

## LOS RIESGOS DE UN COMPLEJO INDUSTRIAL

Telvia Arias Lafargue, Oscar Reyes Yola  
Facultad Ingeniería Química, Universidad de Oriente

*Para la producción de cervezas y alcoholes, se utilizan sustancias tóxicas y peligrosas que representan riesgos para los trabajadores y vecinos de la zona industrial. Sin embargo, nunca se ha pensado en cuál de los dos procesos tecnológicos resulta más riesgoso industrialmente. El trabajo que se presenta posibilita diagnosticar, mediante el análisis HAZOP, consistente en una metodología sistemática que permite identificar todos los escenarios de riesgos, y analizar sus consecuencias cubriendo toda la planta o procedimiento bajo análisis; cuál de ellas es la más riesgosa, sentando las bases para determinar algunos pasos que pueden seguirse, con el objetivo de minimizar las afectaciones que se generan al medio. El análisis de riesgos con esta metodología demostró que el proceso de cervezas y maltas lleva implícito un gran número de peligros que atentan contra la salud de las personas, por lo que es el de mayor riesgo tecnológico. Igualmente, se utiliza un programa de simulación que demuestra los escenarios de riesgos del área de estudio. Teniendo en cuenta los resultados del programa, se puede observar que la cercanía de las instalaciones de la empresa Cervecería Hatuey Santiago a los asentamientos humanos y a otras industrias contaminantes, hace necesario la toma de medidas tecnológicas inmediatas para garantizar la seguridad de las personas y la calidad del aire en esta localidad.*

**Palabras clave:** riesgo ambiental, análisis de riesgos.

*For the production of beer and alcohol are used toxic and hazardous substances that pose risks to workers and neighbors in the industrial zone. But never has thought about which of the two processes is more risky industrially. The work is presented that enables diagnosis by analyzing HAZOP, consisting of a systematic methodology to identify all the scenarios and analyze their risk by covering the whole plant or process under analysis, which one is more risky laying the groundwork for determining Some steps that can be followed in order to minimize the damages that they cause to the environment. Risk analysis with this methodology showed that the process of beers and malts implies many dangers that threaten the health of people, making it the largest technological risk. It also uses a simulation program that demonstrates the risk scenarios of the study area. Taking into account the results of the program can be seen that the proximity of the facilities of the Company Hatuey Beer Santiago to human settlements and other polluting industries makes it necessary to take immediate steps to ensure the technological security of people and air quality in this location.*

**Key words:** environmental risk, risk analysis.

### Introducción

La aglomeración de industrias en una determinada zona, presenta un cierto número de peligros ligados a los productos, procesos industriales y equipos utilizados.

Se entiende por peligro la propiedad intrínseca de una sustancia peligrosa, o de una situación física que pueda provocar daños para la salud humana y/o para el medio ambiente.

En tanto, se entiende por riesgo industrial la probabilidad de un efecto específico (efecto tóxico, efecto térmico o sobrepresión) que se produce en un periodo o circunstancia determinados, ligados a un acontecimiento accidental relativo a la

pérdida de control en un momento preciso de la actividad industrial. Sus efectos pueden tener repercusión para el personal del establecimiento, los habitantes circundantes o el medio ambiente.

Es entonces sumamente importante distinguir estos dos conceptos. A título de ejemplo, un producto que presenta un nivel elevado de peligro, fuerte toxicidad, puede ocasionar solo un riesgo débil si su almacenamiento y manipulación se efectúan en óptimas condiciones de seguridad.

La caracterización de los riesgos a la salud pública en un sitio contaminado consiste en determinar si es tolerable el nivel de riesgo de que se produzcan daños asociados a la exposición a los tóxicos presentes en el sitio.

---

Para hacer lo anterior, se evalúan las exposiciones que sufren los pobladores, lo cual, consiste en:

- hacer la selección de las poblaciones que se consideran en riesgo y de los tóxicos capaces de producir esos riesgos, identificando las condiciones de exposición,
- cuantificar las exposiciones que tienen lugar, estimando las dosis suministradas/absorbidas,
- calificar la calidad de los resultados del cómputo de las exposiciones.

