

Una aplicación del análisis probabilístico de sistemas en la industria refresquera

*José Hilario Flores O.,
Francisco J. Santiago y S.,
Luis Felipe Gallardo S.*

Profesores investigadores, Universidad Tecnológica de la Mixteca

Resumen

Se hizo la modificación del análisis probabilístico de seguridad al análisis probabilístico de sistemas, y esta técnica la aplicamos a la industria refresquera con la finalidad de mostrar los resultados prácticos que se obtienen con esta herramienta.

El primer resultado importante fue la detección de los puntos críticos del sistema, con base en lo cual se propone un plan de monitoreo estadístico de datos para profundizar en el conocimiento del sistema de producción que permita utilizar esta herramienta en la toma de decisiones, tales como programas de mantenimiento, entrenamiento del personal, programación en la adquisición de insumos, determinación del paquete de partes de repuesto, etc.

Cabe destacar que como producto principal se obtiene el modelo integral de la planta considerando todas sus interrelaciones.

Introducción

El análisis probabilístico de seguridad es una herramienta que se aplica fundamentalmente en la industria nuclear y aeroespacial, sin embargo hasta ahora en nuestro país no se ha aplicado extensamente a industrias de otro tipo. Convencidos de las bondades de esta herramienta, nos hemos dado a la tarea de aplicarla, con algunas modificaciones, a industrias que requieren alcanzar un rendimiento mayor y, por las experiencias obtenidas al llevar a efecto esta tarea, le estamos dando un nuevo enfoque llamado *análisis probabilístico de sistemas*.

Objetivo

Modelar de manera integral el comportamiento del sistema de producción de una planta refresquera, considerando como evento tope "No hay producto terminado".

Procedimiento

Para ello se definió el sistema a estudiar como la línea principal de producción y se postula el suceso no deseado "no hay producto terminado". Como podemos observar, este primer suceso no deseado ocurre en el punto (1) marcado sobre el diagrama de la figura 1, el método requiere que comencemos a desarrollar el árbol de eventos, cuyo inicio se muestra en la figura 2, con base en esto se obtuvo la ecuación correspondiente al árbol de fallas, que se expresa en álgebra de Boole.

El evento tope expresado, parcialmente, en términos de las compuertas correspondientes a un desarrollo de arriba hacia abajo es:

$$\begin{aligned} TE &= G2 + CPNH + G5 \\ G2 &= G3 + G4 \\ G3 &= EBFCE-E + EBFSA \\ G4 &= EBFMCE + EBFMN + EBFMM \\ G5 &= G6 + G9 \\ G6 &= G7 + G8 \\ G7 &= TBFMCE + TBFMM \\ G8 &= TBFCE-E + TBFST-E \\ G9 &= G10 + G12 + G22 \end{aligned}$$

ETC...

Usando el código FTAP se resuelve este conjunto de ecuaciones para obtener la ecuación de conjunto mínimos de corte, la cual expresa al evento tope en términos de los eventos básicos (causa de falla de cada componente). La ecuación correspondiente es

$$TE = CCFATTSA + CCFATSEH + CCFATSHH + CCFATFS + CCFATSE + CCFATPF + CCFATSE + CCFA-TPS + CCFATTSE + CCFATTSE + CCFATTSH + CCFS-$$

