

## ORIGINAL

### PROPUESTA DE CORTINA DE CONTENCIÓN DE LAS EMANACIONES DE AMONÍACO ENTORNO DEL FRIGORÍFICO I CAMILO CIENFUEGOS

Proposal of curtain of containment of the ammonia fumes (NH<sub>3</sub>) around the refrigerator I Camilo Cienfuegos

Dr. C. Víctor Andrés Ferrer-Suárez, Universidad de Granma, [vferrers@udg.co.cu](mailto:vferrers@udg.co.cu), Cuba

Recibido: 23/12/2017- Aceptado: 30/01/2018.

#### RESUMEN

En el presente trabajo se propone una barrera de contención de las emanaciones de amoníaco y las afectaciones provocadas a la calidad del aire a partir del monitoreo de las emanaciones de sustancia refrigerante, amoníaco (NH<sub>3</sub>) que provocan afectaciones al medio ambiente y sus componentes, la seguridad de explotación y el mantenimiento, en el entorno del Frigorífico I ubicado en la zona norte de Bayamo. Se determinó la dirección predominante de los vientos, los momentos, las concentraciones de amoníaco en el aire e identificación de los puntos vulnerables durante la explotación; se tomaron las medidas para contrarrestar estas afectaciones. El radio de protección sanitaria, según este tipo de instalación y las condiciones de dirección y velocidad de los vientos, es de 265 m, lo que no se cumple; la población ha ocupado la zona en la dirección más vulnerable, el perímetro es inferior a los 50 m. La concentración de amoníaco en el aire rumbo suroeste supera las normas establecidas con valores de 0,032 y 0,045 mg/m<sup>3</sup> en horario diurno y nocturno respectivamente, a una profundidad superior a 50 m en correspondencia con el radio de protección sanitarias y alcanza sus más altos valores en horario nocturno.

**Palabras claves:** amoníaco; refrigerante; medio ambiente.

#### ABSTRACT

In the present work a barrier of containment of the ammonia emanations and the affectations caused to the quality of the air is proposed from the monitoring of the emanations of refrigerant substance, ammonia (NH<sub>3</sub>) that cause affectations to the environment and its components, the security of exploitation and maintenance, in the environment of the Refrigerator I located in the northern area of Bayamo. Determined the predominant direction of the winds, the moments, the concentrations of ammonia in the air and identification of the vulnerable points during the exploitation; taking the measures to counteract these affectations. The radius of sanitary

protection according to this type of installation and the conditions of direction and speed of the winds is of 265 m, which is not fulfilled, reason why the population has occupied the zone in the most vulnerable direction, the perimeter is inferior at 50 m. The concentration of ammonia in the southwest air exceeds the established norms with values of 0.032 and 0.045 mg/m<sup>3</sup> during daytime and night time respectively, at a depth greater than 50 m in correspondence with the radius of sanitary protection and reaches its highest values at night.

**Key words:** ammonia; refrigerant; environment .

## **INTRODUCCIÓN**

La contaminación del medio ambiente en la actualidad, constituye un problema a nivel global, tratado en diferentes foros Internacionales. Esta trae consigo terribles consecuencias para la especie humana; la era moderna ha sido testigo de las consecuencias funestas, que el problema acarrea: como la contaminación por radioactividad provocada por los centrales Átomo-eléctricas de Japón, Chernóbil; contaminación de los afluentes del Amazonas por mercurio, derrames de hidrocarburos en el sur de EUA, destrucción de la capa de ozono por emanaciones de fluoretanos empleados en refrigeración e industria de cosméticos, son razones convincentes, de que toda tecnología por novedosa que sea no está exenta de afectar al medio ambiente. Este efecto se empeora si no se cumple rigurosamente la disciplina tecnológica de explotación, las condiciones de ubicación, al descuidar componentes del medio (corrientes, velocidad del viento y componentes abióticos (ríos, lagos, bosques y otros) (TÜV NORD – *CUALICONTROL*, 2014).

La Estrategia Ambiental constituye el documento rector de la política ambiental cubana, establece los principios en los que se basa el quehacer ambiental; caracteriza los principales problemas ambientales y propone las vías e instrumentos para su prevención, solución o minimización (Gaceta Oficial, 1997).

