

# CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO, ASOCIADOS A UN PROCESO DE MASIFICACIÓN DE COMBUSTIBLES GASEOSOS

Jaime Alberto Ospina Giraldo.\*

## RESUMEN

El uso masificado de combustibles gaseosos, gas natural y gas licuado del petróleo o G.L.P., exige la implementación y utilización de tecnologías complejas en cada una de las actividades técnico-operativas que el transporte, distribución y consumo de estos combustibles requiere, con el fin de realizar cada una de ellas en la forma más eficiente y segura posible.

Fenómenos naturales (terremotos, deslizamientos) y fenómenos técnicos-antrópicos (terrorismo, diseños no apropiados de la red de transporte y distribución, mala manipulación de los gasodomésticos) representan un peligro latente tanto para los distribuidores como para los usuarios del gas, generando una amenaza, de grandes proporciones, para el normal desarrollo del programa de masificación del gas, en cualquier entorno geográfico donde éste se implemente.

En este artículo se describen los conceptos de desastre, amenaza, vulnerabilidad y riesgo y la forma como se relacionan con el proyecto de masificación del gas, básicamente en las áreas de transporte, distribución y uso final.

## INTRODUCCIÓN

Cualquier actividad técnica que se realice (conducir un vehículo, construir un edificio, transportar y distribuir combustibles gaseosos) genera un riesgo para el entorno de vida dentro del

cual ésta se realiza. Lo importante es realizar dicha actividad, en sus diferentes escenarios, con el menor riesgo posible.

El riesgo relacionado con el transporte, distribución y uso masivo de combustibles gaseosos

---

\* Ingeniero de Petróleos. Miembro del Grupo de Investigación de Ciencia y Tecnología del Gas y Uso Racional de la Energía, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia. E-mail: jaog@catios.udea.edu.co.

puede reducirse, administrarse y controlarse, si éste se entiende como el resultado de correlacionar la *AMENAZA* (existencia de la red de gas) y la *VULNERABILIDAD* (mayor o menor capacidad de la comunidad operaria y usuaria de interactuar apropiadamente con la red de distribución y los gasodomésticos empleados). Las medidas de reducción del riesgo como son diseñar bien las redes de distribución obedeciendo a las condiciones técnicas y sociales de cada región; y medidas de mitigación de la vulnerabilidad como son educar y capacitar a la comunidad operativa y usuaria asistiéndolas permanentemente, permiten reducir las consecuencias desfavorables ante la ocurrencia de un evento adverso como un escape no controlado de gas, incendios, intoxicaciones y explosiones en una determinada región gasificada.

Este artículo pretende describir la forma como los conceptos de desastre, amenaza, vulnerabilidad y riesgo pueden relacionarse con un proyecto de tanto impacto ambiental, económico, político y social como lo es el proceso de masificación relacionado con el transporte, distribución y uso de combustibles gaseosos en una determinada región o localidad geográfica.

## LOS DESASTRES Y EL PROCESO DE MASIFICACIÓN DE LOS COMBUSTIBLES GASEOSOS. DEFINICIONES CONCEPTUALES Y MATEMÁTICAS BÁSICAS.

*i) Desastre:* Es una alteración o una ruptura parcial o total en la dinámica de un sistema, en un espacio geográfico ocupado por una comunidad de vida, que logra sobrepasar su capacidad de ajuste y autorregulación. Por ejemplo: la explosión de la red urbana de gas por la acumulación de éste en altas concentraciones, dentro de su rango de inflamabilidad. Dicha acumulación puede ser generada por un fenómeno natural, provocado por el hombre (origen antrópico) o ser consecuencia de una falla de carácter técnico en el sistema de redes de distribución de gases. Se tiene entonces que:

$$DESASTRE = RIESGO * VULNERABILIDAD \quad (1)$$

Es importante recalcar que la expresión (1) más que una herramienta cuantitativa (entender el desastre como el producto de la vulnerabilidad por el riesgo) es una importante ayuda cualitativa (entender el desastre como la relación entre el riesgo y la vulnerabilidad).

*ii) Proceso de masificación de gases combustibles:* Mecanismo relacionado con la correcta implementación técnica-operativa y administrativa en cuanto al transporte, distribución y uso de combustibles gaseosos, que garantice permanentemente el abastecimiento de dichos combustibles en una forma segura y eficiente, con un grado de calidad que se ajuste a los estándares internacionales, permitiendo así a una determinada comunidad usuaria, residencial, comercial o industrial, satisfacer cómodamente sus necesidades energéticas.

