



---

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**PROPUESTA DE BASE DE DATOS PARA EL REGISTRO NACIONAL DE  
EMERGENCIAS QUÍMICAS DEL SECTOR INDUSTRIAL.**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO QUÍMICO**

**PRESENTA**

**DAVID FERNANDO HUERTA COLOSIA**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX**

**2016**





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**PRESIDENTE:** Profesor: Dra. Irma Cruz Gavilán García  
**VOCAL:** Profesor: Luz María Lazcano Arriola  
**SECRETARIO:** Profesor: Gema Luz Andraca Ayala  
**1er. SUPLENTE:** Profesor: Sergio Adrián García González  
**2° SUPLENTE:** Profesor: Alejandra Mendoza Campos

**SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:**

**UNIDAD DE GESTION AMBIENTAL, FACULTAD DE QUIMICA, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.**

**ASESOR DEL TEMA: DRA. IRMA CRUZ GAVILÁN GARCÍA**

(Nombre y firma)

**SUSTENTANTE: DAVID FERNANDO HUERTA COLOSIA**

(Nombre (s) y firma (s))



## Tabla de contenido

|   |           |
|---|-----------|
| Introducción.....   | 8         |
| Objetivos.....  | 3         |
| Capítulo 1 Antecedentes .....   | 4         |
| 1.1 Industria Química en México: .....  | 4         |
| 1.2 Definición de sustancias químicas peligrosas en México. ....                  | 6         |
| 1.3 Accidentes químicos históricos. ....  | 7         |
| <b>Capítulo 2 Legislación en Materia de Emergencias Ambientales.....</b>          | <b>10</b> |
| 2.1 Bases legales en México.....  | 10        |
| 2.2 Clasificación de sustancias peligrosas.....                                   | 11        |
| 2.3 Organismos gubernamentales responsables de las emergencias ambientales: ..... | 13        |
| <b>Capítulo 3 Metodología.....</b>  | <b>15</b> |
| 3.1 Análisis del formato original: .....  | 15        |
| 3.2 Diseño de los campos del nuevo formato:.....                                  | 17        |
| 3.2.1 Análisis de campos:.....  | 17        |
| 3.2.2 Sistematización de base de datos: .....                                     | 18        |
| <b>Capítulo 4 Resultados y análisis.....</b>                                      | <b>26</b> |
| 4.1 Temporalización y regionalización de emergencias. ....                        | 26        |
| 4.2 Caracterización del evento: el “Efecto domino” .....                          | 36        |
| 4.2.1 Emergencias Sencillas .....   | 36        |
| 4.2.1 Emergencias en encadenamiento .....   | 37        |
| 4.3 Ubicación y etapas de las emergencias químicas.....                           | 38        |
| 4.3.1 Emergencias químicas en transportes. ....                                   | 39        |
| 4.3.2 Emergencias químicas en plantas. ....                                       | 45        |
| 4.4 Sustancias involucradas: los 10 materiales más incidentes. ....               | 47        |
| 4.5 Afectaciones a la población.....  | 72        |
| 4.5.1 Afectaciones a la población laboral.....                                    | 73        |
| 4.5.2. Afectaciones a la población no laboral. ....                               | 73        |
| 4.6 Afectaciones al medio ambiente.....   | 75        |
| 4.7 Daños Materiales y Clasificación del evento.....                              | 76        |
| 4.7.1 Daños Materiales.....   | 76        |
| 4.7.2 Clasificación de los eventos. ....  | 77        |



|  |            |
|--|------------|
| 4.8 Causas probables y control de emergencias químicas.....  | 80         |
| 4.8.1 Causas probables.....  | 80         |
| 4.8.2 Control de emergencias.....  | 81         |
| 4.9 Información y documentación de empresas responsables de emergencias químicas.....  | 82         |
| <b>Capítulo 5 Conclusiones y recomendaciones.....</b>  | <b>88</b>  |
| <b>Bibliografía.....</b>   | <b>89</b>  |
| <b>Anexo I Reglas de negocio de base de datos.....</b>   | <b>90</b>  |
| <b>Anexo II Protocolo para derrames de hidrocarburos líquidos. (Asfalto, combustóleo pesado, diésel, gasolina y petróleo crudo).....</b> | <b>92</b>  |
| <b>Anexo III Protocolo para fugas de gas L.P. Diseño, construcción y operación de recipientes portátiles de almacenaje.....</b>          | <b>94</b>  |
| <b>Anexo IV Protocolo para fugas de gas natural.....</b>   | <b>98</b>  |
| <b>Anexo V Protocolo para fugas de NH<sub>3</sub>.....</b>   | <b>100</b> |
| <b>Anexo VI Protocolo para incendios con pólvora.....</b>  | <b>101</b> |
| <b>Anexo VII Protocolo para derrames de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.....</b>   | <b>102</b> |



## Índice de figuras.

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1.</b> Diferencia entre residuos, materiales y sustancias peligrosas.....  | 7  |
| <b>Figura 2.</b> Evento con efecto dominó.....   | 8  |
| <b>Figura 3.</b> Cartel con número de identificación de sustancia.....   | 12 |
| <b>Figura 4.</b> Secuencia de reporte de emergencias ambientales relacionados con sustancias químicas.....   | 13 |
| <b>Figura 5.</b> Registro de emergencias ambientales asociadas con sustancias químicas.....  | 15 |
| <b>Figura 6.</b> Formato V200515.....  | 16 |
| <b>Figura 7.</b> Etapas de desarrollo del proyecto.....  | 17 |
| <b>Figura 8.</b> Proceso de elaboración de la base de datos.....   | 18 |
| <b>Figura 9.</b> Ejemplo de tabla de combinaciones en ACCESS®.....   | 19 |
| <b>Figura 10.</b> Relación entre elementos de la base de datos.....  | 20 |
| <b>Figura 11.</b> Nueva base de datos.....   | 24 |
| <b>Figura 12.</b> Mapa de la ZMVM.....   | 34 |
| <b>Figura 13.</b> Mapa franja fronteriza México-EUA.....   | 35 |
| <b>Figura 14.</b> Símbolos e indicaciones de peligro de sustancias y preparados químicos.....  | 48 |
| <b>Figura 15.</b> Rombo de seguridad de materiales peligrosos.....   | 49 |
| <b>Figura 16.</b> Zonas estables de mezcla Aire-Gas Natural.....   | 61 |
| <b>Figura 17.</b> Productos derivados del petróleo crudo.....  | 62 |
| <b>Figura 18.</b> Derivados del amoniaco.....  | 64 |
| <b>Figura 19.</b> Ejemplo de clasificación de un evento.....   | 78 |
| <b>Figura 20.</b> Instalación típica para cilindros portátiles.....  | 95 |
| <b>Figura 21.</b> Instalación típica para tanques estacionarios.....   | 95 |
| <b>Figura 22.</b> Dispositivo indicador de máximo nivel de llenado de líquidos, la espiral de expansión (pictel) y la localización de posibles puntos de fuga (X)..... | 96 |
| <b>Figura 23.</b> Zonas estables de mezcla aire Gas L.P.....   | 97 |
| <b>Figura 24.</b> Ventilación recomendada en instalaciones con Gas Natural.....  | 99 |



## **Índice de gráficos.**

|   |    |
|---|----|
| <b>Gráfico 1.</b> Producción en la industria química.....   | 5  |
| <b>Gráfico 2.</b> Concentración de industrias químicas por estado.....                                | 5  |
| <b>Gráfico 3.</b> Participación por tipo de transporte.....   | 6  |
| <b>Gráfico 4.</b> Registro de emergencias por mes.....  | 26 |
| <b>Gráfico 5.</b> Clasificación de emergencias Terrestres-Marítimas.....                              | 27 |
| <b>Gráfico 6.</b> Distribución de emergencias marítimas.....  | 27 |
| <b>Gráfico 7.</b> Número de emergencias químicas por estado.....                                      | 27 |
| <b>Gráfico 8.</b> Emergencias químicas por región.....  | 36 |
| <b>Gráfico 9.</b> Clasificación de emergencias “sencillas”.....                                       | 37 |
| <b>Gráfico 10.</b> Ubicación de emergencias químicas.....   | 39 |
| <b>Gráfico 11.</b> Accidentes químicos en transporte.....   | 40 |
| <b>Gráfico 12.</b> Principales estados afectados por emergencias en transporte carretero.....         | 41 |
| <b>Gráfico 13.</b> Sustancias principalmente involucradas en emergencias en transporte carretero..... | 42 |
| <b>Gráfico 14.</b> Estados con mayor número de emergencias en ductos.....                             | 43 |
| <b>Gráfico 15.</b> Sustancias principalmente involucradas en emergencias por ducto.....               | 43 |
| <b>Gráfico 16.</b> Estados afectados por emergencias en transporte ferroviario.....                   | 44 |
| <b>Gráfico 17.</b> Sustancias involucradas en emergencias ferroviarias.....                           | 44 |
| <b>Gráfico 18.</b> Estados con más emergencias químicas en planta.....                                | 46 |
| <b>Gráfico 19.</b> Sustancias más involucradas en emergencias en plantas químicas.....                | 47 |
| <b>Gráfico 20.</b> Comparativo afectaciones población laboral vs población no laboral.....            | 74 |
| <b>Gráfico 21.</b> Clasificación de emergencias químicas.....   | 80 |
| <b>Gráfico 22.</b> Notificaciones de emergencias químicas por organismo.....                          | 83 |



## Índice de tablas.

|  |           |
|--|-----------|
| <i>Tabla 1. Principales accidentes químicos a nivel mundial.....</i>                               | <i>8</i>  |
| <i>Tabla 2. Marco Jurídico relacionado con emergencias químicas.....</i>                           | <i>10</i> |
| <i>Tabla 3. Clasificación de sustancias peligrosas.....</i>  | <i>11</i> |
| <i>Tabla 4. Resumen de campos de base de datos.....</i>  | <i>18</i> |
| <i>Tabla 5. Resumen de emergencias químicas por estado.....</i>                                    | <i>28</i> |
| <i>Tabla 6. Principales municipios afectados por emergencias químicas.....</i>                     | <i>33</i> |
| <i>Tabla 7. Eventos en encadenamiento.....</i>   | <i>38</i> |
| <i>Tabla 8. Número de emergencias químicas en plantas por eventos y etapa de proceso.....</i>      | <i>47</i> |
| <i>Tabla 9. Clasificación de sustancias y materiales involucrados en emergencias químicas.....</i> | <i>50</i> |
| <i>Tabla 10. Grupos de sustancias con mayor número de emergencias químicas involucradas.....</i>   | <i>51</i> |
| <i>Tabla 11. Sustancias más involucradas por categorías.....</i>                                   | <i>52</i> |
| <i>Tabla 12. Productos químicos mayormente involucrados en emergencias.....</i>                    | <i>54</i> |
| <i>Tabla 13. Resumen de emergencias químicas con gasolina.....</i>                                 | <i>56</i> |
| <i>Tabla 14. Resumen de emergencias químicas con gas L.P.....</i>                                  | <i>58</i> |
| <i>Tabla 15. Resumen de emergencias químicas con diésel.....</i>                                   | <i>59</i> |
| <i>Tabla 16. Resumen de emergencias químicas con gas natural.....</i>                              | <i>61</i> |
| <i>Tabla 17. Resumen de emergencias químicas con petróleo crudo.....</i>                           | <i>63</i> |
| <i>Tabla 18. Resumen de emergencias químicas con amoniaco anhidro.....</i>                         | <i>65</i> |
| <i>Tabla 19. Resumen de emergencias químicas con pólvora.....</i>                                  | <i>67</i> |
| <i>Tabla 20. Resumen de emergencias químicas con combustóleo pesado.....</i>                       | <i>68</i> |
| <i>Tabla 21. Resumen de emergencias químicas con asfalto.....</i>                                  | <i>69</i> |
| <i>Tabla 22. Resumen de emergencias químicas con combustóleo pesado.....</i>                       | <i>71</i> |
| <i>Tabla 23. Resumen de afectaciones a población laboral.....</i>                                  | <i>73</i> |
| <i>Tabla 24. Resumen de afectaciones a población no laboral.....</i>                               | <i>74</i> |
| <i>Tabla 25. Resumen de afectaciones al medio ambiente.....</i>                                    | <i>76</i> |
| <i>Tabla 26. Factores condicionantes de la clasificación del evento.....</i>                       | <i>78</i> |
| <i>Tabla 27. Sustancias gaseosas inflamables-explosivas.....</i>                                   | <i>79</i> |
| <i>Tabla 28. Sustancias tóxicas gaseosas.....</i>  | <i>79</i> |
| <i>Tabla 29. Resumen de causas probables de emergencias químicas.....</i>                          | <i>81</i> |
| <i>Tabla 30. # De casos en los que se presentó la documentación necesaria.....</i>                 | <i>85</i> |





## Introducción

La industria química tiene como objetivo ofrecer productos de consumo para otros sectores y/o para satisfacer las necesidades de la vida cotidiana. En general la elaboración de un producto químico requiere de diversas etapas que van desde el almacenamiento de materia prima, transformación, manejo y transporte del producto final. En cada una de estas etapas existe el riesgo de fallas de equipos o humanas que por consecuencia da paso a un accidente. La naturaleza de los materiales que se manejan puede provocar la afectación no solo de las instalaciones sino de alterar al ambiente, por lo que todos estos detalles son de gran importancia para el registro de una emergencia ambiental.

Sin embargo, actualmente el registro de emergencias que llegan a la Dirección de Emergencias Ambientales, están incompletos debido a la escasez de información del incidente o captura errónea de datos por lo cual urge un rediseño en el formato del reporte con el fin de agilizar la captura y reducir estos errores, así como para facilitar el análisis estadístico de los datos.

El presente trabajo consta de 5 capítulos. En el primero aborda el panorama de la industria química en México, desde su distribución hasta su aportación en la economía del país y los principales accidentes químicos en la historia mundial.

El segundo capítulo puntualiza las bases legales en materia de emergencias ambientales, desde la clasificación de las sustancias hasta las leyes, reglamentos y normas que controlan el manejo y disposición de materiales peligrosos.

En el siguiente capítulo muestra la evolución del formato de registro de emergencias ambientales hasta la fase final de rediseño en la cual se trabajó durante 2015 para su aplicación en todas las delegaciones de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.

El capítulo cuarto, el más largo, analiza cuantitativamente las emergencias en diversas zonas como la Zona Metropolitana y del Valle de México (ZMVM), y diversas zonas en la frontera norte, con la cual comparten documentos legales con



las autoridades de los Estados Unidos de América; caracteriza a las emergencias como sencillas o en encadenamiento distinguiendo diversos tipos de accidentes como incendios, explosiones, fugas, etc. Localiza las etapas más afectadas en las plantas químicas y los tipos de transporte más afectados; Analiza las 10 sustancias peligrosas más involucradas desde sus propiedades fisicoquímicas, clasificación ante organismos internacionales como la Organización de las Naciones Unidas (ONU), procedimientos ante diversos tipos de emergencias y estadísticas particulares de incidencias en 2014; también registra las afectaciones a la población como el número de personas fallecidas, lesionadas, intoxicadas o evacuadas durante el periodo analizado; afectaciones al medio ambiente en sus tres posibles matrices (agua, aire, suelo), así como en combinaciones entre ellas; criterios para clasificar un evento como mayor, mediano o menor en función de la cantidad liberada, personas y área afectadas; las causas probables de las emergencias y el control de ellas y finalmente la información y documentación requerida por PROFEPA a las empresas responsables de los eventos revisando su cumplimiento o deficiencias en estas.

Finalmente se resumen las conclusiones enfatizado los datos obtenidos en el periodo bajo estudio, tales como sustancias involucradas, afectaciones a la población y al medio ambiente, fallas en procesos y transporte, así como la funcionalidad del trabajo para las autoridades federales.



## Objetivos

### OBJETIVO GENERAL:

Desarrollar una propuesta para la sistematización de la información integrada en los reportes de emergencias ambientales de la PROFEPA mediante el diseño de una base de datos en plataforma Microsoft ACCESS.

### OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- 1) Analizar el formato de reportes de emergencias químicas ambientales e identificar posibles mejoras.
- 2) Diseñar un nuevo formato de reporte con la información seleccionada.
- 3) Diseñar la base de datos en plataforma Microsoft ACCESS.
- 4) Realizar el análisis sistemático con la base de datos desarrollada para las emergencias reportadas en el periodo de enero a diciembre de 2014.



## Capítulo 1 Antecedentes

### 1.1 Industria Química en México:

La industria química en México es uno de los sectores más dinámicos; según el Anuario Estadístico de la Industria Química Mexicana de 2014, publicación editada por la Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ) en la que se reportan los indicadores económicos que influyen en el desarrollo de la industria química mexicana, con el fin de tener una ubicación en el contexto económico nacional del posicionamiento del sector químico, registra que en el año 2014 este contribuyó con un 1.8% del Producto Interno Bruto (PIB) nacional, que respecto al porcentaje que aporta a las industrias manufactureras representó el 10.7%. (ANIQ, 2014).

Por otro lado, la industria química tiene como objetivo ofrecer productos de consumo para otros sectores y/o para satisfacer las necesidades de la vida cotidiana. En general la elaboración de un producto químico requiere de diversas etapas que van desde el almacenamiento de materia prima, transformación, manejo y transporte del producto final. En cada una de estas etapas existe el riesgo de fallas de equipos o humanas que consecuentemente da paso a un accidente. La naturaleza de los materiales que se manejan puede provocar la afectación no solo de las instalaciones sino de alterar al ambiente, por lo que todos estos detalles son de gran importancia para el registro de una emergencia ambiental.

Como se observa en el gráfico 1, el volumen de producción de la industria química alcanzó 669 miles de toneladas, lo cual significa un 2.9% más que en el año 2013. De acuerdo a la clasificación del ANIQ, el 45.6% de la producción pertenece a la industria petroquímica, el 15.7% es de productos inorgánicos, el 15.1% pertenece a gases industriales, 14.9% de resinas sintéticas, 6.8% es de la rama de fertilizantes, 0.8% se incluyen en pigmentos y colorantes, 0.7% de la producción incluye hules sintéticos y finalmente el 0.4% pertenece a la rama de adhesivos (ANIQ, 2014).

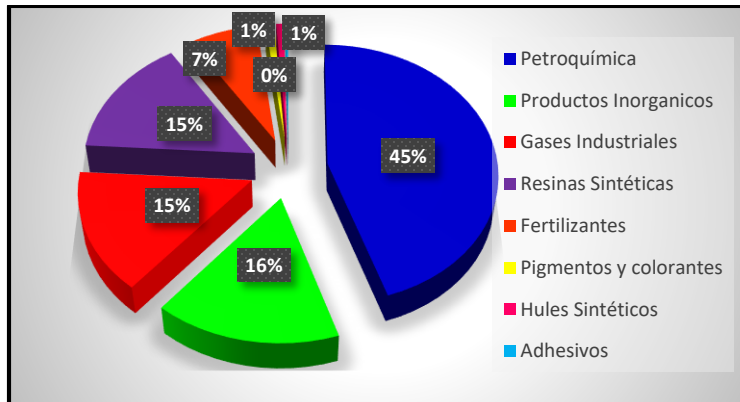


Gráfico 1. Producción en la industria química. Fuente: ANIQ 2014.

La distribución de las empresas de la industria química en el territorio nacional se reparte como lo muestra el gráfico 2. Se puede observar que en solo 5 estados se concentra más del 50% de este sector, y en otros 9 se concentra más del 75% de las empresas. NOTA: estos datos no consideran la industria petrolera, farmacéutica, de pinturas y jabones. Solo registra empresas con más de 11 personas empleadas. (ANIQ, 2014).