Por otro lado, se evalúa la peligrosidad de los tóxicos presentes, lo cual consiste en obtener los índices de toxicidad, que estén basados sobre información confiable, para todos los tóxicos que se seleccionaron en la evaluación de la exposición, y sean aplicables a las condiciones presentes en el sitio.

El análisis de riesgos es una técnica multidisciplinaria, que utiliza conceptos desarrollados en varias ciencias, en las que se incluyen la toxicología, epidemiología, ingeniería, psicología, higiene industrial, seguridad ocupacional, seguridad industrial, evaluación del impacto ambiental, entre otros, y sirve para:

- Identificar y evaluar los problemas ambientales y de salud producidos por la realización de actividades peligrosas y el manejo de sustancias tóxicas.
- Comparar tecnologías nuevas y tradicionales que se usan en la determinación de la efectividad de los diferentes controles y técnicas de mitigación diseñadas para reducir riesgos.
- Localización de instalaciones potencialmente peligrosas.
- Selección de prioridades entre las posibles alternativas de acción, para establecer secuencias de ejecución de acciones correctivas y/o de elaboración de reglamentos ambientales.
- Calificar la calidad de la información obtenida.

Los peligros, así mismo, pueden clasificarse en:

- Peligros de desastres, los que por su origen pueden ser naturales, tecnológicos y sanitarios; mientras que por la posibilidad del pronóstico serían pronosticables y de carácter súbito.
- Peligros naturales que pueden ser hidrometeorológicos y geológicos.
- Peligros tecnológicos.
- Peligros sanitarios, los que incluyen las epidemias, epizootias y plagas y enfermedades.

El combinado industrial Cervecería Hatuey es una empresa de subordinación nacional, y posee como entidades la cervecería, destilería y base de transporte. El área que ocupa es una zona baja, la construcción es de mampostería y partes de zinc y placa, con bastante altura en algunas áreas. La edificación se construye en el año 1927, y luego la planta de tecnología alemana en 1986, por lo que existe cierto deterioro en las mismas.

Esta empresa se encarga, desde hace aproximadamente 81 años, de la producción de diversos surtidos de cervezas, maltinas, aguardiente, alcohol de primera y alcohol de segunda. Como subproducto de la producción se obtiene el dióxido de carbono en las producciones de cervezas y aguardiente, y durante el proceso se emplean productos tóxicos industriales tales como, amoníaco, ácido sulfúrico, ácido nítrico, entre otros. El gran problema existente es la deposición final de los residuales generados, tales como: emanaciones de gases y residuales líquidos y sólidos, durante los procesos productivos al río Yarayó y a la atmósfera, sin un tratamiento previo. La población del consejo popular "Mariana Grajales" contiene:

- ♣ 8 556 viviendas.
- ♣ 23 440 habitantes.

### **Teoría de HAZOP para el análisis de riesgos ambientales**

Esencialmente, el procedimiento HAZOP involucra el tener una descripción del proceso, cuestionando sistemáticamente cada parte de él para establecer cómo pueden manifestarse posibles desviaciones respecto a la intención de diseño. Una vez identificada una desviación, se hace una evaluación en cuanto a que si sus consecuencias pueden producir un efecto negativo sobre el funcionamiento seguro y eficiente de la planta. En caso necesario, se recomiendan medidas para eliminar la causa que produce la desviación, o para mitigar las consecuencias de su materialización.

El análisis HAZOP consiste en una metodología sistemática que permite identificar todos los escenarios de riesgos e impactos, y analizar sus consecuencias, cubriendo toda la planta o procedimiento bajo análisis.

En general, también se evalúan cualitativa y cuantitativamente los riesgos e impactos discretizando en cuatro niveles:

B: bajo (2)

A: alto (6)

M: medio (4)

E: extremo (10)

El procedimiento se llevó a cabo en cada etapa de las diversas producciones, considerándose todos los equipos que conforman los procesos, por ejemplo:

### Análisis cuantitativo de la valoración de los riesgos

A continuación se muestran las tablas resúmenes de todo el complejo industrial para riesgos ambientales.