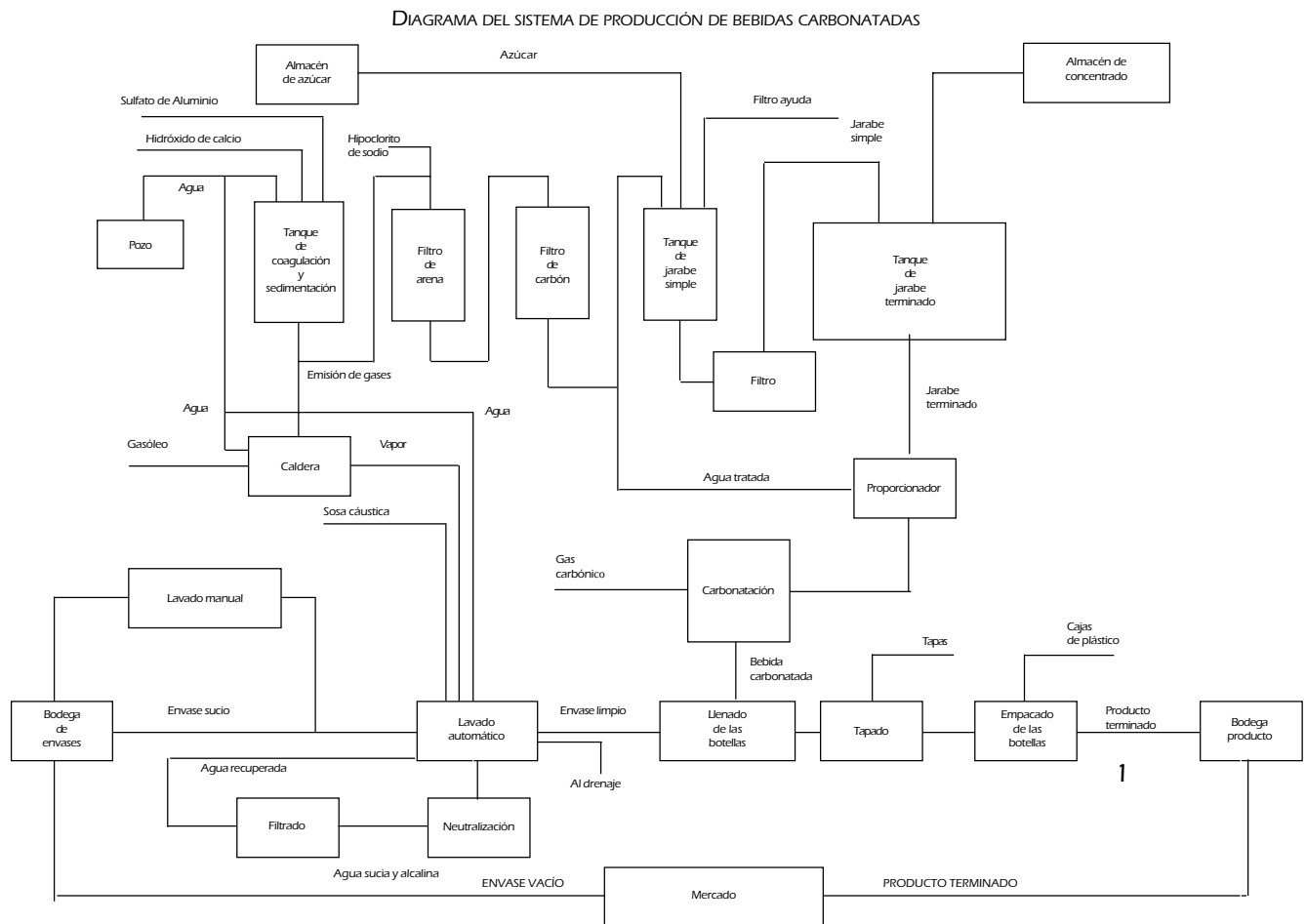


FIGURA 1

PFO + CCFSCCC + + CPNH + ELFAME
+ ELFAPS + ELFAMH + ELFAMM + CCFATSH + CCFATTHC

El evento tope contiene 55 eventos en 55 conjuntos de corte, donde, por ejemplo, CCFATTSA significa, falla el suministro de sulfato de aluminio para la Coca Cola, CPNH no hay cajas de plástico, ELFAME falla el mantenimiento eléctrico, por lo que no hay envase limpio, etc.

El siguiente paso consiste en obtener los valores de indisponibilidad de los eventos básicos y evaluar la probabilidad de ocurrencia del evento tope, en nuestro caso generamos una base de datos hipotética y evaluamos el evento tope usando el código TEMAC, que arrojó como resultado los puntos críticos del sistema más importantes, así como el análisis de la importancia de cada evento,

tomando como criterios el aumento o la disminución de la productividad de la planta.

