo condiciones de transición a un proyecto eficiente. , Rigel Rodríguez, María de Lourdes de la Cruz, Martha Nápoles García, Trabajo de Diploma, Camagüey, Universidad de Camagüey, 73 p, 2005.
11. R osa, Elena : Análisis de alternativas de inversión en la industria química considerando la fiabilidad de los equipos, Elena.Rosa., Tesis para la obtención del grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas.,1996.
12. Willians, Walquiria ; Chipilica, A; De La Cruz, María de Lourdes : Efecto del tratamiento magnético en los generadores de vapor de la industria azucarera, Walquiria Williams Jiménez, Aurelio Chipilica y Maria de Lourdes de la Cruz Aragonese, Trabajo de Diploma, Universidad de Camagüey, 70 p, 2002.