La pérdida de la calidad del aire, tiene entre sus principales causas, las emisiones a la atmósfera de contaminantes, provenientes fundamentalmente de los sectores industriales, transporte y agricultura; el creciente consumo de combustibles fósiles en distintas actividades, los gases de efecto invernadero, compuestos orgánicos volátiles distintos al metano (Alcalde, 1988).

La contaminación por emanaciones de amoníaco (NH<sub>3</sub>) en forma gaseosa y mezcla de gas y agua, empleado con sustancia refrigerante en frigoríficos y la combinación de las emisiones y

las condiciones meteorológicas y topográficas locales, determinan el carácter de los impactos en la salud de la población urbana y rural, y en la conservación de otros componentes ambientales. De acuerdo con la ubicación de las instalaciones frigoríficas, donde prevalecen corrientes fuertes moderadas de aire, estas son agentes de transportación de las emanaciones, producto de las fugas por salideros y sobrecargas en los sistemas. Esta sustancia, en gran concentración, es tóxica; de olor penetrante, irrita la vista, y dado su bajo punto de evaporación a presión atmosférica, genera en un contacto directo o por su absorción de manera sistemática, lesiones al sistema respiratorio. Las fugas, en gran escala, contaminan el aire y al respirarse ocasiona la muerte por asfixia; de igual forma que a los seres humanos, daña a otros seres vivos (animales domésticos para consumo o uso como mascota, y plantas), tiene la posibilidad de alcanzar grandes distancias de desplazamiento por ser un gas muy ligero (Mingot, 1968; Corine, 1994; EINECS, 2014).

Se identifican las afectaciones que se ocasionan al medio ambiente y sus componentes por las emanaciones de  $\text{NH}_3$ , provocadas por el aumento de presión, proponiendo alternativas para minimizar su efecto. Siendo por tanto el objeto de estudio, las emanaciones de sustancia refrigerante ( $\text{NH}_3$ ) y la seguridad de explotación en el frigorífico I (Bayamo norte). Se desarrolló el monitoreo de las emanaciones de sustancia refrigerante amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) que provocan afectaciones al medio ambiente y sus componentes, la seguridad de explotación y el mantenimiento, en el entorno del Frigorífico I ubicado en la zona norte de Bayamo. Este trabajo persigue el objetivo de proponer la construcción y colocación de una cortina de contención de las emanaciones de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) en torno del frigorífico I Camilo Cienfuegos (Bayamo Norte).

## **POBLACIÓN Y MUESTRA**

Cada sistema de enfriamiento de las instalaciones frigoríficas incluye un sistema de distribución de la sustancia de trabajo ( $\text{NH}_3$ ) a los consumidores de frío, y un sistema de extracción de calor de estos consumidores. Esta calificación, como en otros casos, es convencional pero muy esclarecedora y útil (Karmov, 1982; González, 2000).

El amoníaco es un compuesto químico cuya molécula está formada por un átomo de nitrógeno (N) y tres átomos de hidrógeno (H) de acuerdo a la fórmula  $\text{NH}_3$ , es un gas incoloro, de sabor cáustico, que pica en los ojos, se licua a  $-33\text{ }^\circ\text{C}$ , a la presión atmosférica, y a  $10\text{ }^\circ\text{C}$  a 600 MPa, es tan soluble en agua que esta puede contener 1000 volúmenes de gas a  $0\text{ }^\circ\text{C}$  (Mingot, 1968).  
Efectos para la salud humana y el medio ambiente.

La exposición a altas concentraciones de amoníaco en el aire, puede producir quemaduras graves en la piel, ojos, garganta y pulmones, y en casos extremos puede provocar ceguera, daño en el pulmón (edema pulmonar) e incluso la muerte. A bajas concentraciones puede causar tos e irritación de nariz y garganta. Su ingesta provoca quemaduras graves en la boca, la garganta y el estómago, y en estado líquido, al evaporarse rápidamente, puede provocar congelación al contacto con la piel (González, 2000).

El amoníaco es fácilmente biodegradable; las plantas lo absorben con mucha facilidad eliminándolo del medio, de hecho, es un nutriente muy importante para su desarrollo, aunque la presencia de elevadas concentraciones en las aguas superficiales, como todo nutriente, puede causar graves daños en los seres vivos, ya que interfiere en el transporte de oxígeno por la hemoglobina (González, 2000).