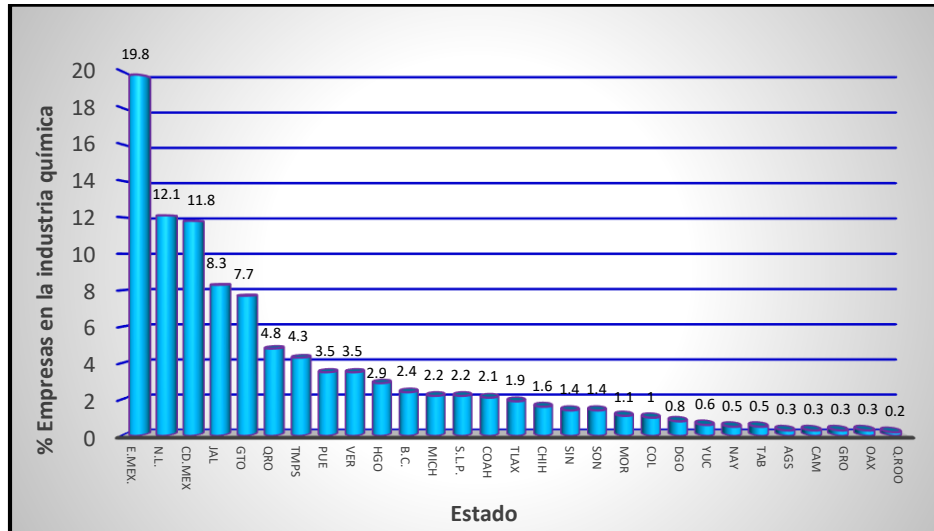


Gráfico 2. Concentración de industrias químicas por estado. Fuente: ANIQ 2014.

Debido a la concentración de las empresas, la frecuencia de movimientos de productos químicos provoca mayor riesgo de accidentes, por lo que una parte esencial del análisis de emergencias químicas se enfoca en buena parte al tipo de transporte de materiales peligrosos. En México se clasifica en 4 tipos de transporte



con los cuales se movilizaron las mas de 900 millones de toneladas de material quimico producidas durante 2014. El gráfico 3, muestra los porcentajes de colaboracion de autotransporte, transporte ferroviario, maritimo o aéreo. (ANIQ, 2014).

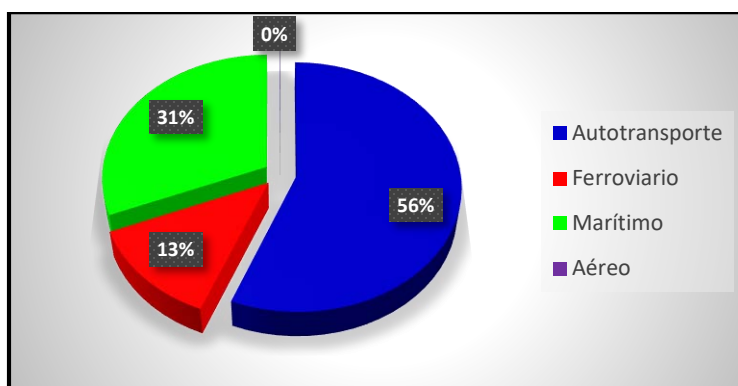


Gráfico 3. Participación por tipo de transporte. Fuente: ANIQ 2014.

Cabe mencionar que la ANIQ no considera “Ductos” como tipo de transporte de materiales peligrosos, pero en el presente trabajo se manejará como un tipo más de transporte de acuerdo a los requerimientos de la PROFEPA.

## 1.2 Definición de sustancias químicas peligrosas en México.

Para poder clasificar un evento como emergencia química, es necesario distinguir entre un material peligroso, un residuo peligroso y una sustancia peligrosa.

Una sustancia química se considera peligrosa cuando presenta características explosivas, inflamables, combustibles, corrosivas, oxidantes, tóxicos, infecciosos y/o radiactivos que cuando se liberan a causa de un accidente o de manera descontrolada en una cantidad determinada, sus propiedades físico químicas ponen en peligro de exposición, contacto inhalación o ingestión a la población cercana, así como a los cuerpos ambientales presentes. (PROFEPA, 1999).

La definición manejada por el reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos de la Secretaria de Caminos y Transportes (SCT) define a una **sustancia peligrosa** como “todo aquel elemento, compuesto, material o mezcla



de ellos que independientemente de su estado físico, represente un riesgo potencial para la salud, el ambiente, la seguridad de los usuarios y la propiedad de terceros, también se consideran bajo esta definición los agentes biológicos causantes de enfermedades”.

Un **material peligroso** se define como los remanentes, envases, embalajes y demás componentes de una sustancia peligrosa que conformen la carga y será transportada por las unidades respectivas.

Finalmente se refiere a un **residuo peligroso** a todos aquellos residuos en cualquier estado físico que por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológicas infecciosas o irritantes, representan un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente (SCT, 2012).

Esto se puede resumir como lo muestra la figura 1.

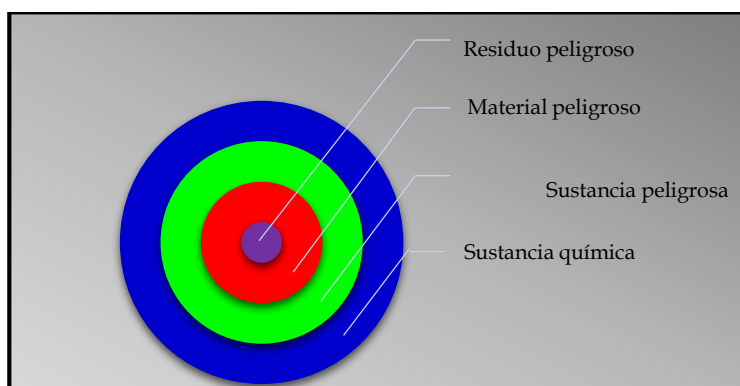


Figura 1. Diferencia entre residuos, materiales y sustancias peligrosas. Fuente: Elaboración propia.

### 1.3 Accidentes químicos históricos.

Un accidente químico o emergencia química se define como la situación, no planeada e inesperada, que resulta de la liberación al ambiente de una o más sustancias químicas las cuales representan un riesgo para la población y al ambiente (Ortiz, 2015).

Cuando un accidente mayor ocurre en una planta química o en un área de almacenamiento, sus impactos dañan equipos cercanos al lugar del evento, lo cual



provoca un efecto en cascada o “efecto domino” al propagarse la onda expansiva de una zona hacia otras, creando un escenario mayor (Darbra, 2010).

En la figura 2, se muestra un ejemplo de las características que hacen un evento con efecto domino:

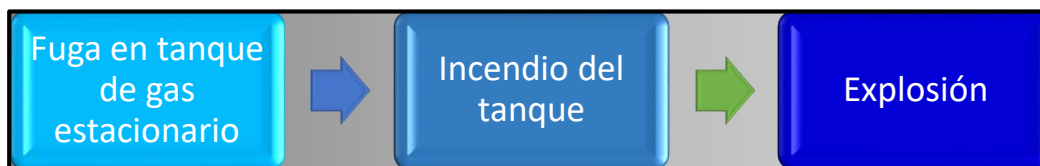


Figura 2. Evento con efecto dominó. Fuente: Elaboración propia.

En las últimas décadas se han registrado diversos accidentes catastróficos durante el transporte de sustancias peligrosas que nos han mostrado los riesgos que involucra el manejo de este tipo de materiales.

A continuación en la tabla 1 se hará una breve reseña de los eventos históricos más importantes registrados a nivel mundial:

Tabla 1. Principales accidentes químicos a nivel mundial.

| Año  | Localización              | Tipo de emergencia | Descripción  |
|------|---------------------------|--------------------|--|
| 1921 | Oppau, Ale.               | Explosión          | Explosion de 4,500 toneladas de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ y $\text{NH}_4\text{NO}_3$ deja 561 muertos y un cráter de 105 metros de diámetro por 14 metros de profundidad. |
| 1944 | Bombay Harbor, Ind.       | Explosion          | Explosion en almacén de municiones deja 700 muertos y entre 1,000 y 2,000 afectados  |
| 1947 | Waco, EUA                 | Fuga-Explosión     | Explosión de fertilizante $\text{NH}_4\text{NO}_3$ en un buque deja alrededor de 550 muertos.  |
| 1948 | Ludwigshafen, Ale.        | Fuga-Explosion     | Fuga de dimetil éter de un carro tanque de ferrocarril, forma una nube de vapores dejando 245 muertos y 2,500 afectados.   |
| 1967 | Islas Cornwall, Ing.      | Derrame            | Derrame al mar de 120,000 toneladas de crudo de buque contamina flora y fauna marina, deja alrededor de 20,000 aves muertas y una mancha de 70 Km x 40 Km                    |
| 1974 | Cubatao, Bra.             | Fuga-Explosión     | Fuga en oleoducto deja una nube de gasolina que explota dejando graves daños materiales y alrededor de 508 muertos   |
| 1976 | Seveso, Ita.              | Fuga               | Reacción incontrolada de ácido 2, 4,5-Triclorofenoxiacético superando el disco de seguridad, formando una nube toxica.   |
| 1979 | Campeche, Méx.            | Derrame-Incendio   | Derrame de 560 millones de litros de crudo al Golfo de México  |
| 1984 | San Juan Ixhuatepec, Méx. | Explosión          | Tanques de almacenamiento de gas propano en planta recolectora y distribuidora presenta fuga que forma nube del producto el cual explota dejando alrededor de 540 muertos.   |





Tabla 1. Continuación.

| Año  | Localización             | Tipo de emergencia | Descripción  |
|------|--------------------------|--------------------|--|
| 1984 | Bhopal, India            | Fuga               | Fábrica de pesticidas presenta fuga de gas isocianato de metilo formando nube tóxica envenenando alrededor de 3849 personas que fallecieron.   |
| 1986 | Chernobyl, Ucr.          | Explosión          | La explosión mató a 31 personas inmediatamente y causo alrededor de 400,000 muertes a largo plazo a causa de la exposición a la radiación. Causo 135,000 personas evacuadas.                                       |
| 1992 | Guadalajara, Méx         | Explosión          | Serie de explosiones en drenaje causaron daños en más de 13 Km de vialidades, se reportaron 230 muertos y más de 500 heridos   |
| 1994 | Dronka, Egi.             | Derrame-Explosión  | Tren descarrilado derrama su contenido de combustible, un rayo cae sobre el material y lo explota. Saldo 500 muertos   |
| 1996 | San Juan Ixhuatepec, Méx | Explosion-Incendio | Eventos en tanques de combustible dejaron 15 personas heridas y desalojo de miles de vecinos   |
| 2000 | Adeje, Nigeria           | Explosión          | Perforación de oleoducto para robo de gasolina causa explosión con saldo de 250 muertos  |
| 2002 | Galicia, Esp.            | Derrame            | Derrame al mar de 77,127 toneladas de crudo de un buque deja graves daños a flora y fauna y alrededor de 115,000 aves muertas  |
| 2007 | Monclova, Méx            | Explosión-Incendio | Colisión entre camioneta y camión cargado de $\text{NH}_4\text{NO}_3$ produce par de explosiones del producto, dejando más de 30 fallecidos y daños materiales en viviendas y construcciones en 1 km a la redonda. |
| 2014 | Ciudad Madero, Méx       | Incendio           | Incendio en tanque de almacenamiento con capacidad para 100,000 barriles de gasolina en refinería. Más de 1,500 personas evacuadas y 22 trabajadores lesionados.   |
| 2015 | Sonora, Méx              | Derrame            | Derrame de alrededor de 40,000 m <sup>3</sup> de solución de $\text{H}_2\text{SO}_4$ - $\text{CuSO}_4$ y otros metales en Rio Bacanuchi, más de 14,000 personas afectadas.   |

Fuente: diversas.

Como se puede observar alrededor del mundo han existido diversos tipos de emergencias que van desde fugas, derrames, incendios y hasta explosiones, en las cuales existen grandes pérdidas tanto materiales como humanas, así como daños severos al ambiente por diversas causas que incluyen fallas en equipos, errores humanos o una serie de eventos en cadena, los cuales se analizaran en el presente trabajo con el fin de ubicar las etapas de proceso, fallas y productos químicos más involucrados en emergencias químicas en México.



## Capítulo 2 Legislación en Materia de Emergencias Ambientales

### 2.1 Bases legales en México.

Debido a los daños y pérdidas tanto materiales como humanas, las medidas regulatorias han ido desarrollándose a través de los años, volviéndose cada vez más estrictas, ya que no solo consideran los aspectos tecnológicos y económicos sino también los intereses ambientales y sociopolíticos.

Existen leyes, reglamentos, normas y acuerdos que forman parte del marco jurídico aplicable para la prevención y atención de accidentes químicos, a continuación se muestra en la tabla 2 la lista de dichos instrumentos legales.

*Tabla 2. Marco Jurídico relacionado con emergencias químicas.*

| Leyes   | Reglamentos  | Normas  |   |
|---|--|---|---|
| <b>Ley Federal del Trabajo</b><br>Publicada 01-04-1970<br>Ultima reforma 12-06-2015   |  |   |   |
| <b>Ley General de Salud</b><br>Publicada 26-12-1983<br>Ultima reforma 12-11-2015  |  |   |   |
| <b>Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente</b><br>Publicada 28-01-1988<br>Ultima reforma 04-06-2012  |  |   |   |
| <b>Ley Orgánica de la Administración Pública Federal</b><br>Publicada 29-12-1976<br>Ultima reforma 30-12-2015                 |  |   |   |
| <b>Ley de Vías Generales de Comunicación</b>  | Reglamento para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos<br>Publicado 07-04-1993<br>Ultima reforma 28-11-2007 | NOM-002-SCT2/2011<br>NOM-003-SCT2/2008<br>NOM-004-SCT2/2008<br>NOM-005-SCT2/2008<br>NOM-006-SCT2/2000<br>NOM-007-SCT2/2010<br>NOM-009-SCT2/2009<br>NOM-010-SCT2/2008<br>NOM-011-SCT2/2012<br>NOM-017-SCT2/1994<br>NOM-018-SCT2/1994 | NOM-019-SCT2/1994<br>NOM-020-SCT2/1994<br>NOM-021-SCT2/1994<br>NOM-023-SCT2/1994<br>NOM-024-SCT2/1994<br>NOM-025-SCT2/1994<br>NOM-027-SCT2/2009<br>NOM-028-SCT2/2010<br>NOM-043-SCT2/1994<br>NOM-045-SCT2/1995<br>NOM-051-SCT2/2011 |
| <b>Ley General de Población</b>   | Reglamento de Protección Civil<br>Publicado 13-05-2014   |   |   |
| <b>Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos</b><br>Publicada 11-01-1972<br>Ultima reforma 23-01-2004                        |  |   |   |
| <b>Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos</b><br>Publicada 08-10-2003<br>Ultima reforma 22-05-2015 |  |   |   |



Tabla 2. Continuación

| Leyes | Reglamentos | Normas   | Leyes  |
|-------|-------------|--|--|
|       |             | NOM-010-STPS/2014<br>NOM-018-STPS/2015<br>NOM-028-STPS/2012<br>NOM-052-ECOL/1993<br>NOM-053-ECOL/1993<br>NOM-054-ECOL/1993 | NOM-087-ECOL-1995<br>NOM-010-SEDG/2000<br>NOM-021/5-SCFI-1993<br>NOM-018-STPS/1994 |

Fuente: PROFEPA, 1999 (Actualizado 2016).

La “American Chemical Society” por medio de su división “Chemical Abstract Service” (CAS) tiene el registro de 109 millones de sustancias químicas, de las cuales solo 345,550 tienen una regulación para su comercialización (CAS, marzo 2016). En el caso de la legislación mexicana la NOM-002-SCT/2011 enlista 2,600 materiales que requieren un control para su manejo.

## 2.2 Clasificación de sustancias peligrosas.

La clasificación de sustancias peligrosas toma en cuenta las propiedades fisicoquímicas de cada material, desde su estado físico hasta su efecto en seres vivos. Esta es de vital importancia para su identificación, así como para el manejo que se le debe dar.

La Secretaria de Comunicaciones y Transporte (SCT) exige a todos los medios de distribución etiquetar sus cargamentos de materiales peligrosos.

La clase de riesgo de materiales peligrosos está indicada por su número de clase (Tabla 3) o por nombre, estos deben aparecer en el documento de embarque después de cada nombre correcto de embarque.

Tabla 3. Clasificación de sustancias peligrosas.

| # Clase       | Tipos de sustancias | Descripción  |
|---------------|---------------------|--|
| 1. Explosivos | Explosivas          | Sustancias o mezclas de sustancias solidas o liquidas que de manera espontánea o por reacción química pueden desprender gases a una presión, temperatura y velocidad tales que causen daños en los alrededores                         |
|               | Pirotécnicas        | Sustancias o mezclas de sustancias destinadas a producir un efecto calorífico luminoso, sonoro, gaseoso o fumígeno o una combinación de las mismas, como consecuencia de reacciones químicas exotérmicas auto sostenidas no detonantes |
|               | Objetos explosivos  | Objetos que contienen una o varias sustancias explosivas   |



Tabla 3. Continuación.

| # Clase                                       | Tipos de sustancias                                       | Descripción  |
|---|---|--|
| 2. Gases                                      | Comprimidos, refrigerados, licuados o disueltos a presión | Gases a 20°C a una presión normal de 101.3KPa, a 50°C tienen una presión de vapor mayor a 300KPa.  |
| 3. Líquidos inflamables                       |   | Mezclas o líquidos que contienen sustancias sólidas en solución o suspensión, que despiden vapores inflamables a una temperatura no mayor a 60.5°C en los ensayos en copa cerrada o no superiores a 65.6°C en copa abierta   |
| 4. Sólidos inflamables                        |   | Sustancias que presentan riesgo de combustión espontánea, así como aquellos que en contacto con el agua desprenden gases inflamables   |
| 5. Sustancias oxidantes y peróxidos orgánicos | Oxidantes   | Sustancias que sin necesariamente ser combustibles, pueden por medio de liberación de oxígeno causar o facilitar la combustión de otras  |
|   | Peróxidos orgánicos                                       | Sustancias orgánicas que contienen la estructura bivalente -O-O- y pueden considerarse derivados del peróxido de hidrógeno, en el que uno de los átomos de hidrógeno o ambos han sido sustituidos por radicales orgánicos. Son térmicamente inestables y pueden sufrir una descomposición exotérmica auto acelerada. |
| 6. Tóxicos agudos                             | Tóxicos agudos (venenos)                                  | Aquellas sustancias que pueden causar la muerte, lesiones graves o ser nocivas para la salud humana si se ingieren, inhalan o entran en contacto con la piel.  |
|   | Agentes infecciosos                                       | Contienen microorganismos viables incluyendo bacterias, virus, parásitos, hongos o una combinación híbrida o mutante, que se conoce o se cree pueden provocar enfermedades en el hombre o en los animales  |
| 7. Radiactivos                                |   | Todos los materiales cuya actividad específica es superior a 70kBq/Kg  |
| 8. Corrosivos                                 |   | Sustancias líquidas o sólidas que por su acción química causan lesiones graves a los tejidos vivos con los que entran en contacto o que si se produce un escape pueden causar daños e incluso destrucción de otras mercancías o las unidades en que son transportadas  |
| 9. Varios                                     |   | Aquellas sustancias que durante el transporte presentan un riesgo distinto de los correspondientes a las demás clases y que también requieren un manejo especial para su transporte, por representar un riesgo potencial para la salud, el ambiente, la seguridad a los usuarios y la propiedad a terceros.          |

Fuente: SCT Guía de respuesta en caso de emergencia, 2012.

Cada grupo de sustancias es regulado por la ONU, la cual les asigna un número internacional de identificación (#UN) por sustancia y un rombo de señalización como el que se muestra en la figura 3, de acuerdo a la clase de riesgo y del subgrupo al que pertenecen.

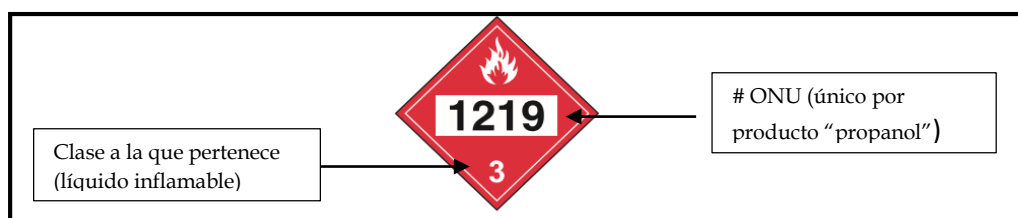


Figura 3. Cartel con número de identificación de sustancia. Fuente: Guía de respuesta en caso de emergencias, 2012.