*iii) Amenaza (A):* Factor externo de riesgo para una determinada comunidad o espacio geográfico, la cual se refiere a la probabilidad de que se presente un evento potencialmente desastroso como puede ser una intoxicación o una explosión durante un cierto período de tiempo en un lugar o sitio dado, debido a la presencia de elementos como la red urbana de gas, vehículos transportadores, tanques estacionarios, entre otros. Como es lógico, a medida que transcurre el tiempo la red de gas, el vehículo transportador y el tanque estacionario van deteriorándose y minimizando su capacidad de ofrecer un servicio seguro y eficiente a la industria gasera. Para efectos de análisis tanto cualitativo como cuantitativo, la amenaza puede ser expresada como:

$$\frac{dA_i}{dt} = \alpha - \beta A_i; \alpha > 0, \beta > 0 \quad (2)$$

Donde:

- $A_i$ : Probabilidad de que se presente un evento (fuga de gas no controlado) con una intensidad mayor o igual a "i", durante un tiempo de exposición "t".
- $\alpha$ : Factor de empeoramiento de la amenaza, el cual depende del diseño y materiales utilizados en la construcción de la red o tanque estacionario, de las condiciones de trabajo, del mantenimiento adecuado y del manejo por parte de los operarios.
- $\beta$ : Parámetro de mejoramiento de la amenaza, el cual depende del correcto mantenimiento que se haga de esta en el tiempo.

Si en la expresión (2),  $t \rightarrow \infty$  (tiempo muy grande, muchos años después de construida la red por ejemplo), se obtiene:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} A_i(t) = \frac{\alpha}{\beta} \quad (3)$$

Lo que significa que existe un tiempo después de construida la red de distribución, el tanque estacionario, el vehículo distribuidor en que estos elementos deben ser totalmente desmontados y retirados del servicio con el fin de no ocasionar un evento adverso o en el peor de los casos un desastre.

**iv) Vulnerabilidad (V):** Factor interno de riesgo que posee una determinada comunidad o colectividad humana (desorganización social, pobreza, malos servicios públicos), la cual se refiere a la incapacidad que en un momento determinado tenga la comunidad operaria y usuaria para interactuar en forma segura y apropiada con relación al uso masificado de combustibles

gaseosos, en caso de que se presente un evento adverso como los citados anteriormente. Para efectos de análisis, la vulnerabilidad puede ser expresada como:

$$V_e(t) = V_{e_0} e^{-\gamma t}$$

- (4)  
Que representa la mitigación temporal de la vulnerabilidad.

Donde:

**$V_e(t)$ :** Predisposición intrínseca de un elemento expuesto "e" a ser afectado o de ser susceptible de sufrir una pérdida ante la ocurrencia de un evento adverso con una intensidad mayor o igual a "i" durante un tiempo de exposición "t".

$\gamma$ : Factor de mitigación de la vulnerabilidad, el cual depende de que se lleven a cabo programas de capacitación en el manejo seguro de combustibles gaseosos (G.L.P. y gas natural) con las distintas comunidades operarias y usuarias, de que se diseñen las redes de transporte y distribución con los materiales adecuados y obedeciendo a las condiciones técnicas y sociales de la región a gasificar.

Si en la expresión (4),  $t \rightarrow \infty$  (ha transcurrido mucho tiempo en que la comunidad operaria y usuaria viene interactuando con la red de transporte y distribución de combustibles gaseosos), se obtiene:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} V_e(t) = \lim_{t \rightarrow \infty} V_{e_0} e^{-\beta t} = 0 \quad (5)$$

Lo que significa que después de un tiempo grande ( $t \gg \gg 0$ ) de estar la comunidad interactuando con los combustibles gaseosos, su vulnerabilidad debe ser lo más mínima posible, debido a que el programa de masificación ha estado

acompañado de buenas campañas educativas en cuanto al manejo seguro y eficiente del G.L.P. y del gas natural.

v) **Riesgo(R)**: Se refiere a la probabilidad de exceder un valor específico de daños sociales, ambientales y económicos en un lugar dado y durante un tiempo de exposición determinado debido a la ocurrencia de un evento desastroso como puede ser el escape de gases no controlado, el cual posteriormente cause un incendio, o más perjudicialmente una explosión. El riesgo se obtiene de relacionar la amenaza o probabilidad de ocurrencia de un fenómeno de una intensidad específica (explosión de la red urbana de transporte y distribución de gas), con la vulnerabilidad de los elementos expuestos (comunidad operaria y usuaria no capacitada). Por lo tanto, el riesgo en este caso es de carácter tecnológico debido a que a la amenaza a la cual está referido es la red de transporte y distribución de G.L.P. y gas natural. Matemáticamente, éste se expresa como la probabilidad de exceder un ni-

vel de ocurrencia de un evento con una cierta intensidad en un cierto sitio y en cierto período de tiempo, y obtenido como la “convolución” de la probabilidad de ocurrencia de eventos peligrosos y de la vulnerabilidad de los elementos expuestos a tales amenazas.