Conclusiones

1. De acuerdo con el resultado de evaluar el conjunto mínimo de corte, se obtiene que la razón de falla del sistema de producción es de 1.51×10^{-1} para un turno de trabajo.
2. El evento más importante es la falla de corriente eléctrica externa, por lo cual se sugiere como primera mejora la adquisición de un sistema de respaldo eléctrico.
3. Los eventos que ocupan el segundo lugar en importancia son la falla mecánica y la falla hidráulica, éstas se

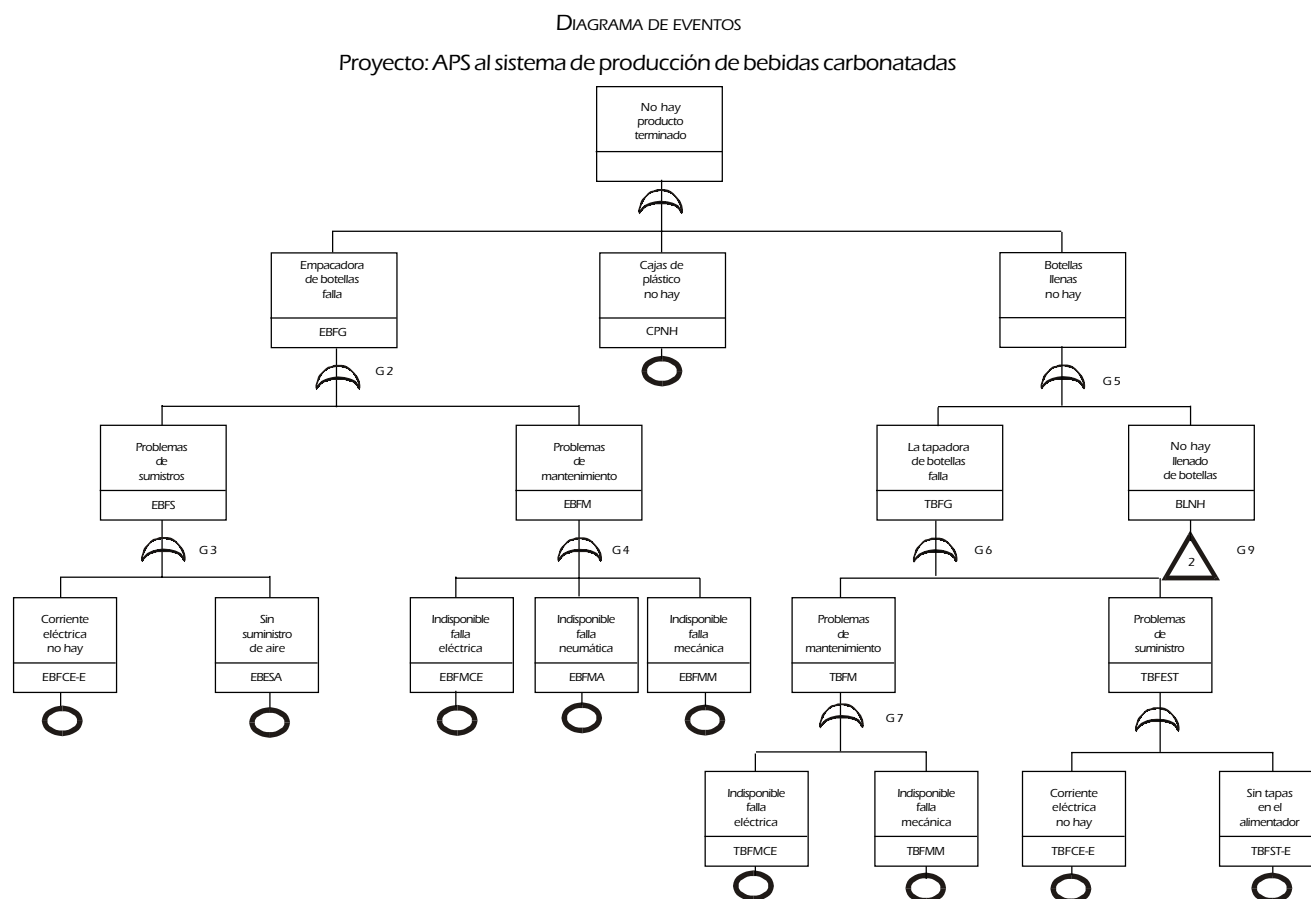


FIGURA 2

pueden corregir mediante programas de mantenimiento y pruebas periódicas sobre aquellos componentes que presenten mayor problema, realizando después una evaluación confiable sobre su comportamiento.

les en la planta, como aumento de riesgo, disminución de la producción, baja en la calidad del producto, etc, de acuerdo a las necesidades de la planta.