### Análisis de los resultados

Teniendo en cuenta los valores totales de la valoración de los procesos, queda demostrado que el de cervecería es el más riesgoso, debido a los peligros que atentan contra la salud de las personas y el medio construido; sin embargo, debe destacarse que el número de equipos existentes en la primera es mucho mayor que en la destilería, igualmente se manejan y se obtienen productos más dóciles y controlables.

Actividad o equipos	Aspecto	Riesgo	Valoración del riesgo	Total
Planta de CO <sub>2</sub>	Emisión de CO <sub>2</sub>	Daños respiratorios	Extremo (10)	<b>54</b>
Planta de calderas	Escapes de vapor	Quemaduras	Alto (6)	
	Ruidos	Sordera, estrés	Alto (6)	
Construcción antigua	Zona de derrumbe	Pérdidas humanas	Extremo (10)	
Planta de embotellado	Explosión de botellas	Daños severos en la superficie de la piel	Extremo (10)	
	Manipulación de sosa	Quemaduras en la piel	Alto (6)	
	Ruidos	Sordera, estrés	Alto (6)	

Actividad o equipos	Aspecto	Riesgo	Valoración del riesgo	Total
Intercambiador de calor (1)	Emisión de energía térmica	Quemaduras	Alto (6)	<b>18</b>
Columna de quema (1)	Escapes de vapor	Quemaduras	Alto (6)	
	Vertimiento de mosto	Quemaduras	Alto (6)	

La destilería cuenta con un menor número de equipos, pero se obtiene un producto fuerte (alcohol) y un residual severamente impactante, que es el mosto o vinaza, el cual se descarga de la columna a 104 °C en un sitio que no presenta ningún tipo de seguridad para los trabajadores del lugar. Además,

debe señalarse que el contar con un almacén de alcohol la hace digna de tener en cuenta como un área de altos riesgos de incendio, más aún si se considera que el almacén se encuentra ubicado en zona próxima al área de calderas, cosa esta que no es muy propensa a ocurrir en cervecería.

Tabla 1  
Cervecería

Etapas	Valoración del riesgo	Total
Tratamiento del grano	16	128
Etapa en caliente	24	
Etapa en frío	34	
Planta de CO <sub>2</sub> , calderas, Construcción antigua y Planta de embotellado	54	

Tabla 2  
Destilería

Etapas	Valoración del riesgo	Total
Etapa 1	10	34
Etapa 2	6	
Etapa 3 (Destilación)	18	

### Desarrollo de la alternativa preventiva. Programa de simulación (ALPHA)

La armonización del desarrollo y la protección de los trabajadores y la población de los centros urbanos cercanos a una industria, no resulta una tarea fácil, por lo que se impone la realización de un conjunto de investigaciones que permitan la búsqueda de soluciones y alternativas que minimicen los efectos nocivos hacia las personas y el medio ambiente.

El programa tiene por objeto presentar una visión global del análisis y control de riesgos en el sistema del complejo industrial, proporcionando una serie de métodos y herramientas de trabajo que posibilitan preparar al personal para el enfrentamiento de situaciones concretas que pudie-

ran suceder en la realidad. Se trata de la simulación de un escape de una sustancia tóxica cualquiera, donde el objetivo es ofrecer no solamente los métodos de análisis de riesgos, sino la reacción ante situaciones imprevistas, y un conocimiento exhaustivo del marco reglamentario, y por último, la toma en cuenta de la percepción del riesgo por la población.

El programa ALPHA tiene, de manera específica, los siguientes objetivos:

1. Crear y/o aumentar la concientización de las comunidades locales en cuanto a riesgos potenciales y, mediante ésta, desarrollar cooperativamente un plan para responder a las emergencias.
2. Presentar sistemas de evaluación de riesgos para garantizar la adopción de adecuadas y

---

exitosas políticas y medidas de reducción de desastres y emergencias.

