

ENFOQUE METODOLÓGICO PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS POR ATMÓSFERAS PELIGROSAS EN ENTORNOS A INDUSTRIAS QUE MANIPULAN HAZMAT

METHODOLOGICAL APPROACH FOR THE ANALYSIS OF RISKS DUE TO HAZARDOUS ATMOSPHERES IN THE SURROUNDING AREAS TO INDUSTRIAL FACILITIES WHICH HANDLING HAZMAT

Represa, Soledad ¹; Mellado Daniela ^{1,2}; Balbi Karina ¹; Acquesta Alejandro ²; Porta Andrés ¹; Sanchez E. Yanina ^{1*}

¹ Centro de Investigaciones del Medio Ambiente (CIMA), Universidad Nacional de La Plata, Argentina.

² Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF), Ministerio de Defensa de la Nación, Argentina.

*Autor de correspondencia: yaninasanch@quimica.unlp.edu.ar

RESUMEN

La ausencia de proyectos de ordenamiento territorial, expone a la población a potenciales accidentes tecnológicos. Su impacto potencial puede ser evaluado mediante la estimación del riesgo. Se propone entonces una metodología para estimar el riesgo por amenazas tecnológicas enfocada en dos componentes: el procesamiento de datos meteorológicos para la definición de escenarios más probables y más conservadores; y la aplicación de un índice de vulnerabilidad social para clasificar la población. Como caso de estudio se simuló la emisión de un tanque receptor de amoníaco licuado en una industria frigorífica (La Plata, Argentina) y se estimó el riesgo considerando las características sociodemográficas de la población. Los resultados muestran las áreas donde se concentran los individuos en riesgo, posibles de ser atendidas para la etapa de prevención. Como ventaja, este enfoque metodológico sistémico resulta flexible, ya que brinda la posibilidad de ser aplicado en diversos escenarios, en función de la información local asequible.

ABSTRACT

The absence of territorial planning projects exposes the population to potential technological incidents. Its potential impact can be assessed by risk estimation. Taking this into account, the potential condition can be warned. In this work we propose a methodology to estimate risk of technological hazards, focused on two components: the processing of meteorological databases to define the most probably and conservative scenario, and the application of a local social vulnerability index to classify the population. In this case of study, the risk was estimated for a hypothetical release of liquefied ammonia in a meat-packing industry (La Plata, Argentina). The results show the areas associated with higher risks, which are worth being addressed for the prevention of disasters in the region. Advantageously, this systemic approach is methodologically flexible as it provides the possibility of being applied in various scenarios based on the available information of both, the exposed population and its meteorology.

PALABRAS CLAVES Vulnerabilidad Social, Accidente Tecnológico, Peor Escenario; ALOHA, INDEC

KEY WORDS Social Vulnerability, Technological Accident, Worst-Case Scenario, ALOHA, INDEC

1. INTRODUCCION

La manipulación de materiales peligrosos (HAZMAT) en industrias emplazadas dentro del contexto urbano presenta un riesgo mayor a experimentar eventos no deseados (FEMA, 2013a). Este es el caso de numerosas ciudades de América Latina, donde se superpone el espacio industrial con el urbano (Ramírez, 2009). El abordaje de esta problemática requiere de un análisis complejo del riesgo. Si bien el riesgo no puede ser eliminado, su estudio proporciona una base para el desarrollo de estrategias y controles para la reducción del impacto de los desastres, como por ejemplo el uso de la tierra o el diseño de una red de monitoreo, que aseguren una gestión adecuada (Brown & Dunn, 2007; DeFriend et al., 2008; Lee & Kulesz, 2008; Ramírez-Camacho et al., 2017; Topuz et al., 2011)

Mayoritariamente, dentro de las metodologías para la estimación del riesgo, el riesgo aparece expresado en término de número de fallecidos o afectados, o magnitud de la pérdida económica (Ale & Uitdehaag, 1999; Center for Chemical Process Safety, 2000; Han & Weng, 2010), sin dar cuenta de las características particulares de la población afectada. A su vez, los métodos de evaluación del riesgo que aparecen en la bibliografía se basan en herramientas sofisticadas que requieren información con gran detalladle, la cual no siempre se encuentra disponible (Hirst & Carter, 2002; Zhou & Liu, 2012).