### 2.3 Organismos gubernamentales responsables de las emergencias ambientales:

La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), es un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) con autonomía técnica y operativa que tiene como tarea principal incrementar los niveles de observancia de la normatividad ambiental para contribuir en el desarrollo sustentable y hacer cumplir las leyes en materia ambiental. (PROFEPA, 2003).

Cuenta con diversas subprocuradurías, entre las cuales se encuentra la Subprocuraduría de Inspección Industrial que está a cargo de la Dirección General de Inspección de Fuentes de Contaminación que a su vez tiene la Dirección de Emergencias Ambientales (DEA), la cual se encarga de recabar los reportes de emergencias químicas de toda la república mexicana de sus diversas delegaciones con las que cuenta en cada estado, así como del organizaciones nacionales como el Centro de Coordinación y Apoyo a Emergencias de Petróleos Mexicanos (PEMEX CCAE), del Centro Nacional de Comunicaciones (CENACOM), del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) y algunas internacionales como la National Response Center (NCC) de los Estados Unidos de América.

La Dirección de Emergencias Ambientales tiene dentro de sus funciones el registro de los incidentes ocurridos en todo el país, opera como se muestra en la figura 4:



Figura 4. Secuencia de reporte de emergencias ambientales relacionados con sustancias químicas. Fuente: Elaboración propia.

El procedimiento descrito en la figura anterior se desglosa de la siguiente manera:

1. El primer paso es la ocurrencia de una emergencia química dentro del territorio nacional.



2. Se evaluarán las afectaciones, si el volumen de producto involucrado abarca  $1\text{m}^3$  o más se reportará a la delegación de PROFEPA correspondiente a cada estado, de lo contrario no se reportará el evento.
3. Siendo el evento mayor a  $1\text{m}^3$ , se llenará el formato PROFEPA-03-017-A que corresponde al “aviso inmediato” por parte de las autoridades de la delegación correspondiente y se enviará a las oficinas de la DEA, donde se le asignará un “numero de emergencia” único para cada evento.
4. Se deben confirmar los daños del evento con el formato PROFEPA-03-017-B que corresponde a la “formalización del aviso” durante los 3 días siguientes a la emergencia. Se considerará si hubo cambio en los datos antes proporcionados o si existe nueva información sobre los daños o causas de esta.
5. Se enviará la “formalización del aviso” a las oficinas de la DEA donde se llenará el formato V200515 “Reporte de emergencias ambientales asociados con sustancias químicas”.

Esta labor desde 1993 se había venido realizando de manera voluntaria, es decir no obligatoriamente, donde se contabilizan los eventos por tipo de transporte, etapa en la industria, afectaciones al medio ambiente, implicaciones de sector público y privado, así como tipo de fallas que provocaron los incidentes, pero a partir de 2007 en el Reglamento de la Ley General de Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR) en los artículos 129,130 y 131 y publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el día 30 de noviembre de 2006 se volvió un requisito obligatorio el reporte a todos los responsables de las emergencias (Ortiz, 2015).

Sin embargo, actualmente existe una deficiencia en el registro de emergencias que llegan a la DEA, la mayoría se encuentran incompletos debido a la escasez de información del incidente o la captura errónea de los datos por lo cual es necesario un rediseño en el formato con el fin de minimizar errores, así como para facilitar el análisis estadístico de los datos y por consecuencia la posibilidad de tomar acciones para prevenir dichos accidentes.



# Capítulo 3 Metodología

## 3.1 Análisis del formato original:

Como punto de inicio se tomó el formato de registro de emergencias ambientales asociadas con sustancias químicas proporcionado por la Dirección General de Inspección de Fuentes Contaminantes. Este formato cuenta con 123 campos distribuidos en 3 páginas, el cual es utilizado para reportar accidentes químicos en todo el país (Figura 5).

La información que se vacía en los reportes de las emergencias provienen de diversas fuentes, pudiendo ser de la empresa responsable del evento, notas periodísticas ya sea radio, televisión, prensa impresa, del CENACOM o de alguna de las 32 delegaciones con las que cuenta la PROFEPA en todo el territorio nacional (1 por estado), entre otras. Esta información siempre se dirige hacia la Dirección de Emergencias Ambientales a nivel federal, donde se le asigna un número único de identificación con el cual la autoridad federal le dará seguimiento a cada evento.

The image shows a complex form from PROFEPA (Procuraduría Federal de Protección al Ambiente) titled "REGISTRO DE EMERGENCIAS AMBIENTALES ASOCIADAS CON SUSTANCIAS QUÍMICAS". The form is divided into several numbered sections:

- 1.- NOTIFICACIÓN AL CUERPO:** Includes fields for notification type (DEA, MES, AÑO), source of information, and emergency number.
- 2.- FECHA DEL EVENTO:** Fields for date and time of the event.
- 3.- FECHA DEL AVISO DE EMERGENCIA:** Fields for report date, notification date, and report type.
- 4.- LUGAR DEL EVENTO:** Fields for location, municipality, state, and zip code.
- 5.- CARACTERÍSTICAS DEL EVENTO:** Fields for event type, location, and classification.
- 6.- DAÑOS OCASIONADOS:** Fields for population affected, injured, and evacuated.
- 7.- CAUSAS PROBABLES:** Fields for environment affected (water, air, soil) and materials.
- 8.- EMPRESA RESPONSABLE (EP):** Fields for company name and environmental authority.
- 9.- ACCIONES TOMADAS:** Fields for actions taken.
- 10.- ESTATUS DEL EVENTO:** Fields for control status and observations.
- 11.- AVISO INMEDIATO POR LA EMPRESA:** Fields for immediate notice date and formalization.
- 12.- ESTATUS DE LA EMPRESA RESPONSABLE:** Fields for company status, risk level, and response plan.
- 13.- COMENTARIOS Y OBSERVACIONES:** A large text area for additional information.
- 14.- CAPTURA DE INFORMACIÓN:** Fields for name and date of the reporter.

Figura 5. Registro de emergencias ambientales asociadas con sustancias químicas. Fuente: DEA 2015.



Con el interés de generar un registro de los eventos, la DEA de la PROFEPA generó una base de datos desde 1993 donde comenzó la recopilación de emergencias químicas en todo el territorio nacional. Pero a 10 años de su uso, en 2015 se planeó la actualización del formato, reformulando el nuevo formato V200515 que se muestra en la figura 6:

The figure displays three versions of the PROFEPA emergency report form (Formato V200515). Each form is titled 'SUBPROCURADURIA DE INSPECCIÓN INDUSTRIAL, DIRECCIÓN GENERAL DE INSPECCIÓN DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN, DIRECCIÓN DE EMERGENCIAS AMBIENTALES' and 'FORMATO V200515'. The forms are organized into sections: 'A. Fecha y hora del Evento', 'B. Lugar del Evento', 'C. Descripción del Evento', 'D. Características del Evento', 'E. Inspección Investigativa', 'F. Datos Operativos', 'G. Datos de la Empresa', 'H. Datos de la Información', 'I. Datos de la Empresa', 'J. Datos de la Información', 'K. Datos de la Empresa', 'L. Datos de la Información'. The forms show a progression of layout changes, with the third form on the right being the most refined and complete version.

Figura 6. Formato V200515. Fuente: PROFEPA, 2015.

Con esta evolución en los formatos y de las nuevas tecnologías informáticas disponibles, los requerimientos de PROFEPA pedían una captura de los reportes de emergencias en una base de datos amigable que pudiera estar disponible para ser utilizados por las delegaciones, empresas y/o dependencias que notifiquen el evento.

Por consiguiente se decidió realizar la sistematización de la información integrada en los reportes de emergencias ambientales mediante el diseño de una base de datos en plataforma Microsoft ACCESS, analizando los eventos registrados durante el periodo de enero-diciembre 2014 con el fin de eliminar campos innecesarios o que no contenían información en la mayoría de los reportes y anexar y resaltar información indispensable para un análisis objetivo de cada evento.





### 3.2 Diseño de los campos del nuevo formato:

La metodología desarrollada para la base de datos se dividió en las siguientes etapas como se ve en la figura 7.

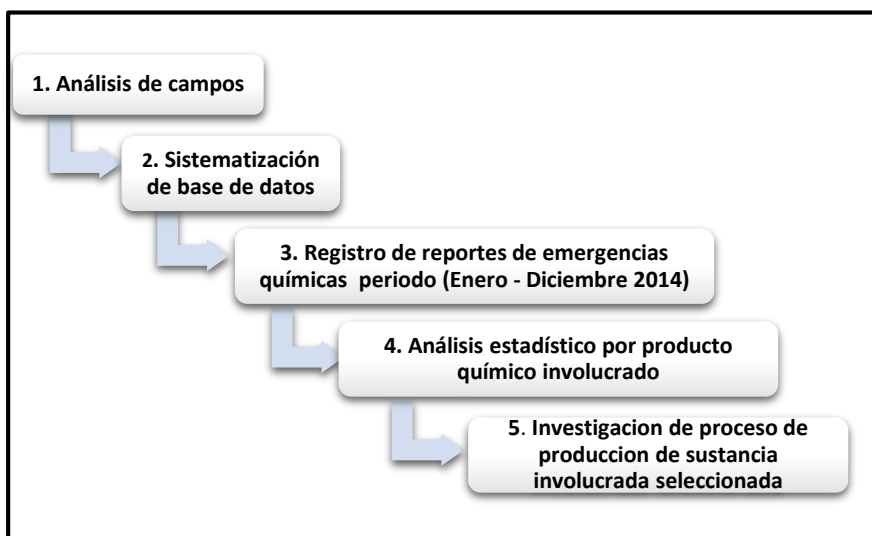


Figura 7. Etapas de desarrollo del proyecto. Fuente: Elaboración propia

#### 3.2.1 Análisis de campos:

Del análisis se observó que en ocasiones los reportes no cuentan con todos los datos necesarios para llenar el formato por lo cual se procedió a realizar la optimización de los campos de mayor importancia que a su vez permitiera realizar un análisis estadístico, ya sean por periodo de tiempo, tipo de industria, sustancias involucradas en los incidentes, impacto al ambiente, etc.

De la revisión del formato se encontró que el 7% de campos corresponden a la localización del incidente, 18% a las características de la sustancia química involucrada, 9% a las afectaciones a la población y 8% a los daños ocasionados al medio ambiente.

Tomando como base las secciones del formato original se seleccionaran los campos críticos para cada caso, identificando aquellos que pudieron ser integrados pero con los cuales se obtenga la mejor información de un evento y que a su vez permita un



análisis estadístico posterior. En la tabla 4 se registran las secciones más importantes del trabajo.

Tabla 4. Resumen de campos de base de datos.

| Campos                      | Antes del proyecto<br>(123 campos) | Nuevo diseño<br>(84 campos) |
|-----------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| Localización del evento     | 7%                                 | 8%                          |
| Sustancia involucrada       | 18%                                | 23%                         |
| Afectaciones a la población | 9%                                 | 21%                         |
| Daños al ambiente           | 8%                                 | 9%                          |
| Regionalización del evento  | NO                                 | SI                          |

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.2 Sistematización de base de datos:

Se elaboró una nueva base de datos en formato ACCESS® la cual funciona como lo muestra la siguiente figura:

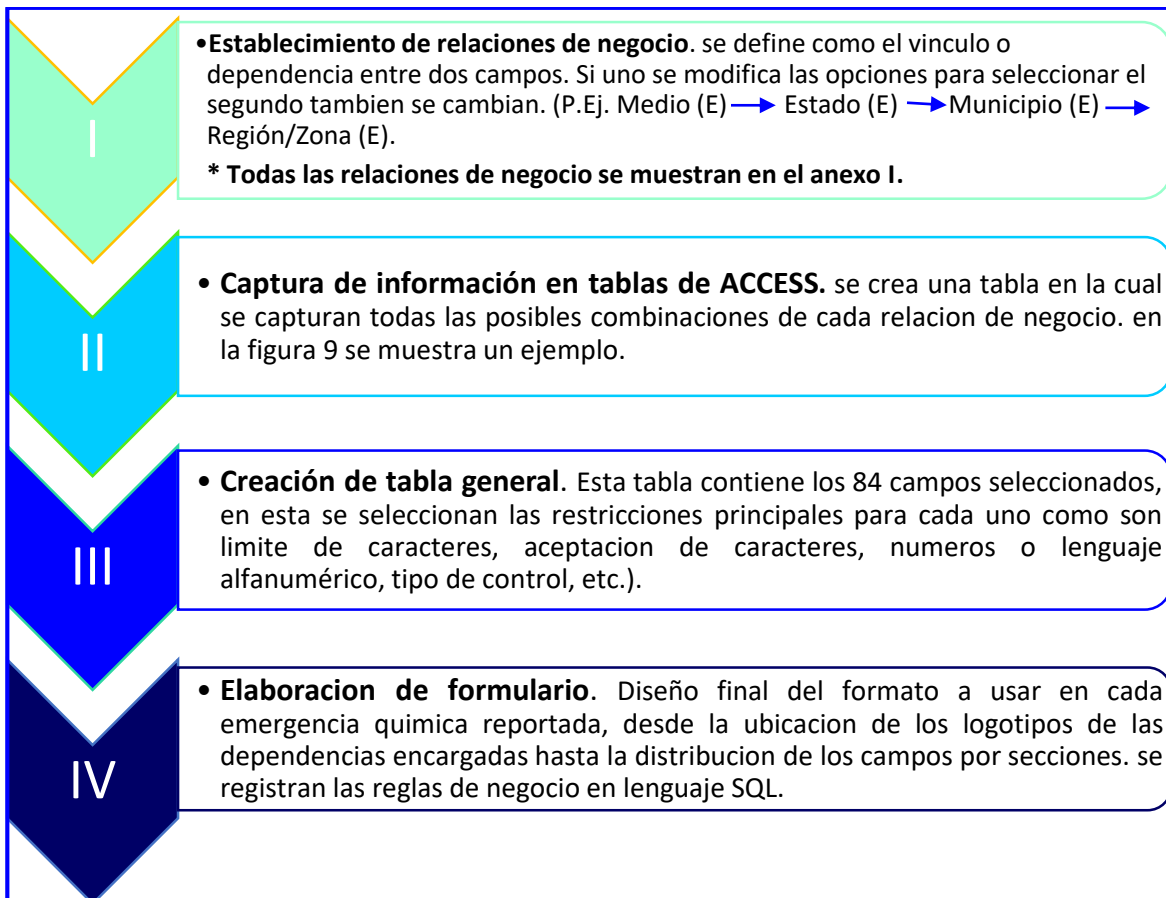


Figura 8. Proceso de elaboración de base de datos. Fuente: elaboración propia.



A continuación en la figura 9 se muestra un ejemplo de las tablas utilizadas en ACCESS.

Tabla de daños a la población: esta sección contiene los campos: “Población” con las opciones “Si” y “No”, si existieron daños en la población se selecciona “Si”, en caso de no haber daños de esta naturaleza se selecciona “No”; también localizamos el campo “Laboral” y “No Laboral” con las mismas opciones.

| Población | Laboral | Fallecidos (L) | Lesionados (L) | Intoxicados (L) | Evacuados (L) | No laboral | Fallecidos (NL) | Lesionados (NL) | Intoxicados (NL) | Evacuados (NL) |
|-----------|---------|----------------|----------------|-----------------|---------------|------------|-----------------|-----------------|------------------|----------------|
| Si        | Si      |                |                |                 |               | No         | 0               | 0               | 0                | 0              |
| Si        | No      | 0              | 0              | 0               | 0             | Si         |                 |                 |                  |                |
| Si        | Si      |                |                |                 |               | Si         |                 |                 |                  |                |
| No        | No      | 0              | 0              | 0               | 0             | No         | 0               | 0               | 0                | 0              |

Figura 9. Ejemplo de tabla de combinaciones en ACCESS ®. Fuente: Elaboración propia.

Al seleccionar que SI hubo daños a la población, al menos uno de los campos de “Laboral” o “No laboral” debe ser llenado con la opción “Si” y los campos restantes de fallecidos, lesionados, intoxicados y evacuados se podrán llenar con cualquier numero  $N \geq 0$ , en caso de que alguno de los sectores de población no tenga daños se seleccionara “No” y automáticamente los campos restantes se llenaran con un cero “0”. Si no hubo daños a la población se seleccionara “No” en el primer campo de “Población” y automáticamente los campos de “Laboral” y “No laboral” presentaran únicamente la opción “No” y los campos restantes tendrán un cero “0”.

Al tener estos 3 elementos “tablas de información”, “tabla general” y “formulario” relacionándolos se creó la base de datos de la siguiente manera como lo muestra la figura 10:

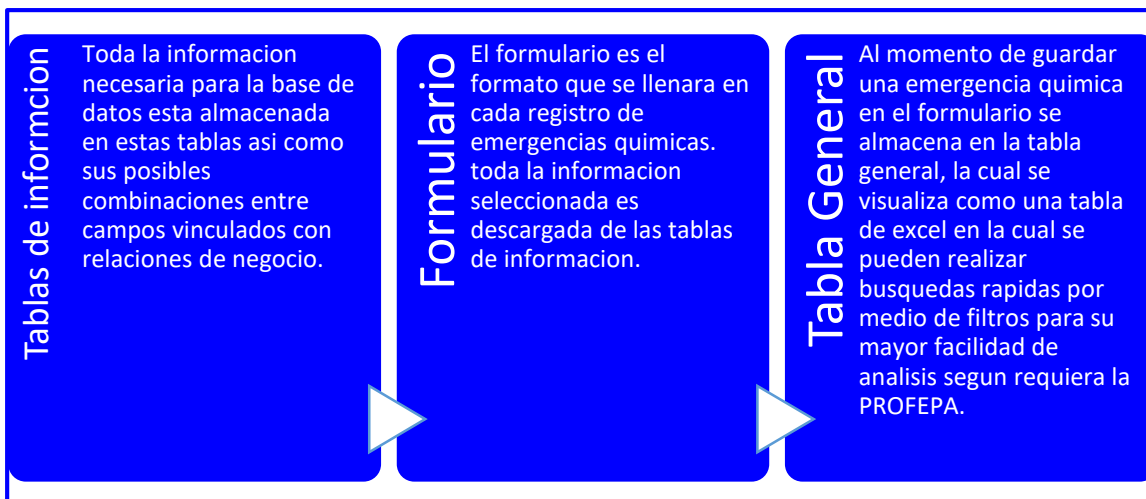


Figura 10. Relación entre elementos de la base de datos. Fuente: Elaboración propia.

El resultado fue de 84 campos, repartidos en 14 secciones, los cuales se describen a continuación:

- I. **Fecha del evento.** Incluye el número de emergencia indexado para que al momento de registrar cada reporte no se pueda repetir dicho número. Contiene la fecha y hora exacta en que fue reportado el evento. La principal restricción es que la fecha no rebase el día actual ya que implicaría el aviso de un evento que aún no sucede.
- II. **Lugar del evento.** Considera campos para indicar si la emergencia se dio en un medio terrestre o marino y que estos sean de acuerdo a la ubicación de cada estado en la república, es decir que no se registren emergencias marítimas en estados que no tengan fronteras con algún mar u océano. En caso de ser una emergencia terrestre es necesario especificar el estado en el que sucedió y de ser posible el municipio para identificar si entra en alguna región o zona específica del país. El domicilio del evento es importante ya que ahí se podrá denotar la descripción exacta del lugar donde ocurrieron los hechos.

