

# JERARQUIZACIÓN DE LOS RIESGOS EN EL CALENTADOR DE AIRE REGENERATIVO DE UNA CENTRAL TERMOELÉCTRICA

Daimarys Castro Hernández, Jesús Luis Orozco, Lilian Curiel Lorenzo,  
Santiago Díaz Suárez

Departamento de Química e Ingeniería Química, Universidad de Matanzas

*El presente trabajo tiene como objetivo jerarquizar los riesgos que se producen en los calentadores en la central termoeléctrica Antonio Guiteras Holmes, que se encuentra ubicada en la zona industrial de Matanzas. El trabajo está dirigido fundamentalmente a evaluar los riesgos que se presentan en los calentadores de aire regenerativos. Para desarrollar el mismo se emplearon los métodos empíricos, fundamentalmente la observación directa y la encuesta, así como el método de Kendall para jerarquizar los riesgos. Se obtienen como principales resultados el nivel de prioridad que se debe otorgar en el estudio y atención de los riesgos que se generan en estos equipos. Las principales conclusiones a las que arriba es que el riesgo que más incide en los Calentadores de Aire Regenerativo son las infiltraciones que se producen en ellos.*

**Palabras clave:** evaluación de riesgos.

*This work is directed to hierarchies the risks that take place in the heaters from the thermal power station "Antonio Guiteras Holmes", that is located in the industrial zone of Matanzas. The fundamentally object of this work, is evaluate the risks that appear in the regenerative air heaters. In order to develop the same one the empirical methods were used fundamentally the direct observation and the survey, as well as the method of Kendall to hierarchies the risks. The level of priority that is due to grant in the study and attention of the risks are obtained like main results that are generated in these equipment. The main conclusions to that above it is that the risk that affects the Regenerative Air Heaters more they are the infiltrations that take place in them.*

**Key words:** evaluation of risks.

## Introducción

La industria química, su gran crecimiento y consecuentemente, el incremento de inventarios de productos químicos en las instalaciones y en diversos medios de transporte, han provocado un aumento de la probabilidad de que ocurran grandes accidentes con un notable impacto sobre personas, medio ambiente y equipos.

Muchos de los grandes desastres y accidentes que se han producido en el mundo han estado asociados de una forma u otra a la extracción, preparación o manejo y uso de hidrocarburos, de ahí la importancia que estos estudios tienen en procesos relacionados con estas actividades.

Dentro de las Centrales Termoeléctricas los Calentadores de Aire Regenerativos juegan un papel importante en la generación de riesgos, que este tipo de industria puede provocar de ahí que el objetivo que se persigue en este trabajo es lograr una jerarquización de los riesgos que se producen

en este equipo y a partir de esta información poder dirigir los esfuerzos hacia aquellos que puedan incidir de forma más desfavorable tanto en lo económico, ambiental, humano o en la infraestructura industrial.

## Metodología utilizada para la jerarquización de los riesgos

De acuerdo con [1], el proceso de jerarquización debe tomar en cuenta la magnitud y severidad de los riesgos y pueden ir desde uno desordenado hasta otro muy sistemático. Hay tres categorías básicas para jerarquizar los riesgos: 1) consenso negociado, 2) voto, y 3) una fórmula. Cada método tiene sus fortalezas y debilidades, pero todos son útiles para proveer un sistema que es formal y sistemático para estructurar el proceso de jerarquización de riesgos.

1. Consenso negociado: El consenso negociado es el proceso de abrir el debate entre los

---

diferentes actores y llegar a un acuerdo general sobre los rangos de riesgos. La fortaleza de este proceso es que es directo, preciso y explícito. Una vez que el consenso está decidido, el compromiso de los interesados es muy fuerte porque estuvieron involucrados en el proceso. Presenta como debilidades la dificultad de llegar a una decisión, y si la discusión no es rigurosa y precisa puede dar como resultado una conclusión incorrecta, injusta e imprecisa. También, con el uso del consenso se corre el riesgo de que algunas personas controlen la discusión /3/.

2. Voto: La votación en general es muy común y sencilla para jerarquizar los riesgos. En general existen tres métodos de este tipo: las votaciones secretas, las votaciones abiertas y las votaciones múltiples en las que los participantes pueden expresar la intensidad de sus opiniones. El método de votación es muy fácil, sencillo y justo, pero ya que el proceso es tan sencillo y directo el grupo puede ignorar la complejidad y magnificar los prejuicios. /3/.
3. Fórmula: Según /3/, el uso de una fórmula puede simplificar la complejidad de un análisis. Hay varios métodos para jerarquizar los riesgos con fórmulas, pero el más común es un proceso que se llama puntuación ponderada en el cual hay que:
  1. Identificar criterios para evaluar riesgos.
  2. Dar una puntuación a cada problema por cada criterio.
  3. Asignar un peso a cada criterio.
  4. Multiplicar el criterio por su peso y sumar los resultados para producir una puntuación total.
  5. Jerarquizar los problemas según sus puntuaciones.

### **Jerarquización de los riesgos en los calentadores de aire regenerativos**

La estrategia utilizada para determinar los riesgos de mayor incidencia en la Planta de Procesamiento de Crudo /1,2/, consta de las siguientes etapas:

- Recopilación de los riesgos más frecuentes que se presentan en la Planta.
- Ordenar por nivel de importancia los riesgos que se presentan en esta instalación.

### **Recopilación de los riesgos presentados**

Para recopilar la información sobre los riesgos se hizo un estudio basado en tormentas de ideas y la consulta de información disponible en la planta sobre la temática.