Propiedades del amoníaco (EINECS, 2014)

- Fórmula química:  $\text{NH}_3$
- Masa molecular: 17.03 g/mol
- Punto de ebullición: - 33 °C
- Punto de fusión: - 78 °C
- Densidad relativa del líquido (agua = 1g/ml): 0.68 g/ml
- Solubilidad en agua: Buena (34 g/100 ml a 20 °C)
- Presión de vapor (a 26 °C): 1013 kPa
- Límites de explosividad, (% en volumen en el aire): 15 a 28
- Temperatura de auto ignición: 651 °C
- Densidad relativa del gas (aire = 1 g/ml): 0.59 g/ml

Contaminación del ambiente y sus legislaciones.

En Cuba, el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) ha concebido, dentro de sus objetivos estratégicos en la esfera de medio ambiente, el fortalecimiento de los sistemas de control y gestión ambiental en correspondencia con los problemas y necesidades nacionales y territoriales (Gaceta Oficial, 1997).

El lineamiento N° 113 de la política económica y social, aprobada en el VI Congreso del Partido Comunista de Cuba (PCC), plantea:

Sostener y desarrollar investigaciones integrales para proteger, conservar y rehabilitar el medio ambiente y adecuar la política ambiental a las nuevas proyecciones del entorno económico y social. Priorizar estudios encaminados al enfrentamiento al cambio

climático, en general a la sostenibilidad del desarrollo del país, enfatizar en la conservación y uso de los recursos naturales como los suelos, agua, playas, atmósfera, bosques y la biodiversidad, así como el fomento de la educación ambiental.

El ambiente es definido, según la Ley N° 81 del Medio Ambiente de Cuba (Gaceta Oficial, 1997), como: el sistema de elementos abióticos, bióticos y socioeconómicos con que interactúa el hombre, a la vez que se adapta al mismo, lo transforma y lo utiliza para satisfacer sus necesidades.

La Figura 1 representa la ubicación de la fuente contaminante, así como la dirección de los vientos y radio de protección sanitaria.

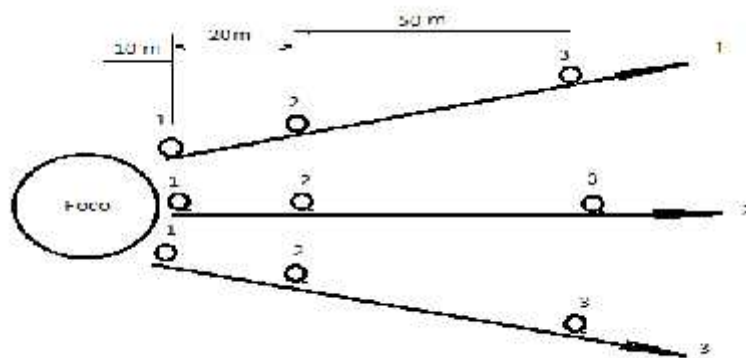


Figura: 1. Dirección de los vientos y radio de protección sanitaria.

- El radio numérico de protección sanitaria para el tipo de instalación:  $l_0 = 1000$  m.
- La frecuencia anual promedio del viento en el rumbo dado:  $P = 72$  %
- El radio de protección sanitaria.  $L = 265$  m

Afectados por las emanaciones de contaminantes:

- 56 viviendas en un perímetro inferior a 50 m.
- Un consultorio médico.
- Una cafetería.
- Un punto de venta de agricultura urbana.

Impacto de las emanaciones de  $\text{NH}_3$  en la población y personal que labora en la instalación.

- ✓ El 25 % de la población encuestada padece de: asma bronquial o alergia crónica (de estos 2 niños y 3 adultos).

- ✓ El 100% de los encuestados manifiestan que el aire en la zona es pésimo por cuanto se percibe al olfato, el olor característico del gas  $\text{NH}_3$ , fundamentalmente en el horario nocturno cuando la instalación está en funcionamiento.
- ✓ El 100 % de los encuestados manifiesta que por parte de esta institución no se ha recibido orientación alguna, acerca de la manera de actuar al presentarse un escapes de distinta índole.
- ✓ El 96 % plantea que las alarmas instaladas no han funcionado en el momento del hecho y que a menudo se disparan solas, sobre todo en la etapa de lluvia, por lo que la población ha perdido confiabilidad.
- ✓ El 50 % de la muestra plantea que los escasos conocimientos acerca de las características letales del  $\text{NH}_3$ , las ha captado en la escuela, el 40 % la asocia a gas asfixiante y el 10 % no la conoce.