Existen diversos estados de la república que tienen frontera con otro país, en los cuales hay municipios que tienen una clasificación extra respecto a otros municipios por lo cual se hizo la clasificación por "Región/Zona" considerando los municipios como parte de la "Franja Fronteriza" (FF), "Franja Colindante"



(FC) o “Ciudad Hermana” (CH). Así como tomando en cuenta los municipios que forman parte de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM). En caso de que en un futuro se requiriera actualizar la clasificación por región o zona, esta base de datos es flexible y se podrán realizar los cambios sin inconvenientes

- III. **Características del evento.** Se distinguen dos tipos de emergencias, “sencillo” si solo ocurrió un evento y “encadenamiento” si un evento dio lugar a otro por la naturaleza de este. Los eventos se podrán clasificar como “Derrame”, “Explosión”, “Fuga”, “Incendio”, o si es “Desconocido”. La ubicación de los eventos se clasificarán en “Planta” o “Transporte”, si fue en planta se evaluará la etapa en la que sucedió el incidente ya sea “producción”, “almacenamiento”, “Carga”, “Descarga” o si se desconoce la etapa. En caso de que el accidente se haya dado en transporte se podrá analizar si fue en transporte “Aéreo”, “Marítimo”, “Carretero”, “Ferroviario” o si sucedió en un “Ducto”.
- IV. **Sustancias involucradas.** La clasificación de emergencias ambientales según la Subprocuraduría de Inspección Industrial tiene 3 criterios para considerar un evento como “Menor”, “Mediano” o “Mayor”. Uno de ellos es la cantidad liberada de sustancias, dependiendo de qué sustancia se trate y el estado físico en el que se encuentre. Se diseñó una cadena que de manera automática liga el nombre de la sustancia con su estado físico y el número de identificación internacional #UN (Número de Naciones Unidas el cual funciona como identificación en cualquier parte del mundo), esto es de suma importancia debido a que es uno de los principales errores en los que incurren los usuarios que llenan el formato anterior de PROFEPA.
- V. **Daños ocasionados.** Los otros 2 criterios de clasificación de un evento están relacionados con el número de personas fallecidas, lesionadas y/o intoxicadas en el evento y el área afectada durante el evento.  
En esta parte se diseñó una cadena lógica para contabilizar los daños a la población laboral y no laboral por separado para fines de análisis posteriores. Y otra cadena lógica que muestre si hubo daños al medio ambiente, ya sea



aire, suelo agua o mar, en caso de haberlos contabilizar el área de afectación, si hubo daños en el suelo, se podrá contabilizar el área afectada, en caso de que haya sido en un cuerpo de agua o en aire, este criterio quedara fuera ya que el medir un área en fluidos llega a ser complicado por la movilidad de los contaminantes en dichos medios, por último se contabilizara si hubo daños materiales y así finalmente se procederá a clasificar el evento.

- VI. **Causas probables.** Permite una selección de las diversas causas que pudieron provocar la emergencia como lo son: falla humana, de equipo, de instalaciones, toma clandestina, fallas múltiples o desconocidas.
- VII. **Acciones tomadas.** Permite describir las acciones realizadas por las autoridades que atendieron los eventos, lo cual permite conocer los procedimientos utilizados por diversos cuerpos responsables.
- VIII. **Estatus del evento.** Registra si el evento fue controlado o no.
- IX. **Empresa Responsable (ER).** Aquí vienen los datos principales de la empresa responsable del evento como su nombre, domicilio e incluye el giro industrial de acuerdo a la clasificación del “SISTEMA DE CLASIFICACIÓN INDUSTRIAL DE AMÉRICA DEL NORTE” (SCIAN) que identifica a cada empresa en rubros como:
  - Agricultura, ganadería y aprovechamiento forestal
  - Servicios de almacenamiento
  - Extracción de petróleo y gas
  - Electricidad, agua y suministro de gas por ductos
  - Servicios de salud y asistencia social
  - Minería de minerales metálicos y no metálicos
  - Entre otros
- X. **Requerimientos de PROFEPA a la empresa responsable.** La PROFEPA pide a los responsables de los eventos realicen un aviso inmediato de la emergencia y una formalización del aviso en un máximo de 3 días después de sucedido. En estos campos se registra si se realizaron dichos reportes y la fecha en la cual se registraron.



- XI. **Estatus de la empresa responsable del evento.** Existen 4 documentos requeridos a empresas que manejan sustancias químicas: la auditoría ambiental (AA), el estudio de riesgo (ER), el programa de prevención de accidentes (PPA) y el plan de respuesta a emergencias (PRE). Aquí se registra si la empresa cuenta con dichos documentos.
- XII. **Fuente de información.** La primer notificación del evento es la que se selecciona para su análisis por lo que es importante saber de dónde vienen las denuncias de las emergencias, pueden venir desde la empresa responsable, de prensa, algún ciudadano que fue testigo o de organismos oficiales como delegaciones de PROFEPA, centro nacional de comunicación (CENACOM), del centro nacional de prevención de desastres (CENAPRED), del “National Responce Center” (NRC), entre otros. Y la fecha en que se notificó para que después de la atención del evento se pueda decidir si el aviso fue inmediato o se notificó tiempo después del suceso.
- XIII. **Fecha del reporte.** Este control es para reportar la fecha en que se dio a conocer un evento o si no hubo tal reporte para investigar el porqué de esta situación. La fecha del reporte nunca debe ser menor a la fecha del evento y debe ser mayor o igual a la fecha de la notificación, mostrada en el campo XII “Fuente de información”.
- XIV. **Captura de información.** Campos requeridos por la DEA para registrar el nombre del (la) capturista, así como la fecha y hora del equipo donde se capturo.



El resultado de este trabajo se muestra la figura 11.

The image shows a detailed data entry form for PROFEPA, divided into two columns. The left column contains sections 1 through 6, and the right column contains sections 7 through 14. Each section includes various input fields, dropdown menus, and checkboxes for recording event details.

Figura 11. Nueva base de datos. Fuente: Elaboración propia.

En total se registraron 1086 emergencias químicas durante el año de 2014, en los próximos subtemas se hablará del análisis estadístico y de la investigación del proceso de producción por cada una de las 10 sustancias mayormente involucradas, así como de los tipos de emergencias, daños ocasionados, causas probables, acciones tomadas y estatus de las empresas responsables.

Los principales análisis obtenidos del trabajo son los siguientes:

- ✓ Temporalización y regionalización de las emergencias
- ✓ Distinguir las emergencias sencillas, así como las principales ubicaciones y etapas de proceso y transporte afectadas
- ✓ Identificar las principales secuencias de emergencias en encadenamiento, así como los productos involucrados.
- ✓ Identificar los materiales y/o sustancias más involucradas en emergencias químicas, así como las precauciones y el control de eventos relacionados con estas





- ✓ Identificar las afectaciones a la población y al medio ambiente
- ✓ Identificar las diferentes causas y fallas que provocan las emergencias químicas en plantas de proceso.



## Capítulo 4 Resultados y análisis

### 4.1 Temporalización y regionalización de emergencias.

En esta sección se describirá el análisis de los reportes de emergencias con la finalidad de clasificarlos en base a la temporada del año en los cuales se presenta el mayor número de eventos, la división entre sucesos terrestres o marítimos, y finalmente la regionalización de los eventos.

El año de estudio es el 2014, esto se logró gracias a la captura de los reportes de emergencias químicas realizado por PROFEPA, así como las correcciones pertinentes hechas en las etapas anteriores de este trabajo.

Del análisis de reportes se identifica a los meses de mayo, junio, julio y octubre como los más conflictivos, ya que en este periodo como lo muestra el gráfico 4, se registraron casi el 45% del total de las emergencias del año bajo estudio.

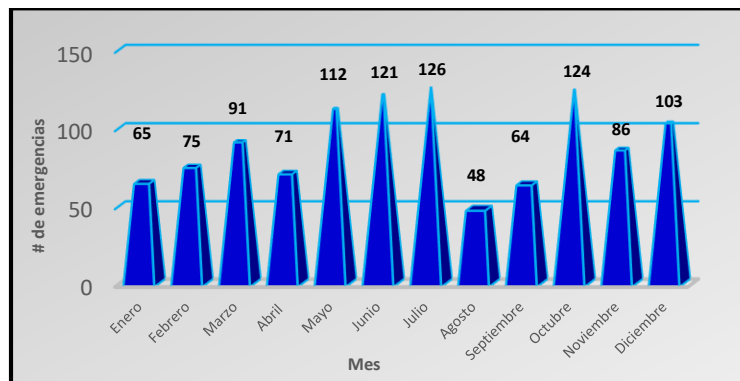


Gráfico 4. Registro de emergencias por mes. Fuente: Elaboración propia.

Siendo México un país delimitado al oriente por el Golfo de México y al poniente por el Océano Pacífico, es pertinente clasificar las emergencias químicas como “terrestres” o “marítimas”, ya que tanto las acciones para remediar como las autoridades responsables de la vigilancia varían según el medio afectado.



En los gráficos 5 y 6 se observa que solo 14 emergencias que representan el 1% ocurrieron en zona marítima, de los cuales 13 eventos ocurrieron en la zona del Golfo de México y solo uno en la zona del Pacífico Centro.

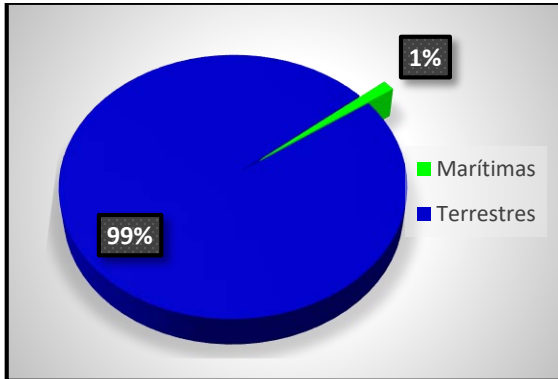


Gráfico 5. Clasificación de emergencias Terrestres-Marítimas. Fuente: Elaboración propia

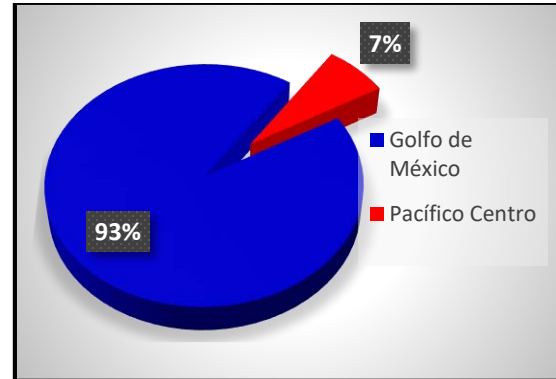


Gráfico 6. Distribución de emergencias marítimas. Fuente: Elaboración propia.

Se registraron 1072 emergencias terrestres, las cuales se distribuyeron en los 32 estados de la república como lo muestra el gráfico 7; dentro de los estados con mayores accidentes químicos se encuentran: Guanajuato con el 22% nacional, Veracruz con 11%, Tabasco registrando el 8.5% nacional, Tamaulipas y Puebla suman el 11.2% nacional. Solo estos 5 estados registraron más del 50% de las emergencias registradas durante el año bajo estudio.

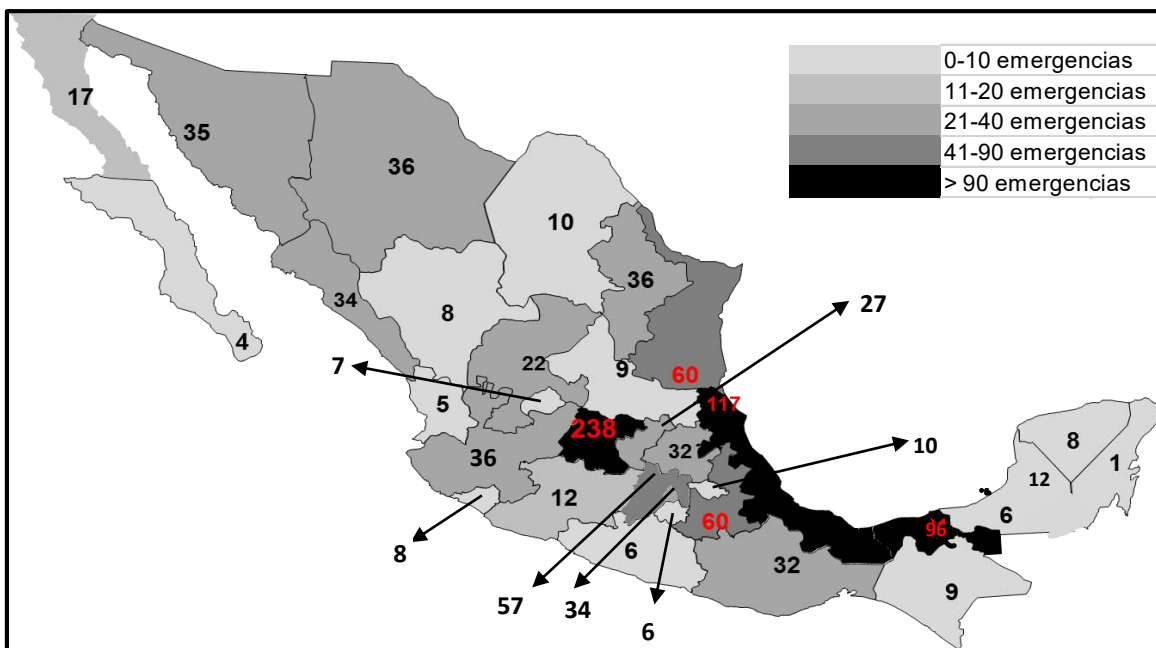


Gráfico 7. Número de emergencias químicas por estado. Fuente: Elaboración propia.



A continuación en la tabla 5 se mostrará un breve análisis de resultado por estado:

Tabla 5. Resumen de emergencias químicas por estado.

| Estado              | # de emergencias   | % a nivel nacional | Evento más común | # de emergencias | Ubicación más común | # de emergencias | Etapas más afectada   | # de emergencias | Sustancia más involucrada                     | # de emergencias |
|---------------------|--|--------------------|------------------|------------------|---------------------|------------------|-----------------------|------------------|---|------------------|
| Aguascalientes      | 7  | 0.64               | Derrame          | 7                | Transporte          | 7                | Ducto                 | 6                | Gasolina                                      | 3                |
|                     | Observaciones: El aporte al PIB del estado fue de 12.2% debido principalmente a la industria manufacturera, de construcción, minería y distribución de energía eléctrica y agua. La gasolina es el tercer combustible de mayor volumen almacenado con el 13%, solo debajo del diésel y gas L.P. con 45% y 39% respectivamente. La sustancia peligrosa de mayor cantidad almacenada es el H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> debido a la industria textil presente, seguida del acetato de etilo.  |                    |                  |                  |                     |                  |                       |                  |   |                  |
| Baja California     | 17   | 1.57               | Derrame          | 13               | Transporte          | 11               | Ducto                 | 9                | Gasolina                                      | 5 c/u            |
|                     | Observaciones: La aportación del estado al PIB nacional fue del 2.9%. Tienen el primer lugar nacional en establecimientos de la industria maquiladora manufacturera y de servicios de exportación. Una de las industrias más presentes es la de ensamble de artículos electrónicos. El combustible y la gasolina son los combustibles almacenados en mayor volumen en este. El hidrogeno es la sustancia peligrosa que más se almacena en la entidad   |                    |                  |                  |                     |                  |                       |                  |   |                  |
| Baja California Sur | 4  | 0.37               | Derrame          | 2                | Planta, Transporte  | 2 c/u            | Producción, Carretero | 2 c/u            | NH <sub>3</sub> , CO, diésel, agua congénita. | 1 c/u            |
|                     | Observaciones: Solo el 0.73% del PIB nacional provino de este estado. La extracción de sal y la minería son actividades secundarias comunes. El H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> se almacena en grandes cantidades siendo la sustancia peligrosa de mayor volumen almacenado en la entidad, seguido del Gas L.P. y del Cloro. El diésel es el segundo combustible de mayor volumen almacenado en el estado. También se almacenan N <sub>2</sub> , NaOH, entre otros materiales.  |                    |                  |                  |                     |                  |                       |                  |   |                  |
| Campeche            | 12   | 1.10               | Derrame          | 6                | Transporte          | 8                | Carretero, Ducto      | 4 c/u            | Gas natural                                   | 3                |
|                     | Observaciones: El estado aportó 4.6% al PIB nacional. La principal industria es la de extracción de hidrocarburos con más de 100 plataformas que operan en aguas profundas. Se almacenan más de 5 millones de toneladas de hidrocarburos en el estado. Las sustancias peligrosas que más se almacenan son H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> y gas L.P.  |                    |                  |                  |                     |                  |                       |                  |   |                  |
| Chiapas             | 9  | 0.83               | Derrame          | 7                | Transporte          | 6                | Carretero             | 6                | Lodos de emulsión inversa, gasolina y diésel  | 2 c/u            |
|                     | Observaciones: La aportación al PIB por parte de este estado fue del 1.8%. El crecimiento de la industria se debe principalmente al aumento de generación, distribución de energía, suministro de agua y gas por ducto al consumidor final. Es el tercer estado con mayor producción de petróleo crudo y el quinto en producción de gas natural. Las sustancias peligrosas de mayor volumen almacenado en la entidad son el Gas L.P., el propano y el alcohol etílico.   |                    |                  |                  |                     |                  |                       |                  |   |                  |
| Chihuahua           | 36   | 3.31               | Derrame          | 20               | Transporte          | 22               | Ductos                | 14               | Diésel  | 5                |
|                     | Observaciones: El 2.9% del PIB nacional vino de esta entidad. Las principales industrias son la aeroespacial, automotriz, metalmeccánico, minería, vitivinícola y de tecnologías de información. Es el tercer productor de oro a nivel nacional, el 27% del territorio estatal esta denunciado. La gasolina es el primer lugar en combustibles almacenados en el estado, seguido del combustible y del diésel. Entre otros productos de gran volumen almacenados son el NH <sub>3</sub> , el H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , el gas L.P., el Cl <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> y HF. |                    |                  |                  |                     |                  |                       |                  |   |                  |



Tabla 5. Continuación.

| Estado           | # de emergencias   | % a nivel nacional | Evento más común | # de emergencias | Ubicación más común | # de emergencias | Etapa más afectada        | # de emergencias | Sustancia más involucrada   | # de emergencias |
|------------------|--|--------------------|------------------|------------------|---------------------|------------------|---------------------------|------------------|-----------------------------|------------------|
| Ciudad de México | 34   | 3.13               | Fugas            | 28               | Otro                | 17               | Tanques de almacenamiento | 17               | Gas L.P.                    | 18               |
|                  | Observaciones: El 16.8% del PIB nacional lo aportó la Ciudad de México. Los combustibles con mayor volumen almacenados son la gasolina, el diésel, la turbosina y el gas L.P. otras sustancias peligrosas de gran volumen almacenadas son el N <sub>2</sub> , tolueno, xileno, acetona y NH <sub>3</sub> . Las principales emergencias químicas son debido a la fuga en tanques de almacenamiento de Gas L.P. en establecimientos comerciales y viviendas particulares.  |                    |                  |                  |                     |                  |                           |                  |                             |                  |
| Coahuila         | 10   | 9.21               | Incendio         | 4                | Transporte          | 4                | Almacenamiento            | 3                | Gas L.P.                    | 4                |
|                  | Observaciones: Este estado aportó 3.4% al PIB nacional. Las industrias más importantes son la manufacturera, la de construcción, minería y de generación de energía eléctrica, suministro de agua y gas por ductos. Los combustibles de mayor volumen almacenados son Diésel, gasolina y gas L.P. otras sustancias peligrosas de mayor volumen almacenados son N <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub> y HNO <sub>3</sub> .  |                    |                  |                  |                     |                  |                           |                  |                             |                  |
| Colima           | 8  | 0.74               | Derrame          | 7                | Transporte          | 8                | Carretero                 | 7                | Gasolina                    | 3                |
|                  | Observaciones: El 0.6% del PIB nacional lo aportó Colima. La minería es un sector importante, representa más del 27% al PIB estatal; la industria manufacturera aporta el 4.7% del PIB estatal, principalmente producción de estructuras metálicas, conservas alimenticias, cemento, cal y yeso. Las sustancias peligrosas de mayor volumen almacenado en la entidad es Gas L.P., alcohol Isopropilico y H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>  |                    |                  |                  |                     |                  |                           |                  |                             |                  |
| Durango          | 8  | 0.74               | Derrame          | 5                | Transporte          | 4                | Ductos                    | 4                | Cianuro de sodio            | 2                |
|                  | Observaciones: Durango aportó 1.2% al PIB nacional. Las actividades secundarias como son la minería, distribución de energía y suministro de agua y gas por ductos, construcción e industria manufacturera aportan el 35% al PIB estatal. Las sustancias químicas peligrosas de mayor volumen almacenadas son Gas L.P., Paration metílico y H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . El cianuro de sodio ocupa el 9º lugar de volumen almacenado con alrededor de 217 toneladas en 2014.   |                    |                  |                  |                     |                  |                           |                  |                             |                  |
| Guanajuato       | 238  | 21.92              | Derrame          | 213              | Transporte          | 219              | Ductos                    | 213              | Gasolina                    | 100              |
|                  | Observaciones: El 4.2% del PIB nacional lo aportó Guanajuato. Fue el estado con mayor número de emergencias químicas en 2014. Cuenta con terminales de almacenamiento y reparto de hidrocarburos en Salamanca, León, Celaya, Irapuato, además de la refinería en Salamanca que produce alrededor de 171 mbd. Las sustancias peligrosas de mayor volumen almacenadas en la entidad son H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , Gas L.P., NH <sub>3</sub> , Ciclo hexano, Butiraldehido, oxido de mesitilio, ciclohexanona principalmente. Registra el almacén de alrededor de 34 sustancias peligrosas, más que cualquier otro estado de la república. |                    |                  |                  |                     |                  |                           |                  |                             |                  |
| Guerrero         | 6  | 0.55               | Derrame          | 3                | Plantas             | 3                | Producción                | 2                | Gas L.P.                    | 2                |
|                  | Observaciones: Esta entidad aportó 1.5% al PIB nacional. La industria en el estado es principalmente minera, producción de azúcar y derivados, así como fabricación de celulosa papel y conservadores. Las sustancias peligrosas de mayor volumen almacenadas son Gas L.P., H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , HCl, Cianuro de sodio y NH <sub>3</sub>   |                    |                  |                  |                     |                  |                           |                  |                             |                  |
| Hidalgo          | 32   | 2.95               | Derrame          | 25               | Transporte          | 28               | Ductos                    | 23               | Hidrocarburos NI., Gasolina | 13 y 7           |
|                  | Observaciones: Solo el 1.6% del PIB nacional lo aportó Hidalgo. La minería y la industria petrolera son los principales motores del estado. Cuenta en su territorio con la refinería de Tula, la segunda más importante del país ya que procesa alrededor de 254 mil barriles diarios de crudo. La gasolina es el combustible de mayor volumen almacenado; otras sustancias químicas peligrosas de mayor volumen de almacenaje son el gas L.P., el butano, el alcohol metílico, el Acrlonitrilo, el propano y el propileno.  |                    |                  |                  |                     |                  |                           |                  |                             |                  |