A continuación se mencionan todos los registros o documentos revisados:

- Entrevistas a Expertos de la planta
- Registro de Riesgos actualizado por meses
- Registros de incidencias y averías
- Estudios de Riesgos realizados anualmente

### **Clasificar por orden de importancia los riesgos más significativos**

Se selecciona para ello el método de los expertos o método de Kendall /1, 2/ dado que el mismo se utiliza para evaluar características que no necesariamente tienen que medirse a través de un instrumento de medición, siendo éste el caso que concierne. Este método consiste en unificar los criterios con el uso de herramientas estadísticas de un grupo de especialistas con conocimiento del tema sometido a estudio, de manera que cada integrante del panel pondere según el orden de importancia las características que cada cual entiende a criterio propio.

Para cumplimentar esta tarea se siguen los siguientes pasos:

- Selección del panel de expertos.
- Diseño y aplicación de las encuestas a valorar por el panel.
- Determinación del grado de concordancia de los expertos.
- Cálculo del coeficiente de ponderación.
- Análisis de los resultados obtenidos.

### **Selección del panel de expertos**

El panel de expertos utilizado se caracteriza por ser todos especialistas de reconocido presti-

gio y conocedores del tema, con 15 o más años de experiencias, en su totalidad son: investigadores, jefes de laboratorio y técnicos de la producción.

La encuesta se hizo llegar a los expertos por correo electrónico o se entregó personalmente.

### Diseño y aplicación de la encuesta

El objetivo fundamental de la misma es determinar el grado de importancia que cada miembro del panel da a cada uno de los riesgos bajo estudio y centrar la atención para la futura investigación en aquellos que son más importantes.

La encuesta se encabeza de la siguiente forma:

Llenar la siguiente encuesta considerando que el riesgo más importante a tener en cuenta en los Calentadores de Aire Regenerativos se le asigne el valor 6, disminuyendo el mismo de forma tal que el que usted considere que tenga la menor incidencia tomará el valor 1.

En la encuesta entregada a los miembros del panel, además de ésta se les entrega una información donde se explica el objetivo que se persigue con la misma y se le solicita que la lean bien y llenen, teniendo en cuenta su experiencia. La encuesta presentada al panel aparece a continuación.

Tabla 1  
Encuesta enviada al panel de expertos

K	Riesgos	Valor Asignado
1	Infiltraciones de aire	6
2	Rotura de los sellos	2
3	Corrosión de las partes mecánicas	4
4	Alto nivel de ensuciamiento	5
5	Incremento de la presión de trabajo	3
6	Interrupción de los flujos de trabajo.	1

### Determinación del grado de concordancia entre los expertos

A partir de los resultados de la encuesta, se hace necesario determinar el grado de concordancia entre los expertos, para lo cual se utiliza el coeficiente de Kendall, /1/, que responde a la siguiente expresión:

$$W = \frac{12 S}{m^2 (K^2 - K)} \quad (1)$$

donde

$$S = \sum_{i=1}^k \left[ R_i - \frac{\sum R_i}{K} \right]^2 = \sum_{i=1}^k \Delta_i^2 \quad (2)$$

S - Suma de cuadrados de las desviaciones observadas de la media.

R<sub>i</sub> - Suma de criterio de los expertos con relación al factor i.

K - Número de factores investigados.

m - número de expertos

El coeficiente W toma valores entre 0 y 1. Si toma valor 0 indica que existe una total discrepancia entre los miembros del panel, contrariamente si alcanza valor 1 se establece una concordancia perfecta entre éstos. En la práctica esto apenas ocurre, obteniéndose valores intermedios por lo que se hace necesario utilizar una prueba de hipótesis que permita predecir si es significativa o no la concordancia entre los expertos.

Esta prueba de hipótesis se debe realizar según se indica a continuación:

H<sub>0</sub>: W = 0 no hay concordancia significativa.

H<sub>1</sub>: W = 1 hay concordancia significativa.

$$F_R = \frac{(m-1) \hat{W}}{1-\hat{W}} \quad (3)$$

Con α<sub>1</sub> = (K + 1 - m/2) grados de libertad del numerador y α<sub>2</sub> = (m - 1) α<sub>1</sub> grados de libertad del denominador.

Entonces, si se cumple que F<sub>R</sub> > F<sub>t (0,05, α<sub>1</sub>, α<sub>2</sub>)</sub>, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que la concordancia entre los expertos es significativa.



---

ensuciamiento que se presenta en estos equipos, lo que indica que hacia esos problemas deben estar dirigidos los esfuerzos de futuras investigaciones.

## **Bibliografía**

- 1- Orozco, J; Dihigo. J.G. “Validación practica de herramientas para evaluar la contaminación ambiental térmica en instalaciones turísticas”. Revista Retos Turísticos, vol. 5, no. 2-3, 2006, p. 7-11.
- 2- Orozco, J., Almeida, M. & Rodríguez, T. 2007. “Análisis de riesgos en una Planta de Tratamiento de Agua de una Central Térmica”. Revista Ingeniería Química vol. 450, pp. 118-125.
- 3- Casal, J. et al.,. Análisis del Riesgo en Instalaciones Industriales, Alfaomega S.A., Bogotá (Colombia), 2001
- 4- Kletz, T: Kletz, T: Mitos de la Industria Química.. 44 cosas que un ingeniero químico no debe saber, Universidad Tecnológica, Loughborough, 1996.