## MEDIDAS DE PROTECCIÓN

Para garantizar la protección de los tanques de amoníaco en la parte superior del lugar donde estos están ubicados, se coloca una tubería de agua con aspersores en forma de cono para que en caso de alguna avería, estos produzcan una lluvia densa y garanticen la disociación de la sustancia contaminante en el agua y disminuir el efecto del gas en la población (Figura 2).



**Figura. 2. Deposito de amoníaco e intalación de las boquillas de agua**

En la lámina se puede apreciar, de color verde, y su ubicación en la parte superior del tanque de amoníaco. Este método de protección se ha diseñado solo para los tanques de almacenamiento, en el caso de las válvulas, tuberías y compresores, tanto en caso de fallos durante su funcionamiento o en la apertura del sistema para realizar cualquier operación de mantenimiento donde se producen emanaciones de gas, no existe ningún tipo de protección

que evite que estas lleguen inmediatamente a la población más vulnerable.

En la parte exterior de la instalación contigua a la sala de máquinas (Figura 3) y próxima a los límites de la entidad con la población, está presente un alero (1) que puede soportar una tubería de agua en la que se ubicaran boquillas o aspersores de distribución cónica a una distancia de 200 mm, permitiendo que los chorros se entrelacen de manera que el flujo de agua forme una cortina por debajo del nivel del cerramiento (2) que evitará la salida inmediata del gas en dirección a la población, obligando a que el gas por su bajo peso molecular, esté obligado a salir de la instalación por el nivel superior, y al continuar ascendiendo se reduce su efecto en la población.

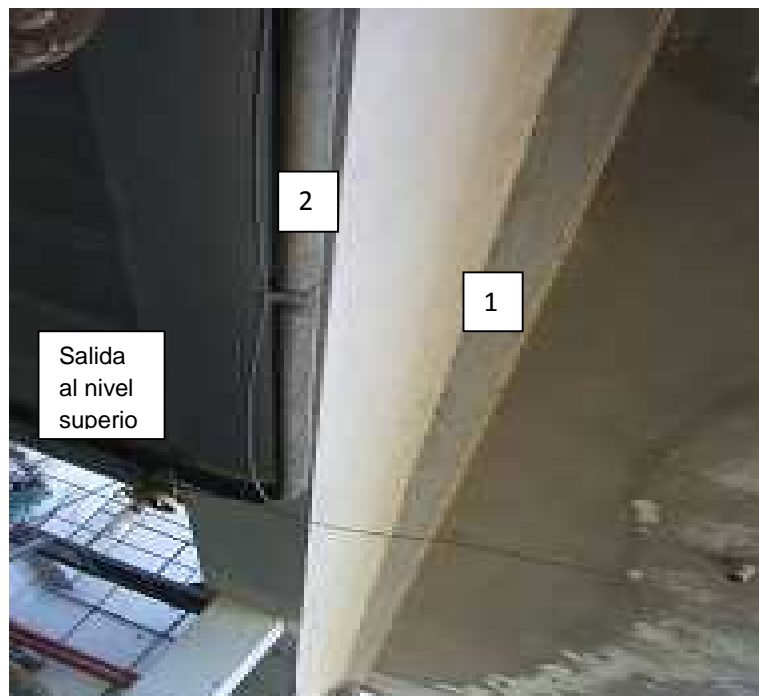


Figura. 3. Posición de colocación de la cortina de agua (1-loza del techo; 2-serrameto de hormigón)

## ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

### IMPACTOS

El impacto económico (Tabla 1) se analiza desde el punto de vista de la relación costo beneficio y los gastos de los materiales a utilizar (bomba, tubería, boquillas y fuente para la recirculación del agua), como se puede apreciar, la cantidad de materiales utilizados es pequeña pero los costos podrían ser altos; los beneficios que provee la disponibilidad de esta cortina de contención de las emanaciones de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), se ahorran por concepto de evacuación de la población, paralización del tránsito en las zonas aledañas, movilización de los efectivos del cuerpo de bomberos, la policía, la defensa civil y paralización de la instalación. Gastos por

efectos directos o indirectos en la salud humana, el ganado y las plantas.

Además se consideran los gastos por la corrosión de materiales y de sus revestimientos de protección; gastos de mantenimiento de las edificaciones y la depreciación de los objetos y mercancías expuestas; gastos directos por la aplicación de medidas técnicas para suprimir o reducir las emisiones; gastos de transporte en caso de niebla por contaminación o de electricidad por la necesidad de encender el alumbrado antes del horario establecido; gastos relacionados con la organización administrativa (evacuación del personal y población del entorno, y otras) de la lucha contra la contaminación y los costos de las investigaciones destinadas a la lucha contra la contaminación.