Tabla 5. Continuación.

| Estado     | # de emergencias   | % a nivel nacional | Evento más común   | # de emergencias | Ubicación más común        | # de emergencias | Etapa más afectada | # de emergencias | Sustancia más involucrada            | # de emergencias |
|------------|--|--------------------|--------------------|------------------|----------------------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------------------------|------------------|
| Jalisco    | 36   | 3.31               | Derrame            | 25               | Transporte                 | 22               | Ductos             | 18               | Hidrocarburos NI., Gasolina          | 15 y 9           |
|            | Observaciones: Ocupó el 4° lugar en aportación al PIB nacional con 6.3%. Los combustibles que presentaron mayor volumen de almacenamiento son Gas L.P., Gasolina y Diésel. Otras sustancias peligrosas de gran volumen de almacenamiento son N <sub>2</sub> , Butano, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub> , alcohol etílico y NaOH.   |                    |                    |                  |                            |                  |                    |                  |                                      |                  |
| México     | 57   | 5.25               | Derrame            | 24               | Transportes                | 35               | Ductos             | 28               | Gas L.P.                             | 15               |
|            | Observaciones: Fue el segundo estado que más aportó al PIB nacional con un 9%, solo debajo de la Ciudad de México. Los combustibles de mayor volumen almacenado son el Gas L.P. y el Combustóleo. Registra 48 sustancias peligrosas almacenadas en su territorio, de los cuales los de mayor cantidad son Xileno, HCl, alcohol etílico, NaOH, alcohol metílico, óxido de etileno, tolueno, acetona, óxido de propileno, Cl <sub>2</sub> , acetato de vinilo, acetileno y estireno.   |                    |                    |                  |                            |                  |                    |                  |                                      |                  |
| Michoacán  | 12   | 1.1                | Derrame            | 5                | Transporte                 | 8                | Carretero, ductos  | 4 c/u            | Gas L.P.                             | 3                |
|            | Observaciones: El aporte al PIB nacional fue de 2.4%. La industria minera y de productos químicos, son de las principales aportadoras al PIB estatal. Destaca la explotación de Ag, Zn, Cu y Au. Los combustibles de mayor volumen almacenados son Combustóleo, gasolina y diésel. Otras sustancias con volúmenes grandes de almacenamiento son pentano, gas L.P. y H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .   |                    |                    |                  |                            |                  |                    |                  |                                      |                  |
| Morelos    | 6  | 0.55               | Explosiones, Fugas | 2 c/u            | Transporte, Plantas, otros | 2 c/u            | Carretero          | 2                | Gas L.P.                             | 2                |
|            | Observaciones: El estado aporta 1.2% al PIB. La industria química está formada por los ramos farmacéuticos, metal mecánico y textil. Los principales combustibles almacenados son Gasolina, Diésel y Combustóleo. También tienen grandes volúmenes de CS <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , y Gas L.P.  |                    |                    |                  |                            |                  |                    |                  |                                      |                  |
| Nayarit    | 5  | 0.46               | Derrame            | 4                | Transporte                 | 5                | Carretero          | 5                | Gasolina                             | 2                |
|            | Observaciones: La aportación de la entidad al PIB nacional fue del 0.7%. Las principales industrias son la minera, azucarera y tabacalera. Los combustibles de mayor volumen almacenados son Gasolina y Diésel; otras sustancias peligrosas almacenadas en el estado son Gas L.P., N <sub>2</sub> y NH <sub>3</sub> .  |                    |                    |                  |                            |                  |                    |                  |                                      |                  |
| Nuevo León | 36   | 3.31               | Derrame            | 27               | Transporte                 | 28               | Carretero          | 14               | Diésel, Gasolina e hidrocarburos NI. | 6 c/u            |
|            | Observaciones: Fue el 3° lugar nacional en aportación al PIB con el 7.5%. La producción de gas natural es de 387 MMpcd lo que lo convierte en el 4° lugar nacional. Su industria es muy amplia, cuenta con una refinería en Cadereyta que en 2014 generó alrededor de 180 mil barriles de crudo diarios. También cuenta con las instalaciones de diversas empresas automotrices, cerveceras y cementeras. Los principales combustibles almacenados son: gasolina, gasóleo, petróleo y combustóleo. Otras sustancias peligrosas almacenadas son tolueno, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , gas L.P., HCl, butano, propano, N <sub>2</sub> , alcohol metílico e H <sub>2</sub> .                      |                    |                    |                  |                            |                  |                    |                  |                                      |                  |
| Oaxaca     | 32   | 2.95               | Derrame            | 21               | Transporte                 | 21               | Ducto              | 19               | Hidrocarburos NI, Gasolina           | 10,7             |
|            | Observaciones: El estado aportó el 1.6% al PIB nacional. Cuenta en su territorio con una refinería en Salina Cruz, la productora número uno en proceso y elaboración de petróleo crudo generando en 2014 alrededor de 269.6 mil barriles diarios. También cuenta con industria cementera, de generación de energía limpia, producción de cerveza, azúcar refinada, papel, biocombustibles y generación de energía eléctrica entre otras. Los combustibles de mayor volumen almacenados son Petróleo, gasolina, gasóleo y combustóleo. Otros productos químicos peligrosos almacenados en grandes porciones son el NH <sub>3</sub> , Gas L.P., propano, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> y propileno. |                    |                    |                  |                            |                  |                    |                  |                                      |                  |



Tabla 5. Continuación.

| Estado          | # de emergencias   | % a nivel nacional | Evento más común | # de emergencias | Ubicación más común | # de emergencias | Etapa más afectada         | # de emergencias | Sustancia más involucrada  | # de emergencias |
|-----------------|--|--------------------|------------------|------------------|---------------------|------------------|----------------------------|------------------|----------------------------|------------------|
| Puebla          | 60   | 5.52               | Derrame          | 52               | Transporte          | 56               | Ductos                     | 53               | Hidrocarburos NI, Diésel   | 25,16            |
|                 | Observaciones: Esta entidad aportó 3.2% al PIB nacional. La industria manufacturera, así como la minería, electricidad, gas y agua colaboran al PIB estatal con el 28%. En su territorio también se encuentra el complejo petroquímico "Independencia". Los combustibles de mayor volumen almacenados son petróleo, gasolina, gas L.P. y diésel. Otras sustancias químicas peligrosas almacenadas en el estado son alcohol metílico, propileno, N <sub>2</sub> , tolueno, propano, hexano, Acrilonitrilo, xileno y H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .  |                    |                  |                  |                     |                  |                            |                  |                            |                  |
| Querétaro       | 27   | 2.49               | Derrame          | 19               | Transporte          | 19               | Ductos                     | 14               | Diésel                     | 6                |
|                 | Observaciones: Su aportación al PIB nacional fue del 2.2%. El estado es líder aeronáutico a nivel mundial, la industria manufacturera aporta al PIB estatal el 34%, electricidad, gas y agua aportan 1.5% y la minería el 0.3%. El almacenamiento de combustibles en la entidad es en su mayoría diésel, seguido de la gasolina. Otras sustancias peligrosas almacenadas en su territorio son H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub> y gas L.P.  |                    |                  |                  |                     |                  |                            |                  |                            |                  |
| Quintana Roo    | 1  | 0.09               | Derrame          | 1                | Otro                | 1                | Almacenamiento             | 1                | Gasolina                   | 1                |
|                 | Observaciones: Esta entidad aportó el 1.6% al PIB nacional. A pesar de que sus ingresos son en su mayoría por el turismo, cuenta con algunos parques industriales donde se produce principalmente azúcar de caña. Los combustibles de mayor volumen de almacenamiento son la turbosina y el diésel. Otras sustancias peligrosas presentes en grandes volúmenes en almacenamiento son el gas L.P., el H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> y el NH <sub>3</sub> .   |                    |                  |                  |                     |                  |                            |                  |                            |                  |
| San Luis Potosí | 9  | 8.29               | Derrame          | 8                | Transporte          | 7                | Ductos                     | 4                | Gasolina                   | 3                |
|                 | Observaciones: La aportación del estado al PIB nacional fue del 1.9%. En su territorio se localizan plantas automotrices, centros de desarrollo tecnológico, así como un parque eólico e industria minera. Los combustibles de mayor volumen almacenados en la entidad son el combustóleo, diésel y la gasolina. Otras sustancias químicas peligrosas presentes en grandes volúmenes son el H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> y gas L.P.  |                    |                  |                  |                     |                  |                            |                  |                            |                  |
| Sinaloa         | 34   | 3.13               | Derrame          | 28               | Otro                | 3                | Ductos                     | 27               | Hidrocarburos NI, Gasolina | 14,12            |
|                 | Observaciones: El 2.1% del PIB nacional provino de esta entidad. Cuenta con alrededor de 12 presas en la totalidad de su territorio, así como 10 parques industriales que manejan el sector industrial de alimentos y logística principalmente, así como la minera. El almacén de combustibles en la entidad se compone principalmente de combustóleo, gasolina, diésel y gas L.P... Otras sustancias peligrosas almacenadas en grandes volúmenes son el NH <sub>3</sub> y el H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .   |                    |                  |                  |                     |                  |                            |                  |                            |                  |
| Sonora          | 35   | 3.22               | Derrame          | 25               | Transporte          | 18               | Almacenamiento, carreteros | 11 c/u           | Diésel                     | 8                |
|                 | Observaciones: Sonora colaboró con el 2.9% al PIB nacional. La minería es fundamental en la economía del estado ya que es líder productor en Au, Cu, grafito, Mo y wollastonita. Alberga la mina más antigua de Norteamérica localizada en Cananea. En el año de estudio se presentó el peor desastre ambiental en la historia del sector minero en México donde alrededor de 40,000m <sup>3</sup> de CuSO <sub>4</sub> se derramaron en el río Sonora. Se almacenan diversos combustibles en el estado, de los cuales los de mayor volumen son el combustóleo, la gasolina y el diésel. Otras sustancias químicas peligrosas almacenadas son el H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub> y gas L.P. |                    |                  |                  |                     |                  |                            |                  |                            |                  |
| Tabasco         | 96   | 8.84               | Derrame          | 92               | Transporte          | 80               | Ducto                      | 78               | Hidrocarburos NI, Gasolina | 50,17            |
|                 | Observaciones: Esta entidad aportó 3.2% al PIB nacional. La industria petrolera es la más fuerte del estado, ya que cuenta con áreas de producción terrestre y marinas así como terminales de exportación. En 2014 ocupó el primer lugar nacional en producción de petróleo crudo y gas natural. El principal combustible almacenado por lo tanto en la entidad es el petróleo, también se almacenan otras sustancias químicas peligrosas aunque en menor volumen como lo son el propano, el gas L.P. y el NH <sub>3</sub> .   |                    |                  |                  |                     |                  |                            |                  |                            |                  |



Tabla 5. Continuación.

| Estado     | # de emergencias   | % a nivel nacional | Evento más común | # de emergencias | Ubicación más común | # de emergencias | Etapa más afectada | # de emergencias | Sustancia más involucrada        | # de emergencias |
|------------|--|--------------------|------------------|------------------|---------------------|------------------|--------------------|------------------|----------------------------------|------------------|
| Tamaulipas | 60   | 5.52               | Derrame          | 40               | Transporte          | 41               | Ductos             | 36               | Hidrocarburos NI, Gasolina       | 17,10            |
|            | Observaciones: El 3.1% del PIB nacional vino de esta entidad. Tamaulipas cuenta con 2 complejos procesadores de gas, así como una refinería en Madero, la más pequeña del país. La principal actividad económica es la industria manufacturera principalmente la parte de maquiladoras, envasado de refrescos y aguas purificadas, industrias de sistemas eléctricos automotrices entre otras. Los combustibles de mayor volumen almacenados son el petróleo, la gasolina y el combustóleo. Otros productos químicos peligrosos almacenados en grandes volúmenes son el H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , xileno, propileno, etileno, estireno, cloruro de vinilo, Acrilonitrilo, pentano, benceno, butano, butadieno y buteno, entre otros.  |                    |                  |                  |                     |                  |                    |                  |                                  |                  |
| Tlaxcala   | 10   | 9.21               | Derrame          | 7                | Transporte          | 8                | Ductos             | 8                | Hidrocarburos NI, Diésel         | 4,3              |
|            | Observaciones: Fue el estado con menor aportación al PIB nacional con solo el 0.5%. La principal fuente de economía del estado es la industria textil. Los combustibles de mayor volumen almacenados son gasolina y diésel. Otras sustancias químicas peligrosas presentes en el estado son el H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , formaldehído, óxido de etileno, xileno, estireno y Gas L.P.  |                    |                  |                  |                     |                  |                    |                  |                                  |                  |
| Veracruz   | 119  | 10.96              | Derrame          | 100              | Transporte          | 90               | Ductos             | 75               | Hidrocarburos NI, Petróleo Crudo | 32, 22           |
|            | Observaciones: El 5% del PIB nacional vino de esta entidad. La industria petrolera tiene gran presencia en todo el estado. Cuenta con 4 complejos petroquímicos que soportan alrededor de 10,000 toneladas de productos. En 2014 fue el segundo lugar nacional en producción de petróleo crudo y el tercero en producción de gas natral. También tiene una refinería en Minatitlán donde se procesaron alrededor de 167 mil barriles diarios. Los combustibles que presentan mayor volumen almacenados son el petróleo, el gas L.P., la gasolina y el combustóleo. Otras sustancias químicas peligrosas almacenadas son H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , propano, xileno, butano, NH <sub>3</sub> , propileno, dicloroetano, benceno, tolueno, etileno, estireno, alcohol metílico, etc. |                    |                  |                  |                     |                  |                    |                  |                                  |                  |
| Yucatán    | 8  | 0.74               | Derrame          | 5                | Transporte          | 5                | Carretero          | 5                | Gasolina, Turbosina              | 2 c/u            |
|            | Observaciones: Esta entidad aportó el 1.5% al PIB nacional. Hay presencia de industria alimentaria, de bebidas y tabaco, así como industria textil, productos de minerales no metálicos y derivados del petróleo y carbón principalmente. Los combustibles de mayor volumen almacenados son diésel, gasolina y combustóleo. Otras sustancias químicas peligrosas almacenadas presentes son gas L.P., H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub> y alcohol etílico.   |                    |                  |                  |                     |                  |                    |                  |                                  |                  |
| Zacatecas  | 22   | 2.02               | Derrame          | 21               | Transporte          | 19               | Ductos             | 16               | Gasolina                         | 13               |
|            | Observaciones: El 0.9% del PIB nacional vino de esta entidad. La principal industria presente en el estado es la minera, principalmente en extracción de Ag, Au, Hg, Fe, Zn, Pb, entre otros. Se almacena en mayor cantidad combustibles como gasolina, diésel y gas L.P. otras sustancias que también se almacenan en grandes volúmenes son el Cianuro de sodio, dinitrotolueno, acrilato de sodio y NH <sub>3</sub> .  |                    |                  |                  |                     |                  |                    |                  |                                  |                  |

Fuente: Elaboración propia.

Dentro de algunos estados en particular, ciertos municipios presentan mayor incidencia por el tipo de industria que se desarrolla en su territorio, la tabla 6 muestra un análisis de los principales sitios afectados por emergencias químicas.