En base a lo expuesto, este trabajo tiene como objetivo analizar el riesgo incurrido por las instalaciones industriales con manejo de HAZMAT dentro del entorno urbanizado. Para ello, se ha considerado la demografía, el clima y el entorno construido como factores determinantes en la descripción de la amenaza y el peligro (FEMA, 2013b). En este sentido, se propone una metodología para estimar el riesgo por fugas accidentales en las comunidades vecinas a las instalaciones industriales, basado en los escenarios meteorológicos más probable y más conservador, y la caracterización de la población a través de un índice de vulnerabilidad social.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. Amenaza: Construcción de escenarios

A fin de simplificar la información disponible e identificar los escenarios más probables (EMP) y los más conservadores (EMC), la metodología presentada en este trabajo utiliza los criterios propuestos por Miñarro (2004) y FEMA (2013b). Los EMP dan cuenta de la clase de estabilidad atmosférica y el rango de magnitudes más frecuentes del viento, mientras que para los EMC se definen las magnitudes más frecuentes asociadas a la clase de estabilidad F.

De esta forma, se confeccionó una matriz de estabilidad para cada dirección del viento. Con esta información, junto a la rugosidad del terreno (Z_0) a sotavento y otros parámetros meteorológicos asociados (temperatura del aire, cobertura nubosa, etc.), se definieron los escenarios a simular. Finalmente, una curva de iso-amenaza conectó todos los puntos geográficos para generar una amenaza equivalente entorno a la fuente de emisión.

2.2. Vulnerabilidad: Aplicación de un Índice de Vulnerabilidad Social

Es posible estimar el nivel de vulnerabilidad social de la población mediante la confección de índices que integren información social, cultural, económica y demográfica de la misma. En este trabajo, se utilizó como base de información primaria al Censo 2010 (INDEC, 2010) a partir del cual se elaboraron indicadores sociales, que fueron resumidos en un Índice Local de Vulnerabilidad Social (ILVS) por un análisis de componentes principales (PCA).

Para la normalización de las variables se utilizó el puntaje z , que tras esto se evaluaron con el parámetro Alpha Cronbach. A continuación, se analizó la colinealidad, descartando las variables con una correlación

de Pearson inferior a 0,3 (con $p < 0,001$). A su vez, se utilizó la prueba de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) para el diagnóstico de multicolinealidad.

El número de componentes principales se definió mediante un gráfico de sedimentación, seleccionándose 4 componentes. Como método de rotación se utilizó oblimin, obteniendo un porcentaje de varianza explicada del 77%. Se aplicó el método aditivo para resumir los componentes principales en el ILVS.

2.3. Análisis de riesgo y mapeo

Mediante la aplicación de una matriz de riesgo, se cuantificó el riesgo en 7 niveles, como el resultado de las amenazas dadas por las liberaciones accidentales y la vulnerabilidad de la población potencialmente afectada. Por último, una clasificación cromática de los radios censales muestra los niveles de riesgo alrededor de la instalación industrial analizada.

3. RESULTADOS

Como caso de estudio se analizó la liberación hipotética de un tanque de amoníaco licuado en una industria frigorífica ($34^{\circ}59'27.83''S$, $58^{\circ}5'37.93''O$) ubicada en la ciudad de La Plata, Argentina. En el área circundante, se registraron 3489 habitantes (INDEC, 2010) ubicados en 13 radios censales. Mediante la aplicación del ILVS, se detectaron 8 radios censales con vulnerabilidad media (nivel 3) y 5 con vulnerabilidad alta (nivel 4), dentro de un radio de 4 km (Fig. 1.a).

La fuga se simuló con el software ALOHA, desde un agujero de 2 cm de diámetro de un tanque receptor (componente del sistema que almacena el mayor volumen de amoníaco). Basándose en las condiciones operacionales de la planta, se consideraron los siguientes supuestos para la modelación de la fuente de emisión: Cilindro horizontal (Volumen: 2800 L. Longitud: 5.30 m); presión de trabajo: 13 kg cm^{-2} ; el tanque contiene amoníaco licuado, en un nivel de 85% en volumen.

Para la selección de los escenarios meteorológicos, se solicitó la información al Servicio Meteorológico Nacional para el período 2014-2016. El procesamiento de los datos meteorológicos mostró las frecuencias 23.66, 21.7, 17.7, 10.01, 9.93, 6.67, 6.01 y 4.54% para los vientos N, E, S, O, NO, SE, SO y NO, respectivamente. A partir de la matriz de estabilidad derivada para cada dirección del viento, se obtuvo como condiciones predominantes de la región la clase de estabilidad atmosférica C y velocidades del viento menores de 2 m s^{-1} en las 8 direcciones estudiadas del viento.