3. Incluir la prevención, preparación y mitigación de desastres como aspecto importante de la política y planificación del desarrollo a niveles nacionales, bilaterales, multinacionales e internacionales.
4. Reducir la vulnerabilidad mediante la aplicación de un diseño apropiado y de un modelo de desarrollo centrado en grupos determinados, la educación y el adiestramiento apropiado de la comunidad entera y la transferencia de tecnología.
5. Concientizar a la industria y el comercio de que sus actividades de desarrollo tecnológico e industrial hacen cada día más vulnerables a las comunidades vecinas y que es necesaria su participación en una mejor gestión de los riesgos.
6. Aplicación del proceso Apell para el análisis de amenazas, vulnerabilidad y riesgo de desastre.
7. Socialización del plan local de emergencias.
8. Socialización del plan de emergencias industriales.

El área proyectada se ubica en la zona sur de la ciudad en las coordenadas:

- X: 604700 a 604800
- Y: 153550 a 153850

Para el desarrollo del programa resulta imprescindible el conocimiento de las características del área que se analiza, fundamentalmente, en lo referente a temperatura, humedad relativa y vientos.

## Resultados y análisis del programa

### Datos del sitio

La situación: Santiago de Cuba, Cuba.

Los intercambios aéreos construyendo por hora: 0.33 (el solo *storied* desabrigado).

Tiempo: El 16 de mayo, 2008 2106 horas ST (usando el reloj de computadora).

### Datos químicos

El Nombre químico: El amoníaco el peso molecular: 17,03 g/mol.

ERPG-1: 25 ppm ERPG-2: 150 ppm ERPG-3: 750 ppm.

IDLH: 300 ppm LEL: 160000 ppm UEL: 250000 ppm.

El Punto de ebullición ambiente: -33,4 °C.

La presión de vapor a la temperatura ambiente: mayor que 1 atm.

La concentración de saturación ambiente: 1,000,000 ppm o 100,0 %.

### Datos atmosféricos (la entrada manual de datos)

El viento: 1,89 m/s del sur a 10 m de altura.

La aspereza molida: urbano o tapa de nube de bosque: 0 décimo

La temperatura aérea: 28 ° Clase de estabilidad de C: F.

Ninguna altura de la inversión. La humedad relativa: 75 %.

### Fuerza de la fuente

Gas inflamable que escapa de la cañería (no quemando).

Conduzca por tuberías el diámetro: 2 pulgadas longitud de la cañería: 400 metros.

El fin irrompible de la cañería está apagado cerrado.

Conduzca por tuberías la aspereza: el área del agujero lisa: 2 pulg.

La prensa de la cañería: 10 atmósferas conducen por tuberías la temperatura: 28 °C.

Suelte la duración: 2 m.

El Max Average sostuvo la proporción del descargo: 5,02 kg/min.

(Promedió durante un minuto o más).

La cantidad total soltó: 5,03 kg.

## Zona de amenaza

La carrera ejemplar: dispersión de Gauss.

Rojo: 130 metros--- (750 ppm = ERPG-3)