Tabla 6. Principales municipios afectados por emergencias químicas.

| Estado     | Municipio    | # de emergencias | % estatal | Observaciones   |
|------------|--------------|------------------|-----------|---|
| Chihuahua  | Juárez       | 17               | 47.2%     | 8 incendios en planta en la etapa de almacenamiento involucrando plásticos, desechos electrónicos y residuos peligrosos son las etapas y sustancias más involucradas en las emergencias del municipio. Las sustancias de mayor volumen almacenadas fueron gasolina, diésel, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , gas L.P. y Cl <sub>2</sub> .   |
| Guanajuato | Abasolo      | 12               | 5%        | 8 derrames, 11 emergencias en transporte, 10 en ducto, 4 incidentes con hidrocarburos NI y 3 con gasolina es el resumen de las principales emergencias químicas en 2014. El poliducto Salamanca-Guadalajara cruza por su territorio por lo cual las tomas clandestinas son comunes. En este municipio solo se almacena gas L.P.   |
| Guanajuato | Irapuato     | 61               | 25.6%     | 60 derrames en ductos, 29 emergencias con hidrocarburos NI y 28 con gasolina es el resumen de las emergencias químicas en 2014 lo cual lo hace el municipio más afectado a nivel nacional. Por el pasan 3 ductos principalmente Salamanca-León, Salamanca-Guadalajara y Salamanca-Zacatecas. Las principales sustancias peligrosas almacenadas en su territorio son Combustóleo, gasolina, diésel, turbosina y gas L.P.   |
| Guanajuato | León         | 21               | 8.8%      | 17 derrames en ductos y 10 emergencias con gasolina son las etapas y productos más involucrados en las emergencias del año en estudio. Por su territorio pasan diversos poliductos como principalmente Salamanca-Vista Alegre-Aguascalientes-Zacatecas. Las sustancias químicas peligrosas de mayor volumen de almacenaje en el municipio son gasolina, diésel, gas L.P., tolueno e NaOH.   |
| Guanajuato | Pénjamo      | 15               | 6.3%      | 13 derrames, 15 eventos en transportes, 14 en ducto, 6 casos con hidrocarburos NI y 6 con gasolina es el resumen de las etapas más incidentes y los productos más involucrados en eventos. El ducto Salamanca-Guadalajara pasa por su territorio. En este municipio solo se almacena gas L.P.   |
| Guanajuato | Salamanca    | 38               | 16%       | Se registraron 35 derrames, 33 en transporte, 30 en ductos involucrando 18 veces hidrocarburos NI y 10 veces gasolina. En este municipio se encuentra la refinera Ing. Antonio M. Amor". Este municipio también presento 5 emergencias con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> lo cual lo convierte en el segundo lugar del país en emergencias con esta sustancia. Las sustancias de mayor volumen almacenadas en el municipio son diésel, gasolina, petróleo, combustóleo y turbosina. |
| Guanajuato | Silao        | 48               | 20.2%     | El segundo municipio a nivel nacional con más emergencias químicas, presento 45 derrames, 43 emergencias en transporte en ductos, involucrando a la gasolina 29 veces. Esta cercano a salamanca lo cual lo acerca a la refinera. Las principales sustancias almacenadas son gas L.P. turbosina, gasolina, xileno y tolueno.   |
| Guanajuato | Yuriria      | 11               | 4.6%      | Registró 10 derrames en ductos, 6 emergencias con gasolina y 4 con hidrocarburos NI.  |
| Sinaloa    | Culiacán     | 15               | 44.1%     | 12 derrames, 13 emergencias en ducto, 7 caos con gasolina son los casos más comunes en el municipio. Es el primer lugar a nivel nacional en accidentes con NH <sub>3</sub> . Las sustancias peligrosas con mayor volumen almacenado son gasolina, diésel, NH <sub>3</sub> , combustóleo y gas L.P.  |
| Sonora     | Hermosillo   | 11               | 31.4%     | 6 fugas, 5 emergencias en transporte y 5 en tanques de almacenamiento, 6 casos con gas L.P. es el resumen de los eventos más comunes en el municipio. Por su territorio pasan diversos ductos como el Guaymas-Hermosillo y Hermosillo-Benjamín Hill principalmente. Las sustancias de mayor volumen almacenadas son H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , diésel, gasolina y gas L.P.   |
| Tabasco    | Cárdenas     | 17               | 17.7%     | Registró 17 derrames, 14 en ductos, el producto más involucrado es la gasolina con 7 apariciones. Este municipio cuenta con un despliegue de 37,879 Km de corredores y ductos petrolíferos lo que lo ubica como el municipio con mayor longitud de ductos. Solo se almacena gas L.P. en su territorio.  |
| Tabasco    | Huimanguillo | 46               | 47.9%     | Tercer lugar a nivel nacional de municipios afectados, registró 45 derrames, 44 en ductos; hubo 29 casos con Hidrocarburos NI y 9 con gasolina. En el municipio se almacena principalmente petróleo, gasolina, gas L.P. y propano.  |
| Tamaulipas | Altamira     | 14               | 23.3%     | Registra 14 derrames, 10 casos en transporte, 9 en ductos. La principal sustancia involucrada son los hidrocarburos NI con 4 emergencias y después diésel con 3 eventos. El poliducto Madero-Cadereyta pasa por su territorio lo que hace vulnerable los ductos a tomas clandestinas. Principalmente se almacena petróleo, xileno, propileno, etileno y estireno.   |



Tabla 6. Continuación.

| Estado     | Municipio | # de emergencias | % estatal | Observaciones  |
|------------|-----------|------------------|-----------|--|
| Tamaulipas | Reynosa   | 16               | 26.7%     | Registra 12 derrames, 10 en ductos, 7 emergencias involucraron hidrocarburos NI, 2 aceites diversos y 2 gasolinas. La nafta, kerosina, petróleo, diésel y butano son las sustancias con mayor volumen almacenado en el municipio                 |
| Veracruz   | Papantla  | 18               | 15.1%     | 16 derrames, 14 emergencias en transporte, 11 en ducto, 6 incidencias con agua congénita y 6 con petróleo crudo son el resumen de los casos más comunes en el municipio. Solo se registra el almacén de petróleo y de gas L.P. en su territorio. |

Fuente: Elaboración propia.

Una de las principales mejoras respecto al antiguo formato y por lo tanto a la base de datos, fue sistematizar la regionalización de las emergencias, lo cual aporta a las autoridades elementos para la instrumentación de políticas públicas en materia de emergencias ambientales. Tomando como base las 4 zonas usadas por la PROFEPA para el análisis de emergencias se clasifican en:

1. Zona Metropolitana y del Valle de México (ZMVM): Desde el 22 de diciembre de 2005 el gobierno de la Ciudad de México y del Estado de México definieron esta zona como la conformada por las 16 delegaciones y 59 municipios respectivamente (Figura 12).

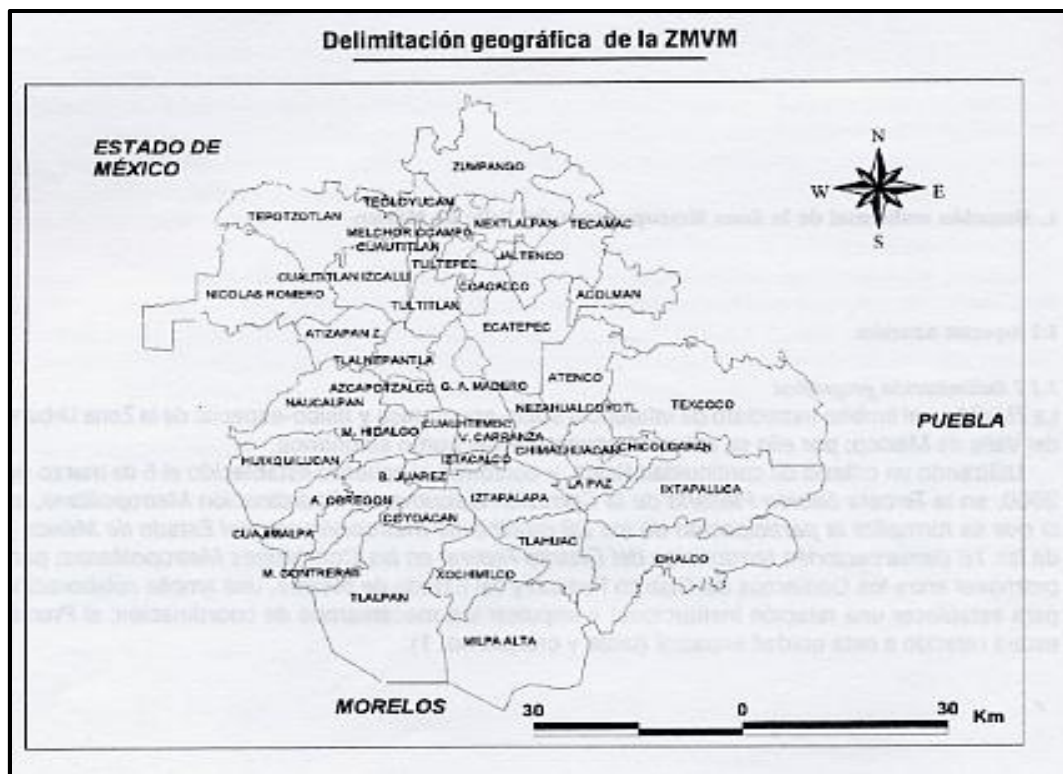


Figura 12. Mapa de la ZMVM. Fuente: INECC.



Desde el 2000 el gobierno federal en conjunto con el gobierno de los Estados Unidos de América (EUA) ha trabajado en la elaboración de un informe en respuesta a emergencias químicas denominado “Emergencias Químicas Ocurridas y Reportadas a la PROFEPA en los Estados Fronterizos, Franja Fronteriza, Franja Colindante y Ciudades Hermanas de México con los Estados Unidos (2000-2008).”

A partir de esto, se determinaron las siguientes zonas y fueron la base para su inserción en el formato, facilitando de esta manera la integración de informes regionales (Figura 13).

2. Franja Fronteriza (FF): Municipios situados hasta 20 kilómetros de ambos lados de la línea divisoria terrestre entre los Estados Unidos Mexicanos (México) y los Estados Unidos de América (EUA).
3. Franja Colindante (FC): Municipios que tienen frontera con los EUA. (Todo municipio perteneciente a la FC también pertenece a la FF).
4. Ciudades Hermanas (CH): 14 municipios dentro de la franja fronteriza enlistados en el Programa Frontera XXI. (Toda CH pertenece a la FF).

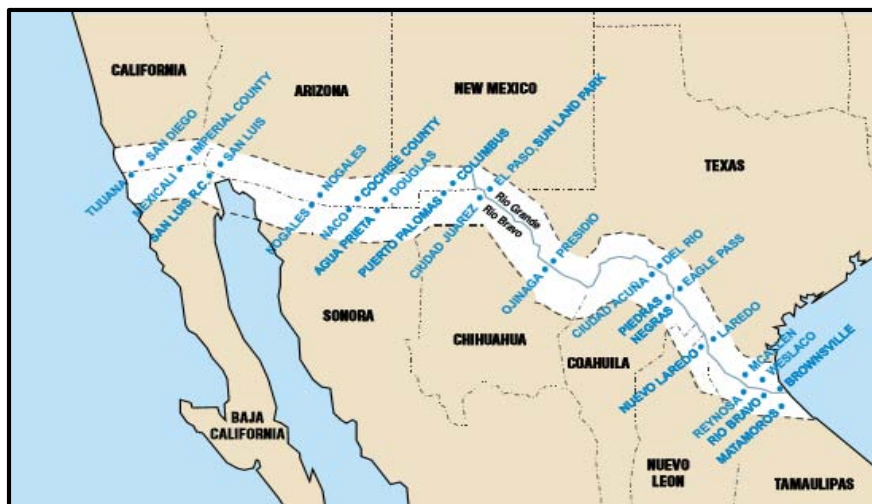


Figura 13. Mapa franja fronteriza México-EUA. Fuente: Plan conjunto de contingencias y emergencias México-EUA, 2009.

En el gráfico 8 se muestran las emergencias químicas registradas por zona de análisis. En el año de 2014 se registraron 56 eventos en la ZMVM, 6 en FF, 6 en FC y 44 en CH.

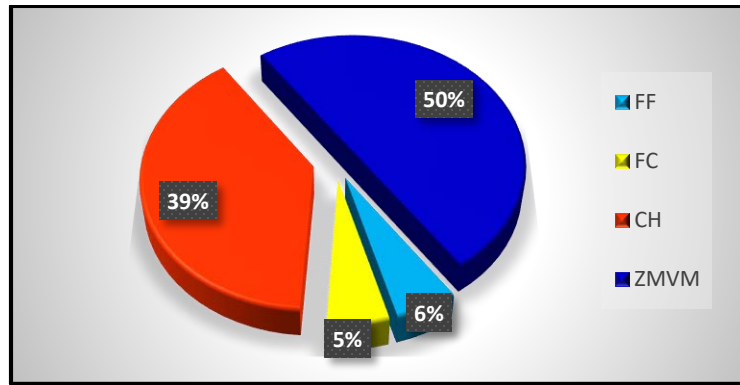


Gráfico 8. Emergencias químicas por región. Fuente: Elaboración propia.

## 4.2 Caracterización del evento: el “Efecto domino”

El manejo de sustancias químicas peligrosas así como de materiales peligrosos involucra el riesgo de provocar accidentes. Lo cual está directamente relacionado a sus características, ya sea por corrosividad, reactividad, explosividad o inflamabilidad del producto, así como de su correcto manejo, almacenamiento y/o distribución.

Para efectos de nuestro trabajo clasificaremos los eventos como: incendios, explosiones, derrames o fugas. Siendo entonces una emergencia “sencilla” aquella que se refiere a la presencia de un solo tipo de evento. Luego entonces una emergencia en “encadenamiento” será entendido como una serie de eventos que se presentan ya sea uno como consecuencia de otro y así sucesivamente.

Del análisis de los reportes del periodo bajo estudio se identificó que de las 1086 emergencias 1023 fueron eventos sencillos y solo 63 en encadenamiento.

### 4.2.1 Emergencias Sencillas

De los eventos sencillos identificados a lo largo del todo el territorio, del periodo bajo estudio se realizó la clasificación y el conteo por tipo de evento como lo muestra el gráfico 9.



Los reportes señalan 792 derrames, 125 fugas, 69 incendios, 36 explosiones y 1 evento de otra naturaleza.

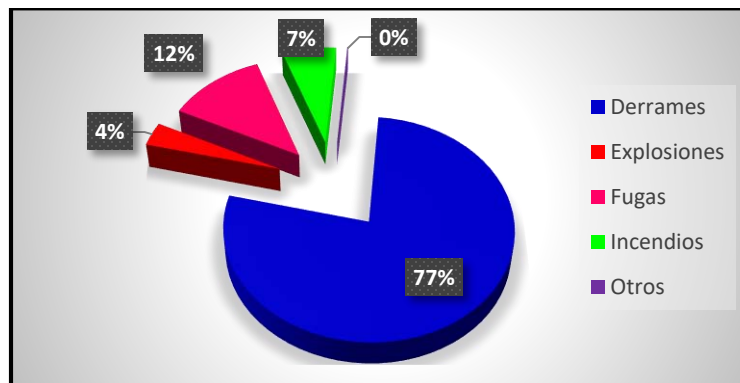


Gráfico 9. Clasificación de emergencias "sencillas". Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.1 Emergencias en encadenamiento

Un accidente en encadenamiento como su nombre lo indica, involucra una serie de eventos progresivos relacionados con las propiedades fisicoquímicas de una sustancia o material; por ejemplo una fuga de gas L.P. puede acumularse en un área confinada, lo cual con una pequeña fuente de ignición desencadenará una explosión en el sitio. Un evento menor puede dar inicio a una secuencia de eventos de mayor magnitud y dar lugar a consecuencias más severas. A esto se le conoce como efecto domino (Darbra, 2010).

El efecto domino se clasifica en 2 categorías: efecto domino interno y efecto domino externo. En el efecto interno la secuencia de los accidentes ocurre dentro de las fronteras de una planta química; en el efecto externo uno o más accidentes secundarios ocurren fuera de los límites de la planta donde ocurrió el evento primario (Reniers, 1996).

En el periodo bajo estudio se presentaron en México, 63 emergencias con efecto domino, de las cuales se pueden clasificar en 6 tipos de eventos en encadenamiento, estas se muestran en la tabla 7. Por razones de limitación de información, en el presente trabajo no se puede aplicar el criterio de Reniers para contabilizar las emergencias con efecto domino interno y externo.



Tabla 7. Eventos en encadenamiento.

| Evento Principal | Evento Encadenado | # de emergencias | Ubicación más afectada                           | Sustancia con mayor incidencia | Estado más afectado          | # de casos |
|------------------|-------------------|------------------|--|--------------------------------|------------------------------|------------|
| Derrame          | Incendio          | 24               | Transportes                                      | Gasolina                       | Guanajuato                   | 9          |
| Fuga             | Explosion         | 20               | Tanques de almacenamiento                        | Gas L.P.                       | Ciudad de México             | 5          |
| Fuga             | Incendio          | 9                | Plantas, transportes y tanques de almacenamiento | Gas L.P.                       | Ciudad de México, Guanajuato | 3 c/u      |
| Explosion        | Incendio          | 6                | Plantas  | Pólvora                        | Guanajuato                   | 2          |
| Incendio         | Explosion         | 2                | Planta y transporte                              | Alcohol Isopropilico, gas L.P. | México, Puebla               | 1 c/u      |
| Explosion        | Derrame           | 1                | Transporte                                       | Hidróxido de amonio            | Nuevo León                   | 1          |
| Derrame          | Explosion         | 1                | Transporte                                       | Asfalto                        | Tabasco                      | 1          |

Fuente: Elaboración propia.

### 4.3 Ubicación y etapas de las emergencias químicas.

El manejo de sustancias químicas y materiales peligrosos comienza desde su distribución a través de las vías de comunicación ya sea por carreteras, ferrocarril o rutas marítimas para su llegada a las instalaciones industriales donde se someterá a procesos de transformación y son convertidas en productos y/o servicios con una utilidad.

De tal manera que primeramente las emergencias químicas se clasificaron por su ubicación, es decir, si ocurrieron durante el transporte o en una planta química. En el periodo de estudio se registraron 829 eventos en transportes, 170 en plantas y 87 en otras ubicaciones como pueden ser tanques de almacenamiento, laboratorios clandestinos, hospitales, casas particulares, etc. (Gráfico 10).

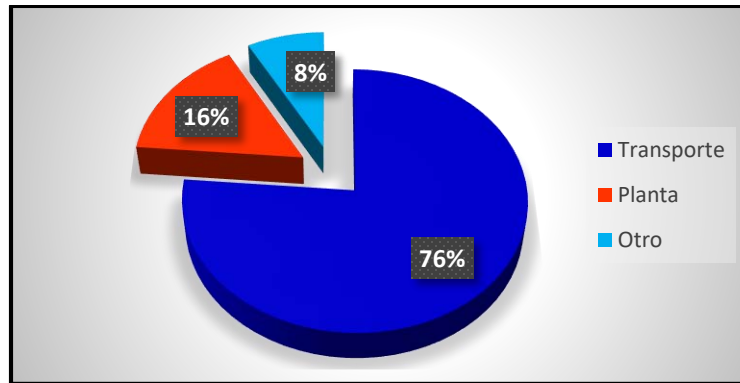


Gráfico 10. Ubicación de emergencias químicas. Fuente: Elaboración propia.

### 4.3.1 Emergencias químicas en transportes.

La distribución es una actividad crítica para la productividad en todas las empresas, la cantidad de carga transportada a lo largo del país ha ido en aumento a través de los años. En 2014 se transportaron alrededor de 918,768 Millones de toneladas de materiales y sustancias químicas.

En nuestro país, el transporte de materiales y sustancias peligrosas más frecuentemente utilizadas se divide en los siguientes tipos:

- Transporte vía ductos
- Transporte carretero
- Transporte ferroviario
- Transporte marítimo

La infraestructura de transporte a lo largo del país consta de:

- ✓ 12,678 Km de ductos (LPG, Poliductos, gasoductos y oleoductos). (Gas PEMEX, 2016).
- ✓ 378, 923 Km de carreteras (SCT, 2014).
- ✓ 26,727 km de vías para ferrocarriles. (SCT, 2014).
- ✓ 172,161 metros de obras de protección marina con 117 puertos (SCT, 2014).





En el 2014, los 829 eventos registrados en transporte en 2014, 680 pertenecen a accidentes en ductos, 141 están relacionados con accidentes carreteros, 7 con accidentes ferroviarios y 1 con accidentes en transporte marítimo (Gráfico 11).

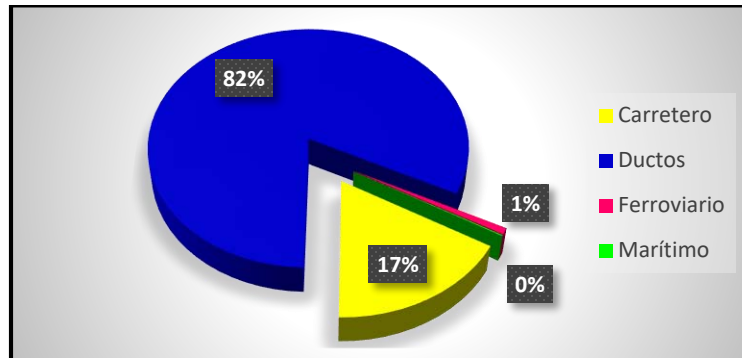


Gráfico 11. Accidentes químicos en transporte. Fuente: Elaboración propia.

#### a) EMERGENCIAS EN TRANSPORTE CARRETERO

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, la red de carreteras consta de 378,923 Km de los cuales solo el 39% se encuentran pavimentados, 38% tienen revestimientos, 3% son terracerías y 20% son brechas mejoradas (SCT,2014). La participación de este tipo de transporte en la movilización de sustancias químicas corresponde a 515,080 millones de toneladas, lo cual representa un 56% de la carga total anual (ANIQ, 2014).

Según los indicadores anuales de la Secretaría de Comunicación y Transportes, se reporta la existencia de 395,552 unidades motrices y 367,051 unidades de arrastre (vehículo de transporte de mercancía que requiere una unidad motriz para su movilización), todas ellas destinadas al autotransporte de carga; sin embargo el promedio de antigüedad de las unidades es de 15.94 años, lo que representa gran cantidad de vehículos antiguos que por sus condiciones elevan el riesgo de emergencias (SCT, 2014).