Sugerencias

- Este trabajo es preliminar y para una planta o sistema de producción en particular se requiere de la participación del personal de mantenimiento de producción, de suministro, el jefe de la planta, etcétera, para la adquisición de datos y procedimientos confiables.
- Además es importante identificar todos los eventos iniciadores que puedan dar lugar a situaciones anorma-

- Es indispensable hacer un análisis para detectar los eventos iniciadores que lleven a estados anormales de operación de la planta y desarrollo de los árboles de secuencias correspondientes, con la finalidad de evitarlos o mitigar sus consecuencias; como ejemplo, supongamos el evento iniciador "fallo de corriente externa".

Para esto supongamos la existencia de dos generadores, uno de gasolina y otro de diesel junto con dos switches de respaldo para el caso de sobrevoltaje cuando se demande su operación.

Evento iniciador	Diesel 1	Gasolina 2	Switch 1	Switch 2	Resultado
	éxito				éxito
					éxito
					fallo
					éxito
					éxito
					fallo

En este diagrama se ilustran los pasos a seguir de un operador para mantener en servicio la planta. Lo primero es intentar arrancar un generador y si el switch 1 no está quemado arranca, si no probará con el switch 2. Si funciona tendrá éxito, si no fallará en mantener en funcionamiento la planta. Por otro lado, si al arrancar el generador 1 éste falla, entonces intentará con el generador 2, donde nuevamente probará con los switches.

El árbol de secuencias sirve como referencia para establecer procedimientos que eviten una parada no deseada en la producción; además proporciona los pasos que deben seguirse en diferentes casos, según se vaya desarrollando el suceso.

- 2. Los árboles de secuencias muestran que es posible mejorar los procedimientos y así evitar que ocurran paradas innecesarias en la producción.
- 3. Para la evaluación correcta de los eventos básicos, se recomienda crear una base de datos donde se registren las causas y la frecuencia con que fallan los distintos componentes del sistema.

4. Un análisis que se conoce como "análisis de importancia" es de una gran relevancia dentro de esta metodología. A partir de la ecuación de conjuntos mínimos de corte, se realizó un análisis de importancia usando dos criterios fundamentales:

- I. Aumento de riesgo, "baja en la productividad"
- II. Disminución de riesgo, "aumento en la productividad y/o mayor ingreso"

Los resultados permiten saber cuáles son los eventos básicos que más contribuyen a la productividad, al hacer su indisponibilidad igual a cero (disminución de riesgo) y observar su impacto en el valor esperado del evento tope, son los eventos donde principalmente se enfocaría el mantenimiento preventivo.

Si su indisponibilidad se hace igual a "1", entonces obtenemos los eventos básicos que contribuyen más a la pérdida de productividad y en los cuales las pérdidas son cuantiosas por ser detenciones totales de la línea de producción.

Tomando como base estos datos y mediante análisis de costo-beneficio, se decide cuáles son las políticas apropiadas a seguir para mantenimiento. Por ejemplo, se deduce de los resultados que los componentes eléctricos son fundamentales y que la inversión en otra planta de luz no es ni con mucho un gasto excesivo, dada su importancia fundamental para la operación continua de la línea de producción.

En la actualidad se ha aplicado, o se está en proceso de utilización, una herramienta que en empresas de producción o servicio de países del primer mundo ha dado resultados espectaculares: la reingeniería; sabemos que en algunas de las empresas mexicanas los resultados han sido desfavorables. Proponemos como primera medida a la aplicación de la reingeniería, el estudio del análisis probabilístico de sistemas de la planta de producción o de la empresa servicios **T**

Bibliografía

US NRC *Reactor Safety Study. An Assessment of Accident Risks*, WASH, 1400

OIEA

1987a Manual de FTAP

1987b Manual de TEMAC

HELGUERA, Luis Y.

1993. "FEMSA El líder absoluto", *Alimentos Procesados*,
núm. 11, vol.12.