Lo anterior se escribe de la siguiente forma:

$$R_{ie}(t) = \int_0^t P(t-t') V(t') dt' \quad (6)$$

Donde:

$t'$ : Tiempo de análisis (de retardo)  
 $t > t'$  (7)

$R_{ie(t)}$ : Probabilidad de que se presente una pérdida sobre el elemento “e”, como consecuencia de la ocurrencia de un evento con una intensidad mayor o igual a “i”, durante un tiempo de exposición “t”.

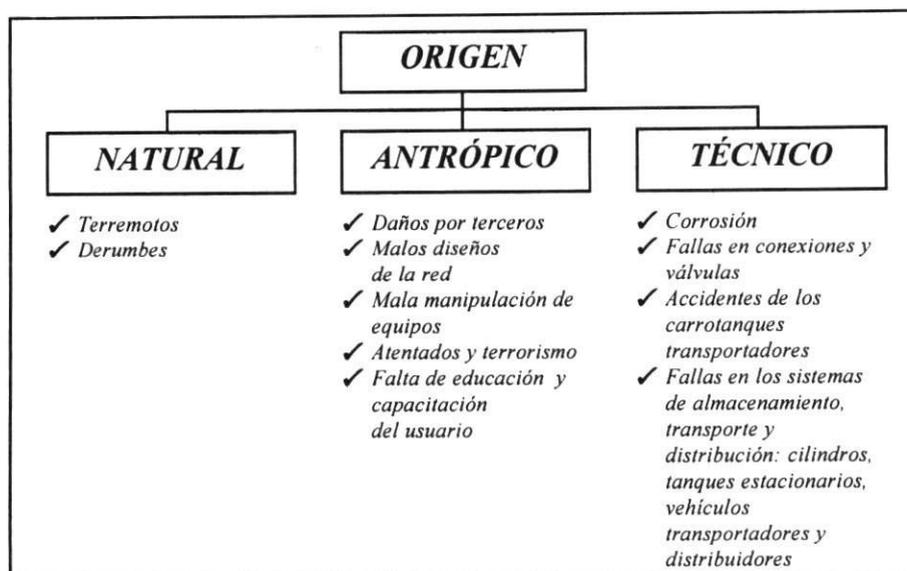


Figura 1. Causas que generan desastres en la industria gasera.

## ORIGEN DE LOS DESASTRES EN UNA RED DE DISTRIBUCIÓN DE GASES COMBUSTIBLES

Como se ha establecido con anterioridad, los desastres pueden tener su origen en un fenómeno natural, antrópico o técnico. A continuación se presenta un esquema donde se muestran diferentes causas asociadas con los distintos fenómenos anteriormente descritos.

## RELACIÓN: MEDIO AMBIENTE-INDUSTRIA GASERA-COMUNIDAD USUARIA

Con el fin de entender de una forma más clara el origen de los desastres en la industria gasera con relación a una determinada comunidad operaria y usuaria, se presenta el siguiente esquema:



Figura 2. Relación Amenaza-vulnerabilidad en la industria gasera.

## MARCO CONCEPTUAL

El impacto de los desastres en las personas (usuarios del gas), los bienes y propiedades (viviendas, fábricas, sitios de recreación, etc.) es un tema todavía incipiente en el contexto colombiano, y en especial en la industria gasera. La apenas naciente industrialización y masificación de los combustibles gaseosos en Colombia, encuentra aspectos y características tan importantes a superar como son: ciudades ubicadas a más de 1000 metros sobre el nivel del mar, condiciones climatológicas y geográficas particulares, una acumulación de vulnerabilidad antrópica generada por el poco conocimiento y dominio de nuevas tecnologías, haciendo que los procedimientos metodológicos y técnicos con que se realice un

proceso de masificación en el uso de combustibles gaseosos obedezca a condiciones locales muy específicas para cada región a gasificar, no permitiendo la utilización de estándares internacionales ya predeterminados, puesto que dicho procedimiento conllevará a establecer diseños y construcciones de redes de distribución no concordantes con las necesidades energéticas básicas de una determinada comunidad, trayendo consigo un aumento de la vulnerabilidad de la región e incrementando cada vez más el riesgo de sufrir un evento adverso o desastre. Con base en la figura 2 y el anterior planteamiento surge la siguiente pregunta: ¿Cuándo ocurre el desastre? O ¿Cómo coincide una amenaza con la vulnerabilidad de una comunidad usuaria para que ocurra el desastre?. Ante el advenimiento de un