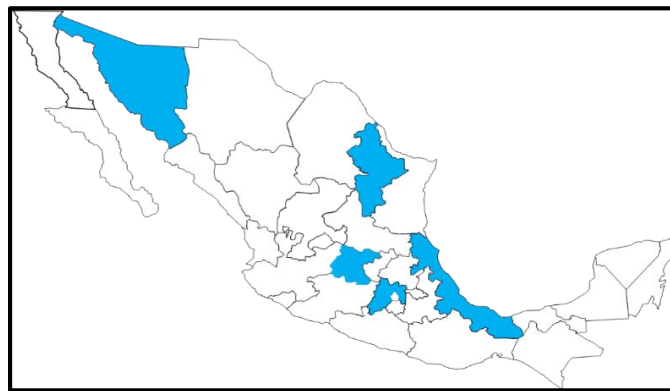
Las entidades federativas con mayor densidad de red carretera (Km/100 Km<sup>2</sup>) son: Tlaxcala, México, Morelos, Hidalgo y Aguascalientes que abarcan gran parte de la zona centro del país.





La policía federal puede sancionar a transportistas por transgredir el reglamento de transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos en caminos y puentes nacionales, entre las cuales en 2014 destacaron 255 infracciones por no portar permisos para el transporte de materiales y residuos peligrosos, 52 infracciones para unidades con indebido acondicionamiento de la carga, 22 más por transportar personas no relacionadas con el transporte y 18 infracciones por realizar paradas no permitidas.

En el gráfico 12 se muestran resaltados en azul los estados de la república que registran mayor número de emergencias químicas en su territorio durante 2014. Se presentaron 141 emergencias; los estados de la república son Guanajuato y México con 9 emergencias cada uno, Nuevo León con 14 casos, Sonora con 11 y Veracruz con 13; juntos aportan el 40% del total de los eventos carreteros.



**Gráfico 12.** Principales estados afectados por emergencias en transporte carretero. **Fuente:** Elaboración propia.

En las emergencias químicas en transporte las sustancias y materiales peligrosos con mayor incidencia se muestran en el gráfico 13, juntas abarcan el 64% de los casos.

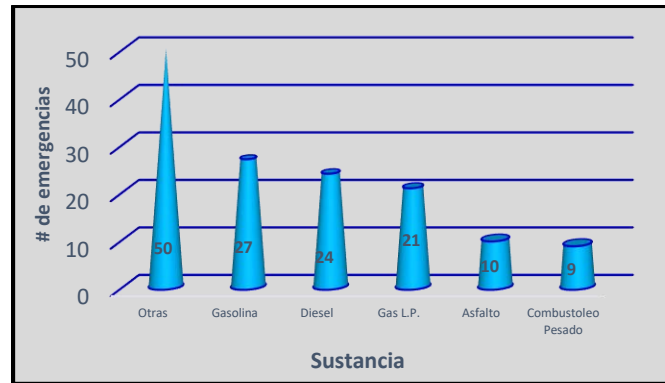


Gráfico 13. Sustancias principalmente involucradas en emergencias en transporte carretero. Fuente: Elaboración propia.

## b) EMERGENCIAS EN DUCTOS TERRESTRES

La red de ductos de la República Mexicana pertenece a la empresa paraestatal Petróleos Mexicanos (PEMEX). Sus 12,678 Km de ductos se distribuyen en 16 sectores, los cuales se desglosan por el producto que transportan de la siguiente forma:

9,037 Km transportan gas natural; 1,815 Km transportan gas L.P.; 1,294 Km de petroquímicos básicos (Etano, Hexano, Naftas, Metano, etc.); 490 de petroquímicos secundarios (propileno, vencion, xileno, azufre, etc.) y 40 km que transportan agua. Dichos sistemas de transporte por ductos están integrados por 15 estaciones de compresión, 5 estaciones de bombeo y 9 interconexiones internacionales (PEMEX, 2015).

Los estados con mayor número de emergencias por ducto corresponden a los señalados con color verde en el gráfico 14: Guanajuato con 209 casos, Puebla con 53 emergencias, Tabasco con 78 casos, Tamaulipas con 36 y finalmente Veracruz con 75 emergencias. Juntos registran el 66% de las emergencias por ductos en todo el país.



Gráfico 14. Estados con mayor número de emergencias en ductos. Fuente: Elaboración propia.

Las 680 emergencias reportadas en ductos involucraron 13 sustancias diferentes de acuerdo al gráfico 15, juntas representan el 95% del total de los casos.

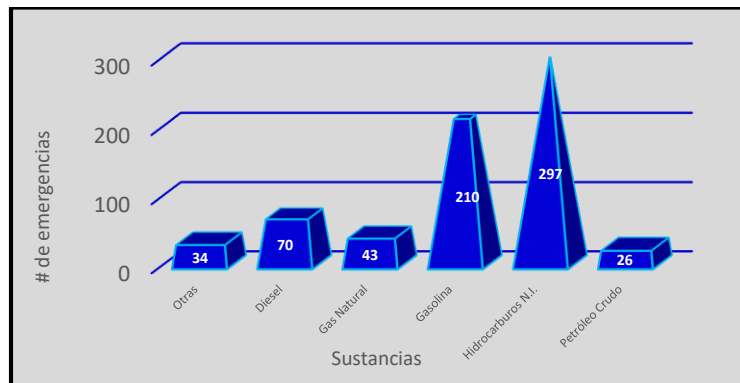


Gráfico 15. Sustancias principalmente involucradas en emergencias por ducto. Fuente: Elaboración propia.

### c) EMERGENCIAS EN TRANSPORTE FERROVIARIO

La red ferroviaria nacional consta de 26,727 km que se divide en 20,722 km de vías principales, 4,450 km de vías secundarias y 1,555 km son vías particulares (SCT, 2014).

La mayor parte de la red es operada por compañías privadas como son:

- Kansas City Southern de México
- Grupo Ferroviario Mexicano, S.A. de C.V.
- Ferrosur, S.A. de C.V.
- Línea Coahuila-Durango, S.A. de C.V.



- Compañía de Ferrocarriles Chiapas-Mayab, S.A. de C.V.
- Ferrocarril y Terminal del Valle de México, S.A. de C.V.
- Administración Vía Corta Tijuana-Tecate

Y solo una empresa para estatal:

- Ferrocarril del Istmo de Tehuantepec, S.A. de C.V.

Durante 2014 se transportaron alrededor de 116,937 millones de toneladas de productos químicos en todo el país, esto es un 13% del total de materiales transportados. (ANIQ, 2014).

Solo hubo 7 incidentes ferroviarios a lo largo de 2014, en el gráfico 16 se muestran los estados de la republica afectados: Veracruz con 2 emergencias y Chihuahua, Guanajuato, Nuevo León, San Luis Potosí y Zacatecas con una emergencia cada uno.

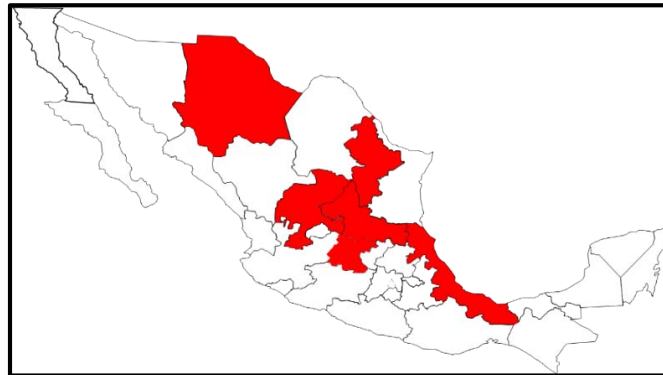


Gráfico 16. Estados afectados por emergencias en transporte ferroviario. Fuente: Elaboración propia.

Las sustancias peligrosas involucradas se muestran en el gráfico 17.

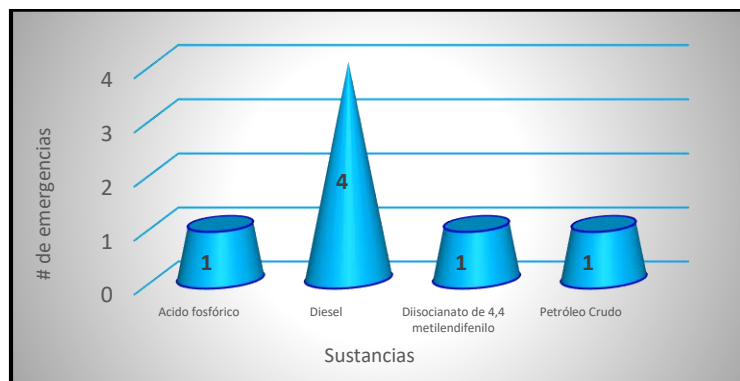


Gráfico 17. Sustancias involucradas en emergencias ferroviarias. Fuente: Elaboración propia.



#### d) EMERGENCIAS EN TRANSPORTE MARÍTIMO

México cuenta con una infraestructura portuaria de 172,161 m de obras de protección (diques y contradiques que crean un área protegida ante el oleaje), 211,651 m de obras de atraque (muelles, plataformas, pantanales, entre otros que permiten acercar los buques a tierra) y 7, 827,252 m<sup>2</sup> de áreas de almacenamiento; también cuenta con 58 puertos en las costas del Pacífico y 59 en las costas del Golfo y Caribe.

Se cuentan con 40 buques de carga líquida, 4 graneleros, 243 buques de carga seca, 10 buques especializados, 26 para carga general y 207 de barcazas (SCT, 2014).

Adicionalmente PEMEX cuenta con 9,077 pozos en explotación, 258 plataformas marinas y 18 buquetanques, (PEMEX, 2014).

La participación de este tipo de transporte para la movilización de materiales y sustancias químicas fue de 286,133 millones de toneladas, que representa el 31% del total registrado en 2014. (ANIQ, 2014), de los cuales el 42% transporta Petróleo y derivados, 27% maneja carga de granel mineral, 5% carga material granel agrícola y el 26% otros materiales (SCT, 2014).

Este mismo año se presentó solo una emergencia por transporte marítimo; el cuerpo de agua afectado fue el Pacífico Centro, la cual involucró combustóleo pesado.

#### 4.3.2 Emergencias químicas en plantas.

De acuerdo a lo reportado por la ANIQ, en 2014 la actividad industrial aumentó un 3% respecto al año anterior. Las cifras señalan que la construcción creció un 6.8%, la minería disminuyó 6.2%, el sector manufacturero se incrementó en un 5.7% y la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos creció 2.3%.



Es indispensable reconocer que en el sector químico el riesgo es inherente ya sea por la utilización de materiales peligrosos sometidos a condiciones extremas en equipos sofisticados requeridos para obtener el mayor rendimiento de transformación. Dentro de las etapas que se llevan a cabo en una planta química podemos mencionar los siguientes:

- Alimentación. Se introduce la materia prima en el proceso
- Producción. Comienza la transformación de la materia prima en el producto final.
- Descarga. El producto final se descarga en tuberías, tanques de almacenamiento u otros equipos para su comercialización y distribución.
- Almacenamiento. En caso de requerirse, el producto final se almacena en diversos contenedores a la espera de sus diversos usos.
- Extracción. Esta etapa no es considerada por la PROFEPA, sin embargo se utilizara para el presente trabajo debido al número de accidentes en pozos petroleros en donde se registran eventos en la extracción de la materia prima.

Como se muestra en el gráfico 18, los estados con mayor número de emergencias químicas en plantas son Veracruz, Tamaulipas, México, Guanajuato, Tabasco, Sonora y Chihuahua. Juntos registran el 60.6% de las emergencias en planta en el año de estudio.

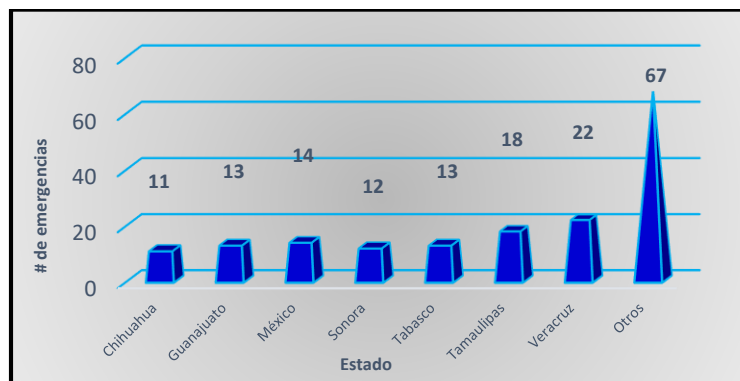


Gráfico 18. Estados con más emergencias químicas en planta. Fuente: Elaboración propia.



De los 170 casos registrados en plantas químicas en el año de estudio, las sustancias más involucradas se muestran en el gráfico 19 las cuales fueron: aceites no identificados, agua congénita, amoniaco, cianuro de sodio, gas L.P., gasolina, hidrocarburos no identificados, jales mineros, petróleo crudo, plásticos no identificados, pólvora y residuos peligrosos.

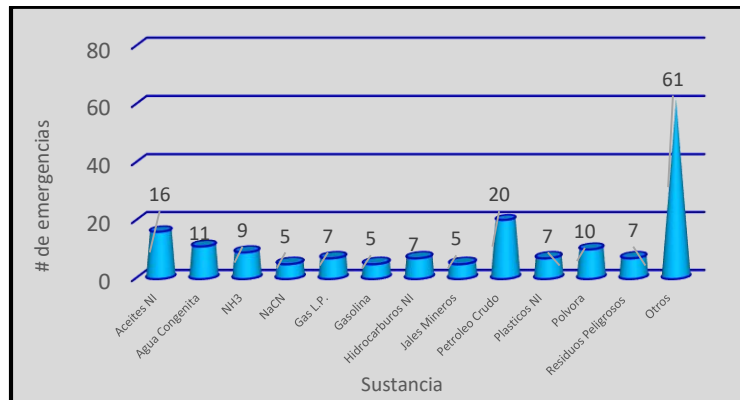


Gráfico 19. Sustancias más involucradas en emergencias en plantas químicas. Fuente: Elaboración propia.

A continuación en la tabla 8 se muestran las emergencias registradas por tipo de evento y por etapa de proceso afectada.

Tabla 8. Número de emergencias químicas en plantas por eventos y etapa de proceso.

| Tipo de evento | # de emergencias | Etapa de proceso | # de emergencias |
|----------------|------------------|------------------|------------------|
| Derrames       | 81               | Almacenamiento   | 58               |
| Explosiones    | 18               | Descarga         | 11               |
| Fugas          | 23               | Desconocida      | 4                |
| Incendios      | 47               | Extracción       | 6                |
| Otros          | 1                | Otros            | 6                |
| -              | -                | Producción       | 85               |

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4 Sustancias involucradas: los 10 materiales más incidentes.

Todo material o sustancia que ponga en riesgo la salud y seguridad de personas, trabajadores y/o algún ecosistema se considera peligrosa. La probabilidad de que se manifieste el riesgo al manipularlo depende de las propiedades fisicoquímicas de



cada material ya que las condiciones varían en cada tipo de transporte y en los diversos procesos donde son utilizadas.

Es por esto que se creó un sistema de comunicación de riesgo para la identificación de cada sustancia que permita tomar las mejores medidas de seguridad a la hora de su manejo. Las principales herramientas con las que se cuenta para el manejo de materiales peligrosos son:

- Símbolos e indicaciones de peligro de las sustancias.
- Rombos de seguridad.
- Hojas de Seguridad (HDS) o MSDS por sus siglas en ingles.

Hablando de cada uno de los instrumentos de información, primero mencionaremos que los símbolos e indicaciones de peligro de las sustancias y preparados, muestran las características fisicoquímicas de los materiales presentes (INSHT, 2016), siendo los iconogramas identificados en la figura 14.

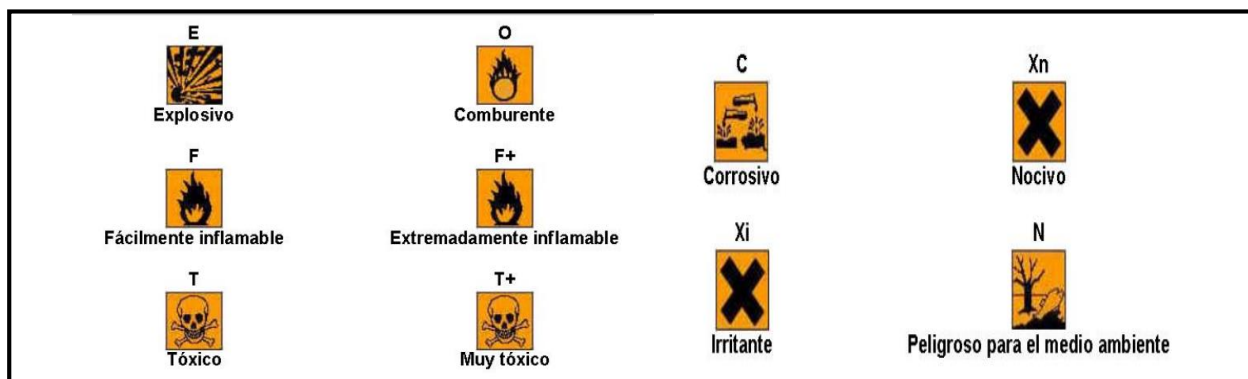


Figura 14. Símbolos e indicaciones de peligro de sustancias y preparados químicos. Fuente: INSHT, 2016.

La National Fire Protection Association estableció su norma NFPA 704, para identificar los riesgos de materiales peligrosos, en México su equivalente corresponde a la NOM-018-STPS, la cual se basa en 4 colores para comunicar cuando un material peligroso y utiliza números del 0 al 4 siendo 0 el menor nivel de peligrosidad y 4 el máximo nivel de riesgo, estos dentro de una sección del rombo de 4 colores diferentes; azul para riesgo a la salud, rojo para inflamables, amarillo para reactividad y blanco para riesgos especial.





A continuación la figura 15 muestra un ejemplo del uso del diamante:

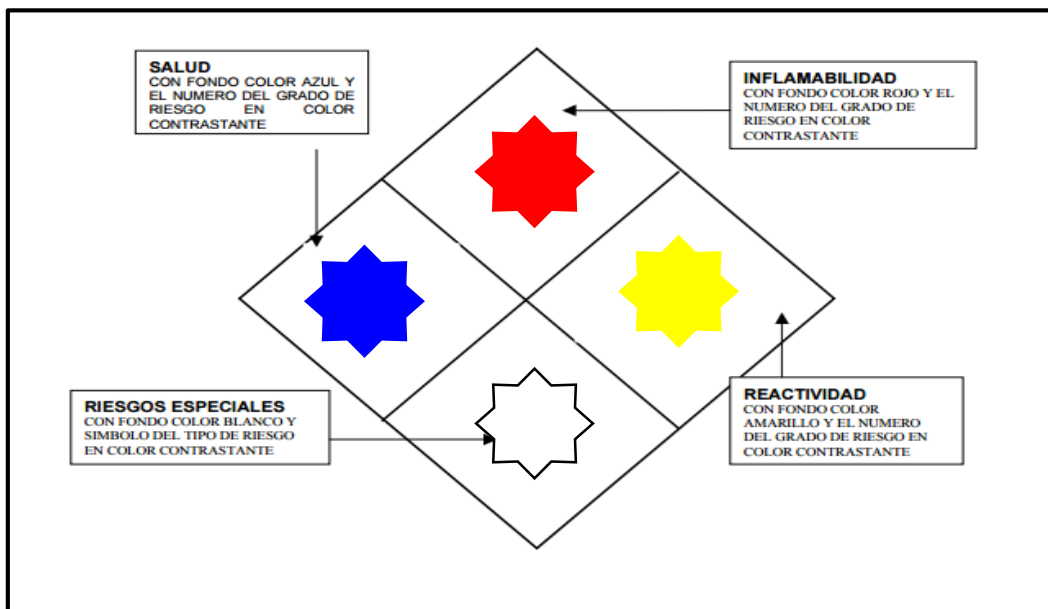


Figura 15. Rombo de seguridad de materiales peligrosos. Fuente: NOM-018-STPS, 2000.

Finalmente se encuentran las HDS, esta es una de las mejores herramientas para la atención de emergencias con materiales peligrosos ya que contienen información de las condiciones de seguridad e higiene necesarias para el manejo de las sustancias químicas peligrosas (STPS, 2000). Este documento engloba también rombos de seguridad y la información para el transporte seguro de los materiales.