**Tabla 1. Impacto económico en la empresa**

Incidencia	Causa	Efecto
1	Sobrecarga del sistema, hace fallar la válvula de seguridad	1. Asfixias temporales de 10 personas. 2. Huida en estampida de la población en rumbo equivocado. 3. Interrupción del tráfico por las vías aledañas.
2	Avería de una tubería	1. Asfixia temporal de 7 personas rescatadas por fuerzas especializadas. 2. Huida de una parte de la población en el rumbo equivocado. 3. Paralización del objeto socio-económico. 4. Interrupción del tráfico por las vías aledañas.
3	Avería de una tubería	1. Huida en estampida de la mayor parte de la población en el rumbo correcto. 2. Interrupción del tráfico por las vías aledañas. 3. Paralización del objeto socio-económico.
4	Fuga continua en el Sistema de condensación por	1. Traslado de amoniaco por las corrientes de aire, en forma de llovizna contaminada hacia la población, perceptible al olfato y efecto sobre las



---

cortina de agua plantas.  
(rocío)

---

Los impactos medioambientales (Figura 4) radican en la disminución de los impactos a que ha estado sometida la población de la zona y que se mostró con anterioridad (ver anexos). Reducir a la mínima expresión las fugas de  $\text{NH}_3$ , eliminando o minimizando la contaminación de los componentes abióticos: agua y aire; posibilitándose una explotación óptima de la instalación, mejorando calidad del aire, disminuye el riesgo de enfermedades en el componente biótico. Los daños a la vegetación se producen en: alteraciones foliares, reducción del crecimiento y destrucción de flores y frutos. Otros daños consisten en la reducción de la visibilidad, efecto invernadero, afectación a la capa de ozono, lluvia ácida y otras; los daños a los animales: muerte, fluorosis, efectos genéticos, reducción del desarrollo entre otras; además los efectos agudos y crónicos en aspectos psicológicos y fisiológicos sobre el hombre.



Figura. 4. Impacto en la vegetación y en las personas.

## CONCLUSIONES

- 1- La cortina de contención de las emanaciones de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) es factible para la reducción de las afectaciones provocadas por los escapes de esta sustancia contaminante.
- 2- Se debe colocar la cortina de agua con aspersores de distribución cónica para evitar la propagación del refrigerante en caso de fuga, ya que la distancia de la población con el objetivo químico es inferior a 50 m.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Aeropuerto “Carlos M de Céspedes” 2014. Base de datos rosa de los vientos. Bayamo.
- Alcalde A. F. (1988). Instituto de Geofísica y Astronomía-Agencia de Medio Ambiente.
- CORINE. (1994). Coordination of information on the environment. Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero. CORINE- AIRE e IPCC. Madrid, España. 250 p.
- EINECS*. El amoníaco. Propiedades físicas del amoníaco, fuentes de emisión y aplicaciones del amoníaco, efectos para la salud humana y el medio ambiente. <http://esis.jrc.ec.europa.eu/index.php?PGM=ein>
- Gaceta Oficial. (1997). Ley N° 81 del Medio Ambiente de Cuba. República de Cuba.
- Galiona Mingot, T. (1984). Pequeño Larousse de Ciencias Técnicas. Ed. Revolucionaria. La Habana.
- González, F. (2000). Manual de explotación de las instalaciones frigoríficas. Subdirección Técnica de la Empresa Nacional de Frigoríficos.
- Karmov. (1982). Explotación de máquinas frigoríficas. Ed. MIR.
- Lineamientos de la política económica y social de Cuba. 2013. VI Congreso del Partido Comunista de Cuba.
- NC: 111: (2004). Calidad del aire. La Habana.
- NC: 19-02-14. (1988). Protección de instalaciones frigoríficas. La Habana.
- NC: 93-02–202. (1993). Radio de protección sanitaria de diferentes instalaciones agropecuarias e industriales. La Habana.
- TÜV NORD – *CUALICONTROL*, (2014). Medición de emisiones de gases contaminantes de la atmósfera UNE-EN ISO/IEC 17020, para la comprobación de la conformidad en función de la concentración de contaminantes. Con acreditación nº 10/EI115 por ENAC.