proyecto tan importante, las posibles comunidades usuarias deben adaptar sus estructuras sociales, políticas, ideológicas y económicas con el fin de que el proceso de masificación se lleve a cabo con el menor traumatismo para dicha comunidad. Cuando los esquemas de cotidianidad de estas comunidades no responden o no pueden acomodarse a la realidad conocida como “proceso de masificación en el uso de combustibles gaseosos”, ya sea por no tener capacidad económica o autonomía política para hacerlo de una forma ágil y flexible, surge para dicha comunidad el desastre, el cual ya no es simplemente el escape no controlado de gases, sino la incapacidad técnica y humana para enfrentar dicho fenómeno, trayendo consecuencias negativas y costosas de difícil superación.

## **REDUCCIÓN DEL RIESGO A DESASTRE EN LA INDUSTRIA DE LOS COMBUSTIBLES GASEOSOS**

Condiciones de riesgo por mínimas que sean, siempre existirán; por lo tanto el propósito no es evitar el riesgo, sino hacer posible su reconocimiento y su oportuna evaluación y control. Para tal efecto, la industria gasera y la comunidad usuaria cuentan con mecanismos potentes para hacer que la posibilidad de que se presente un evento desastroso sea cada vez más remota, éstos son: la mitigación (decirle no a la vulnerabilidad) y la prevención (decirle no al riesgo). La primera acción se logra estableciendo en forma permanente programas de capacitación y educación en el manejo seguro de combustibles gaseosos para las diferentes comunidades usuarias. Para reducir el riesgo, es necesario establecer normas cla-

ras y accequibles para cada comunidad a gasificar, de modo que se puedan realizar el diseño y construcción de las redes de distribución obedeciendo a las necesidades específicas de cada región, con la ayuda de los procedimientos y estándares internacionales que para el efecto se tienen en la actualidad. Por lo tanto, el propósito de mitigar la vulnerabilidad y reducir el riesgo, es emprender todas las medidas establecidas de prevención, unas a partir de lo técnico y otras venidas de la comunidad, desde el instante inicial en que se concibe la realización de cualquier proyecto, logrando de esta forma reducir el riesgo en su origen.

## **CONCLUSIONES**

Con el fin de poder dirigir y orientar el desarrollo de una región de acuerdo con sus necesidades, es de vital importancia tener la forma de predecir y conocer qué tipo de eventos adversos pueden presentarse en el futuro (Proyección), lo cual se logra con modelos matemáticos y socio-dinámicos ajustados a las realidades técnicas y sociales de cada región a gasificar.

Un proyecto de tal magnitud, implica la utilización de recursos tecnológicos para los cuales se deben estudiar los efectos posteriores y/o las consecuencias (positivas y negativas) que puedan presentarse a nivel social, económico, político y ambiental. Por lo tanto, sólo con la incorporación adecuada de la comunidad usuaria y de la industria gasera en el proceso de masificación, será posible prevenir y mitigar los efectos de un posible desastre con relación a los usuarios (personas), los bienes y servicios (casas, edificios, fábricas, sitios de recreación, etc.).

## BIBLIOGRAFÍA

- Acciones de gas de France en el dominio de la seguridad de las instalaciones interiores domésticas. Memorias del 7º Congreso Colombiano del Petróleo. Santafé de Bogotá. Octubre de 1997.
- CARDONA, Omar Darío. Los desastres no son naturales. Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. Capítulo III.
- DE CURREA LUGO, Víctor. Hacia una nueva conceptualización en desastres. Santafé de Bogotá. Mayo de 1996.
- Diagnóstico de la Industria del Gas licuado del petróleo. Revista ACOGAS. N°17. pp 16-19. Santafé de Bogotá. Marzo de 1996.
- Diagnóstico de la estructura actual de la seguridad en la industria del gas. Revista ACOGAS. N°19. pp 27-32. Santafé de Bogotá. Mayo de 1996.
- Fortalecimiento de la seguridad en la industria del gas. Revista ACOGAS. N°20. pp 26-28. Santafé de Bogotá. Junio de 1996.
- Manual de la OFDA. Administración para desastres.
- MASKREY, Andrew. Los desastres no son naturales. Vulnerabilidad y mitigación de desastres. Capítulo VI.
- Operating Safety in the Natural Gas Industry. American Gas Association Engineering Technical Note. March 1988.
- S.P.E. Analytical Parameters for determining the Integrity of Gas Pipeline System.
- WILCHES CHAUX, Gustavo. “La vulnerabilidad global”. Capítulo II.