La zona de amenaza resultante (Fig. 1.b) fue generada mediante la interpolación de las distancias máximas modeladas por ALOHA para cada dirección del viento. Se utilizó al AEGL como un nivel tóxico de preocupación.

La Figura 1.c muestra los niveles de riesgo estimados a partir de la matriz de riesgo. Para las salidas tanto de EMC como de EMP, la zona de alta amenaza involucra fracciones de cuatro radios censales. Esta fracción es mayor para EMC que para EMP, como se esperaba. Sin embargo, el radio censal que se ubica al suroeste de la fuente de emisión presenta, tanto para EMC como para EMP, el nivel de riesgo más alto del mapa (nivel 6) debido a su alta vulnerabilidad en comparación con los otros tres radios censales (nivel 5) de la zona de alta amenaza. Del mismo modo, la zona de amenaza media presenta fracciones de 3 radios censales de nivel alto (nivel 5) y 7 de nivel intermedio (nivel 4). Por su parte, la zona de baja amenaza tiene fracciones de 4 (EMP) y 5 (EMC) radios censales con riesgo medio (nivel 4) y fracciones de 4 radios censales con bajo riesgo (nivel 3).

Por otra parte, la comparación del EMC en las Figuras 1.b y 1.c, muestra que la zona de mayor riesgo representa el 60% de la zona de alta amenaza (0.52 km^2). Esto pone en relieve la importancia de la estimación del riesgo dentro de la etapa de preparación frente a una emergencia, ya que permite optimizar los recursos disponibles en las zonas de mayor riesgo.