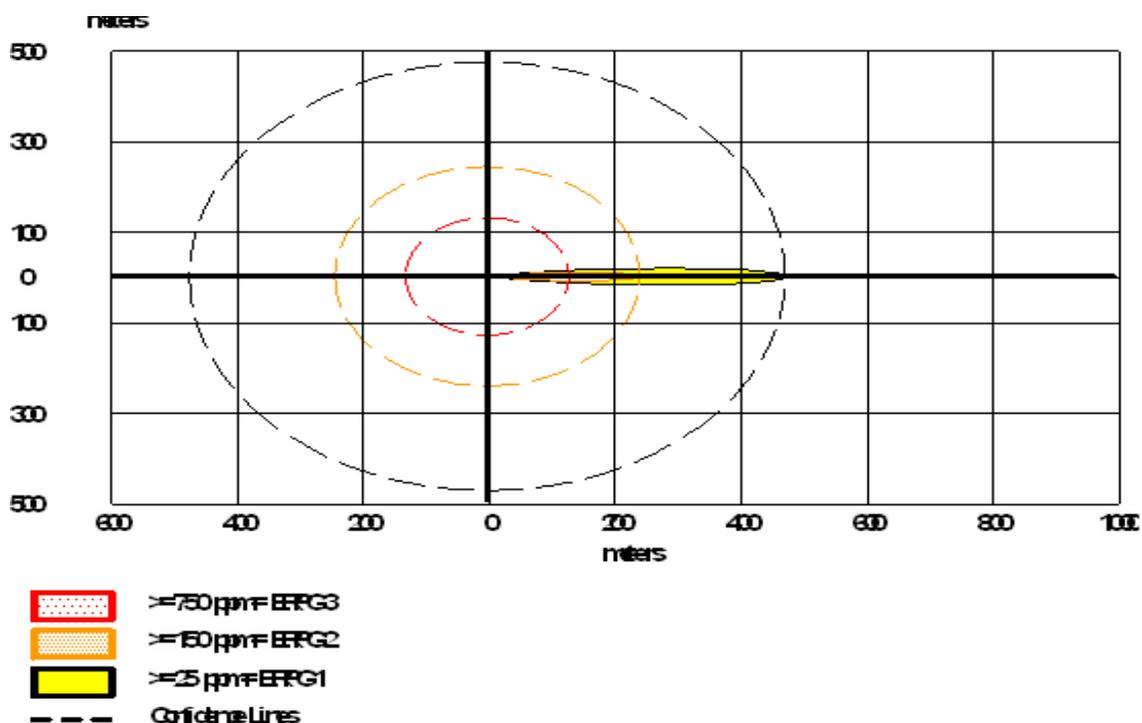
La naranja: 244 metros--- (150 ppm = ERPG-2)

Amarillo: 475 metros--- (25 ppm = ERPG-1)

Teniendo en cuenta los resultados del programa, se puede observar que la cercanía de las instalaciones de la empresa Cervecera Hatuey Santiago a los asentamientos humanos dentro de

la ciudad y a otras industrias contaminantes, hace necesario la toma de medidas tecnológicas para garantizar la seguridad de las personas y la calidad del aire en esta localidad.

La zona de más peligro por escape de amoníaco abarca no solo el complejo industrial Hatuey, sino áreas de la corporación Cuba Ron S.A. (Matusalén), una escuela Secundaria Básica (Argenis Burgos Palma) y un Politécnico (Piti Fajardo), así como un gran número de viviendas en una zona densamente poblada.



## Conclusiones

1. Se trabaja con sustancias tóxicas y peligrosas que afectan a las personas y al medio tales como: amoníaco, ácido sulfúrico, ácido nítrico, hidróxido de sodio y de calcio, etanol, dióxido de carbono, entre otros.
2. El análisis de riesgos con la metodología HAZOP demostró, que el proceso de cervezas y maltas lleva implícito un gran número de peligros que atentan contra la salud de las personas, por lo que es el de mayor riesgo tecnológico; constituyendo las áreas más sig-

nificativas: planta de CO<sub>2</sub>, calderas, construcción antigua y planta de embotellado.

3. Se identificó, mediante el programa computacional de simulación ALOHA, la zona de afectación por un posible escape de amoníaco.

## Bibliografía

1. Evaluación de riesgos ambientales disponible en: <http://www.esifguatemala.org/servicios/cursos>.
2. Ciencias ambientales disponible en: <http://www.esifguatemala.org/servicios/cursos>.
3. Buenas prácticas medioambientales disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/medioambiente>.

- 
4. Sustancias que contaminan la atmósfera disponible en: <http://www.tecnun.es/asignaturas/ecología/hipertexto/10CAtm1>.
  5. Irving Sax, N. "Dangerous properties of industrial Materials", 6ta Edición, New Cork. 1984.
  6. NC: ISO 14 000. Sistemas de gestión ambiental directrices generales sobre principios, sistemas y técnicas de apoyo.
  7. NC: ISO 14 001 del 2004. Sistema de Gestión Ambiental. Requisitos con orientación para su Uso. Edición Julio del 2005.
  8. Proambiente. Empresa nacional de investigaciones aplicadas, "Estudio de la Teoría HAZOP. Análisis de Riesgo de un proceso o sujeto".
  9. Programa de simulación ALOHA.