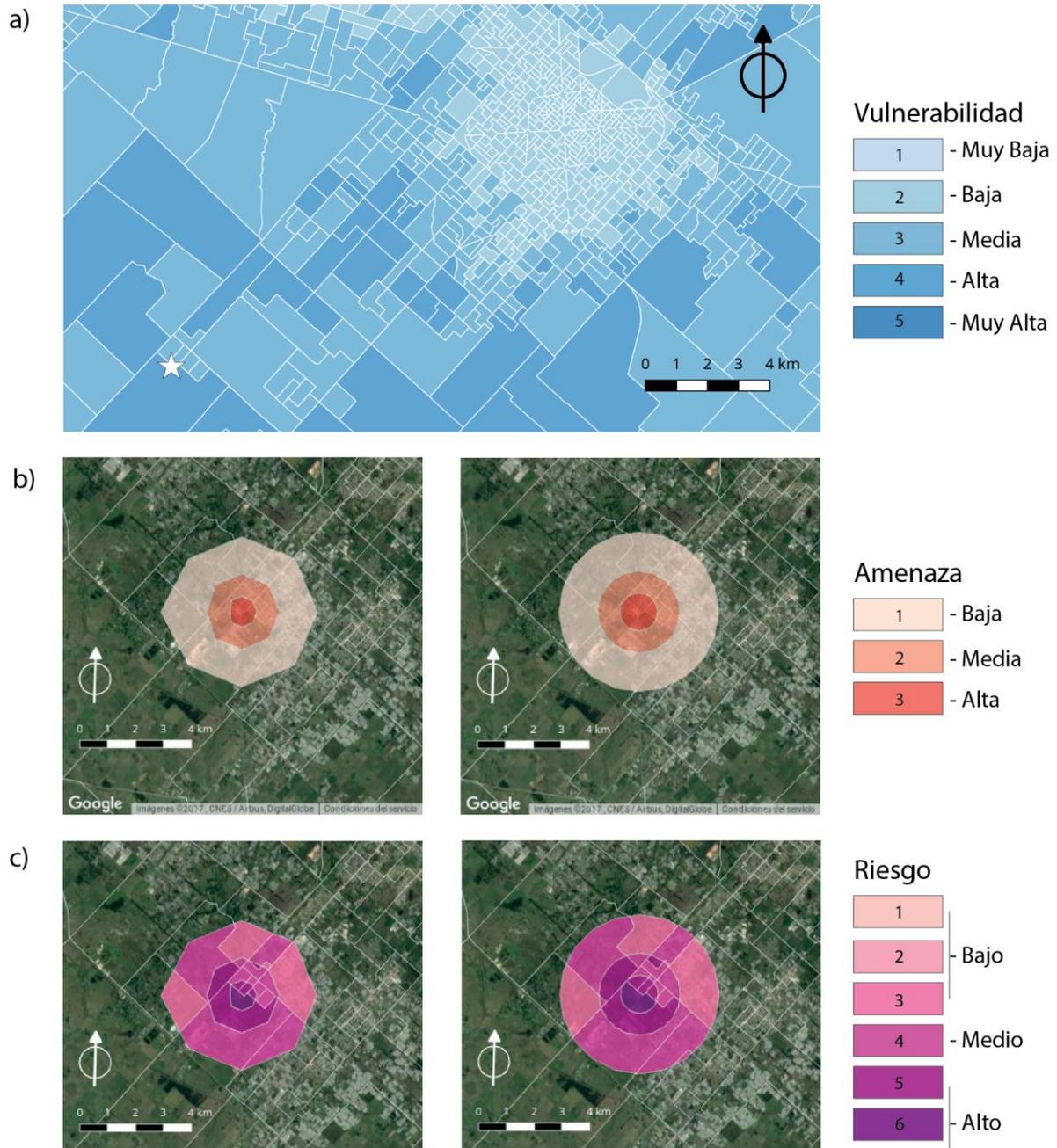


Figura 1: XXX

4. CONCLUSIONES

La metodología propuesta ha resultado óptima para la discriminación de áreas de mayor riesgo frente a un mismo nivel de amenaza. Los mapas de riesgo elaborados permitieron visualizar y detectar los radios censales con el riesgo más elevado en caso de una emergencia. A su vez, se muestran como una herramienta útil para optimizar los recursos disponibles en la etapa de mitigación del riesgo.

Si bien este trabajo muestra un caso de aplicación en Argentina, por la simplicidad de la información de entrada puede ofrecer aplicaciones en otros países y para una amplia variedad de HAZMAT. Sólo es necesario contar con información fiable sobre las características sociodemográficas de la población estudiada y sobre la meteorología regional, así como también conocer los procesos de la instalación industrial y las características de la fuente de emisión.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (PICT 2015-0618). Los autores agradecen el apoyo y financiamiento del CONICET, de la CIC PBA y de la UNLP. Particularmente agradecen al SMN por proveer la información meteorológica.

6. REFERENCIAS

- Ale, B. J. M., & Uitdehaag, P. A. M. (1999). Guidelines for quantitative risk analysis. *CPR18) RIVM*.
- Brown, D. F. & Dunn, W. E. (2007). Application of a quantitative risk assessment method to emergency response planning. *Computers & Operations Research*, 34(5), 1243-1265.
- Center for Chemical Process Safety. (2000). *Guidelines for chemical process quantitative risk analysis*. Center for Chemical Process Safety/AIChE
- FEMA (Federal Emergency Management Agency). Part II: TECHNOLOGICAL HAZARDS. (2013a). <https://www.fema.gov/media-library-data/20130726-1545-20490-2423/mhirate.pdf>, accessed 16.08.17.
- FEMA (Federal Emergency Management Agency). CPG 201: *Threat and Hazard Identification and Risk Assessment Guide—Second Edition*. (2013b). <https://www.fema.gov/es/media-library/assets/documents/26335>, accessed 16.08.17
- Han, Z. Y., & Weng, W. G. (2010). An integrated quantitative risk analysis method for natural gas pipeline network. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 23(3), 428-436.
- Hirst, I. L., & Carter, D. A. (2002). A “worst case” methodology for obtaining a rough but rapid indication of the societal risk from a major accident hazard installation. *Journal of hazardous materials*, 92(3), 223-237
- Lee, R. W., & Kulesz, J. J. (2008). A risk-based sensor placement methodology. *Journal of hazardous materials*, 158(2), 417-429.
- Miñarro, M. D. (2004). Zonas de planificación para accidentes graves de tipo tóxico: GUIA TECNICA (EN EL AMBITO DEL REAL DECRETO 1254/99-SEVESO II-). EDITUM
- Ramírez, J. C., Lira, I. S., & Cuervo, L. M. (2009). Economía y territorio en América Latina y el Caribe: desigualdades y políticas (Vol. 99). United Nations Publications.
- Ramírez-Camacho, J. G., Carbone, F., Pastor, E., Bubbico, R., & Casal, J. (2017). Assessing the consequences of pipeline accidents to support land-use planning. *Safety Science*. 97(1), 34-42
- Topuz, E., Talinli, I., & Aydin, E. (2011). Integration of environmental and human health risk assessment for industries using hazardous materials: a quantitative multi criteria approach for environmental decision makers. *Environment International*, 37(2), 393-403.
- Zhou, Y., & Liu, M. (2012). Risk assessment of major hazards and its application in urban planning: A case study. *Risk analysis*, 32(3), 566-577.