Las secciones con las que debe contar este documento son las siguientes:

SECCION I. Datos generales (fecha de elaboración, fecha de actualización, nombre o razón social de quien la elabora, nombre y domicilio del fabricante, persona física o moral con quien comunicarse y teléfono de emergencia).

SECCION II. Datos de la sustancia química peligrosa (nombre designado por la IUPAC, nombre comercial, familia química, sinónimos).

SECCION III. Datos de identificación de la sustancia química (numero CAS, numero ONU, límite máximo permisible de exposición, valor de IPVS, clasificación de grado de riesgo).

SECCION IV. Datos de propiedades físicas y químicas.



SECCION V. Datos de los riesgos de fuego o explosión.

SECCION VI. Datos de reactividad.

SECCION VII. Riesgos a la salud.

SECCION VIII. Indicaciones en caso de fuga o derrame.

SECCION IX. Protección especial para situaciones de emergencia

SECCION X. Datos de la información sobre transportación.

SECCION XI. Datos de la información sobre ecología.

SECCION XII. Precauciones especiales.

Tomando en cuenta las características fisicoquímicas de los materiales, se elaboró la tabla 9 donde se analizan las sustancias involucradas en emergencias del periodo bajo estudio dividiéndose en las siguientes categorías:

Tabla 9. Clasificación de sustancias y materiales involucrados en emergencias químicas.

| Grupo                | Sustancias              | Grupo  | Sustancias                             | Grupo                          | Sustancias   |               |                         |
|----------------------|-------------------------|--|--|--------------------------------|--|---------------|-------------------------|
| Ácidos               | Ácidos no identificados | Azufrados  | Azufre (s)                             | Hidrocarburos gases            | Gas L.P.   |               |                         |
|                      | Ácido acético           |  | Dióxido de azufre                      |                                | Gas natural  |               |                         |
|                      | Ácido cianhídrico       | Cianurados   | Cianuros no identificados (disolución) | Metales                        | Acumuladores automotrices (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -Pb) |               |                         |
|                      | Ácido cítrico           |  | Cianuro de sodio                       |                                | Metales no identificados                                       |               |                         |
|                      | Ácido clorhídrico       |  | Diisocianato de 4,4 metil difenilo     |                                | Sulfato de cobre (disolución)                                  |               |                         |
|                      | Ácido fórmico           |  | Jales mineros                          |                                | Sulfato de zinc (disolución)                                   |               |                         |
|                      | Ácido fosfórico         | Halogenados  | Clorodinitrobenceno                    | Orgánicos gases                | Zinc (s)   |               |                         |
|                      | Ácido nítrico           |  | Cloruro de didecil dimetil amonio      |                                | Butano   |               |                         |
|                      | Ácido sulfúrico         |  | Productos agroquímicos                 |                                | Solventes  |               |                         |
|                      | Alcoholes               | Acumuladores automotrices (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -Pb) | Hidrocarburos líquidos                 | Aceites no identificados       | Orgánicos líquidos   | Trimetilamina |                         |
| Alcohol isopropílico |                         | Agua congénita   |  | Ciclohexano                    |  |               |                         |
| Etilenglicol         |                         | Alquitrán de hulla   |  | Formaldehido                   |  |               |                         |
| Metanol              |                         | Asfalto  |  | Lodos residuales (Semisólido)  |  |               |                         |
| Xilol                |                         | Combustóleo pesado   |  | Malation                       |  |               |                         |
| Amoniacaes           | Amoniaco anhidro        |  |  | Diésel                         |  |               | Metilterbutileter       |
|                      | Fertilizantes           |  |  | Gasolina                       |  |               | Solventes               |
|                      | Hidróxido de amonio     |  |  | Hidrocarburos no identificados |  |               | Terfenilos              |
|                      | Nitrato de amonio       |  |  | Lodos de emulsión inversa      |  |               | Tolueno                 |
|                      | Productos agroquímicos  |  |  | Petróleo crudo                 |  |               | Vitaminas para animales |
|                      |                         |  | Turbosina                              |                                |  |               |                         |



Tabla 9. Continuación.

| Grupo          | Sustancias                      | Grupo         | Sustancias            | Grupo     | Sustancias                 |
|----------------|---------------------------------|---------------|-----------------------|-----------|----------------------------|
| Otros gases    | Cloro                           | Otros sólidos | Desechos industriales | Polímeros | Hule                       |
|                | Gas pimienta                    |               | Desechos electrónicos |           | Estireno                   |
|                | Hidrógeno                       |               | Dióxido de silicio    |           | Impermeabilizantes         |
|                | Monóxido de carbono             |               | Drogas                |           | Plásticos no identificados |
|                | Nitrógeno                       |               | Pólvora               |           | Poliestireno               |
|                | Oxígeno                         |               | Residuos peligrosos   |           | Polietilentereftalato      |
|                | Gases de chimenea               |               |                       |           | Poliuretano                |
| Otros líquidos | Hidróxido de sodio              |               |                       |           |                            |
|                | Productos químicos desconocidos |               |                       |           |                            |
|                | Residuos peligrosos             |               |                       |           |                            |
|                | Silicato de sodio (ac)          |               |                       |           |                            |

Fuente: Elaboración propia.

De estos grupos usados como criterios de clasificación de sustancias y materiales químicos se muestra a continuación en la tabla 10 en orden descendente los grupos más involucrados en emergencias químicas con afectaciones al ambiente:

Tabla 10. Grupos de sustancias con mayor número de emergencias químicas involucradas.

| Lugar | Grupo                  | # de Emergencias |
|-------|------------------------|------------------|
| 1     | Hidrocarburos líquidos | 785              |
| 2     | Hidrocarburos gases    | 152              |
| 3     | Otros sólidos          | 26               |
| 4     | Amoniacales            | 25               |
| 5     | Ácidos                 | 24               |
| 6     | Polímeros              | 19               |
| 7     | Cianurados             | 15               |
| 8     | Orgánicos líquidos     | 11               |
| 9     | Otros gases            | 11               |
| 10    | Otros líquidos         | 9                |
| 11    | Metales                | 6                |
| 12    | Alcoholes              | 5                |
| 13    | Azufrados              | 3                |
| 14    | Halogenados            | 3                |
| 15    | Orgánicos gases        | 3                |

Fuente: Elaboración propia.

Haciendo una integración del análisis de las emergencias se realizó la tabla 11 donde se observa claramente las 5 sustancias más involucradas por tipo de medio (terrestre-marítimo), tipo de evento (derrame-explósión-fuga-incendio), tipo de



ubicación (transporte-planta) y finalmente por etapa involucrada (carretero, ducto, ferroviario y marítimo en caso de transporte, almacenamiento, descarga, extracción y producción para el caso de las plantas).

Tabla 11. Sustancias más involucradas por categorías.

| Medio     | Evento    | Ubicación            | Etapas    | Sustancias más involucradas       | Estado Físico | # de emergencias |
|-----------|-----------|----------------------|-----------|-----------------------------------|---------------|------------------|
| Terrestre | -         | -                    | -         | 1. Hidrocarburos no identificados | liquido       | 307              |
|           |           |                      |           | 2. Gasolinas                      | liquido       | 247              |
|           |           |                      |           | 3. Diésel                         | liquido       | 100              |
|           |           |                      |           | 4. Gas L.P.                       | gas           | 100              |
|           |           |                      |           | 5. Gas natural                    | gas           | 45               |
| Marítimo  | -         | -                    | -         | 1. Petróleo crudo                 | liquido       | 6                |
|           |           |                      |           | 2. Gas natural                    | gas           | 4                |
|           |           |                      |           | 3. Aceite                         | liquido       | 1                |
|           |           |                      |           | 4. Combustóleo pesado             | liquido       | 1                |
|           |           |                      |           | 5. Hidrocarburos no identificados | liquido       | 1                |
| -         | Derrame   | -                    | -         | 1. Hidrocarburos no identificados | liquido       | 303              |
|           |           |                      |           | 2. Gasolina                       | liquido       | 238              |
|           |           |                      |           | 3. Diésel                         | liquido       | 98               |
|           |           |                      |           | 4. Petróleo crudo                 | liquido       | 44               |
|           |           |                      |           | 5. Aceite                         | liquido       | 21               |
| -         | Explosion | -                    | -         | 1. Gas L.P.                       | gas           | 16               |
|           |           |                      |           | 2. Pólvora                        | solido        | 14               |
|           |           |                      |           | 3. Hidróxido de amonio            | liquido       | 1                |
|           |           |                      |           | 4. Clorodinitrobenzeno            | liquido       | 1                |
|           |           |                      |           | 5. Oxígeno                        | gas           | 1                |
| -         | Fuga      | -                    | -         | 1. Gas L.P.                       | gas           | 73               |
|           |           |                      |           | 2. Gas natural                    | gas           | 46               |
|           |           |                      |           | 3. Amoniaco anhidro               | gas           | 18               |
|           |           |                      |           | 4. Cloro                          | gas           | 4                |
|           |           |                      |           | 5. Hidrogeno                      | gas           | 2                |
| -         | Incendio  | -                    | -         | 1. Gas L.P.                       | gas           | 8                |
|           |           |                      |           | 2. Plásticos no identificados     | solido        | 8                |
|           |           |                      |           | 3. Gasolina                       | liquido       | 7                |
|           |           |                      |           | 4. Residuos peligrosos            | solido        | 6                |
|           |           |                      |           | 5. Hidrocarburos no identificados | liquido       | 5                |
| -         | -         | Transporte (General) | -         | 1. Hidrocarburos no identificados | liquido       | 299              |
|           |           |                      |           | 2. Gasolina                       | liquido       | 237              |
|           |           |                      |           | 3. Diésel                         | liquido       | 98               |
|           |           |                      |           | 4. Gas natural                    | gas           | 43               |
|           |           |                      |           | 5. Gas L.P.                       | gas           | 35               |
| -         | -         | Transporte           | Carretero | 1. Gasolina                       | liquido       | 27               |
|           |           |                      |           | 2. Diésel                         | liquido       | 24               |
|           |           |                      |           | 3. Gas L.P.                       | gas           | 21               |
|           |           |                      |           | 4. Asfalto                        | liquido       | 10               |
|           |           |                      |           | 5. Combustóleo pesado             | liquido       | 9                |



Tabla 11. Continuación

| Medio | Evento | Ubicación         | Etapa          | Sustancias más involucradas            | Estado Físico | # de emergencias |
|-------|--------|-------------------|----------------|--|---------------|------------------|
| -     | -      | Transporte        | Ducto          | 1. Hidrocarburos no identificados      | liquido       | 297              |
|       |        |                   |                | 2. Gasolina                            | liquido       | 210              |
|       |        |                   |                | 3. Diésel                              | liquido       | 70               |
|       |        |                   |                | 4. Gas natural                         | gas           | 43               |
|       |        |                   |                | 5. Petróleo crudo                      | liquido       | 26               |
| -     | -      | Transporte        | Ferroviario    | 1. Diésel                              | liquido       | 4                |
|       |        |                   |                | 2. Petróleo crudo                      | liquido       | 1                |
|       |        |                   |                | 3. Ácido fosfórico                     | liquido       | 1                |
|       |        |                   |                | 4. Diisocianato de 4,4 metilendifenilo | liquido       | 1                |
| -     | -      | Transporte        | Marítimo       | 1. Combustóleo pesado                  | liquido       | 1                |
| -     | -      | Plantas (General) | -              | 1. Petróleo crudo                      | liquido       | 20               |
|       |        |                   |                | 2. Aceite                              | liquido       | 16               |
|       |        |                   |                | 3. Agua congénita                      | liquido       | 11               |
|       |        |                   |                | 4. Pólvora                             | solido        | 10               |
|       |        |                   |                | 5. Amoníaco anhidro                    | gas           | 9                |
| -     | -      | Plantas           | Almacenamiento | 1. Residuos peligrosos                 | solido        | 6                |
|       |        |                   |                | 2. Plásticos no identificados          | solido        | 5                |
|       |        |                   |                | 3. Aceite                              | liquido       | 5                |
|       |        |                   |                | 4. Cianuro de sodio                    | liquido       | 3                |
|       |        |                   |                | 5. Jales mineros                       | liquido       | 3                |
| -     | -      | Plantas           | Descarga       | 1. Agua congénita                      | liquido       | 2                |
|       |        |                   |                | 2. Gas L.P.                            | gas           | 2                |
|       |        |                   |                | 3. Petróleo crudo                      | liquido       | 2                |
|       |        |                   |                | 4. Xilol                               | liquido       | 1                |
|       |        |                   |                | 5. Cloro                               | gas           | 1                |
| -     | -      | Plantas           | Extracción     | 1. Petróleo crudo                      | liquido       | 3                |
|       |        |                   |                | 2. Aceite                              | liquido       | 2                |
|       |        |                   |                | 3. Lodos de emulsión inversa           | liquido       | 1                |
| -     | -      | Plantas           | Producción     | 1. Petróleo crudo                      | liquido       | 12               |
|       |        |                   |                | 2. Pólvora                             | solido        | 10               |
|       |        |                   |                | 3. Amoníaco anhidro                    | gas           | 8                |
|       |        |                   |                | 4. Agua congénita                      | liquido       | 7                |
|       |        |                   |                | 5. Aceite                              | liquido       | 7                |

Fuente: Elaboración propia.

Como se mencionó, nuestro trabajo tiene como objetivo principal realizar el análisis de las emergencias por producto químico involucrado. A continuación la tabla 12 muestra la lista de los productos más involucrados durante 2014.



Tabla 12. Productos químicos mayormente involucrados en emergencias.

| Lugar | Sustancia / Material                                | # De Emergencias |
|-------|---|------------------|
| 1     | Hidrocarburos no identificados                      | 310              |
| 2     | Gasolina  | 248              |
| 3     | Gas L.P.  | 101              |
| 4     | Diésel  | 101              |
| 5     | Gas natural   | 51               |
| 6     | Petróleo crudo                                      | 50               |
| 7     | Aceites diversos (Automotriz, de maquinarias, etc.) | 26               |
| 8     | Agua congénita                                      | 20               |
| 9     | Amoniaco anhidro                                    | 20               |
| 10    | Pólvora   | 14               |
| 11    | Combustóleo pesado                                  | 11               |
| 12    | Asfalto   | 10               |
| 13    | Ácido sulfúrico                                     | 9                |

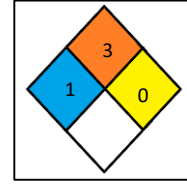
Fuente: Elaboración propia.

En el caso de hidrocarburos no identificados, no se tomará en cuenta la descripción ya que este engloba todos los hidrocarburos líquidos pero debido a la escasa información de los reportes no se identificó la sustancia. Para los aceites diversos, al no saber si son vegetales, inorgánicos u de otra fuente, solo se mencionará en la tabla, sin hacer el análisis como un producto químico debido a la falta de información de los reportes. Finalmente en el caso del agua congénita al ser un subproducto (agua con hidrocarburos), solo se considera en las estadísticas sin el análisis de sus propiedades.

Desafortunadamente la información de los reportes de emergencias químicas hasta 2015 no marcaba como obligatorio la cuantificación de material liberado por lo que solo 214 emergencias de las 1086, esto es un 20% especifica la cantidad de material liberado ya sea en Kilogramos para sólidos y gases, así como en m<sup>3</sup> para líquidos.



## 1. GASOLINA



- **# de emergencias:** 248
- **Estado físico:** Líquido
- **Grupo:** Hidrocarburos líquidos
- **# UN:** 1203
- **Clase de riesgo de transporte SCT:** Clase 3, "Líquidos Inflamables"
- **Composición:** 35% aromáticos, 15% olefinas, 2% benceno, 2.7% oxígeno.
- **Descripción:** Mezcla de hidrocarburos parafinados de cadena recta y ramificada, olefinas, ciclo parafinas y aromáticos, que se obtienen del petróleo.  
Extremadamente inflamable, puede incendiarse a temperatura normal, sus vapores son más pesados que el aire por lo que se dispersan y concentran en las zonas bajas. La acumulación de vapores que alcancen una fuente de ignición puede provocar una explosión. Trapos y materiales similares contaminados con este producto que se almacenen en espacios cerrados pueden sufrir combustión espontánea. Los recipientes que hayan almacenado este producto pueden contener residuos del mismo por lo que no deben presurizarse, calentarse, cortarse, soldarse o exponerse a alguna fuente de ignición. (PEMEX, 2016).
- **Incompatibilidad:** Evitar fuentes de ignición y oxidantes fuertes (peróxidos, ácido nítrico, percloratos, etc.)

Cuando esta sustancia se libera al ambiente, se deben disponer los productos y materiales contaminados usados en maniobras de limpieza de fugas o derrames. El suelo y los materiales afectados deberán recibir tratamiento y/o disposición correspondiente de acuerdo a lo establecido en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), el Reglamento de la LGPGIR y la NOM-138-SEMARNAT/SS-2003.



Cuando el derrame no excede a 1 m<sup>3</sup>, se deben aplicar de manera inmediata acciones para minimizar o limitar su dispersión o recogerlos y realizar la limpieza del sitio. En caso de exceder 1m<sup>3</sup>, se debe tratar de contener el material liberado, realizar la limpieza del sitio, avisar a la PROFEPA y autoridades competentes, ejecutar las medidas conforme a lo previsto en el Art. 72 de la LGPGIR, iniciar trabajos de caracterización del sitio contaminado y realizar acciones de remediación correspondiente.

La producción de esta sustancia en el año de estudio fue de alrededor de 421.6 miles de barriles diarios, 3.6% menos que en 2013; el volumen de ventas fue de 776.7 miles de barriles diarios, 1.3% menos que en 2013. (PEMEX, 2014).

En la tabla 13 se muestra un resumen de los datos más relevantes de emergencias químicas con gasolina

*Tabla 13. Resumen de emergencias químicas con gasolina.*

|                                       |                      | Estado                   | # de casos             |
|---------------------------------------|----------------------|--------------------------|------------------------|
| Estados más afectados                 |                      | Guanajuato               | 100                    |
|                                       |                      | Tabasco                  | 17                     |
|                                       |                      | Veracruz                 | 13                     |
|                                       |                      | Zacatecas                | 13                     |
|                                       |                      | Sinaloa                  | 12                     |
| Evento más común*                     |                      | Derrames                 | 238                    |
| Secuencia de encadenamiento más común |                      | Derrame-Incendio         | 11                     |
| Transporte más afectado               |                      | Ductos                   | 210                    |
| Etapa de planta más afectada          |                      | Almacenamiento           | 3                      |
| Clase de emergencia                   | # de casos           | Clase de emergencia      | # de casos             |
| Sencillas                             | 237                  | En encadenamiento        | 11                     |
| En transporte                         | 237                  | En planta                | 5                      |
| En otras instalaciones                | 5                    | En agua                  | 1                      |
| En aire                               | 6                    | En suelo                 | 214                    |
| En agua-suelo                         | 10                   | En aire-suelo            | 7                      |
| Volumen liberado                      | 1,079 m <sup>3</sup> | Área afectada registrada | 164,577 m <sup>2</sup> |

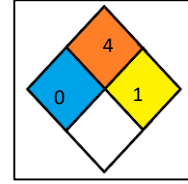
*\* Protocolo para atención de este tipo de emergencias se muestra en anexo II.*

*Fuente: Elaboración propia.*





## 2. GAS L.P.



- **# de emergencias:** 101
- **Fórmula:**  $C_3H_8 + C_4H_{10}$
- **Estado físico:** Gas
- **Grupo:** Hidrocarburos gases
- **#UN:** 1075
- **Clase de riesgo de transporte SCT:** Clase 2, Gas Inflamable
- **Composición:** Propano 60%, Butano 40%, Etil-mercaptano 0.0017%
- **Descripción:** Gas insípido e incoloro a temperatura y presión ambiente. Tiene un odorante que le proporciona un olor característico fuerte y desagradable. Este gas tiene un nivel de riesgo alto por lo cual se deben diseñar las instalaciones con estándares rigurosos. Cuando este gas se fuga a la atmosfera, vaporiza de inmediato, se mezcla con el aire y forma nubes inflamables y explosivas que al exponerse a una fuente de ignición producen un incendio o explosión desplazando al oxígeno disponible para respirar.
- **Incompatibilidad:** Mantenerse alejado de fuentes de ignición y calor intenso así como de oxidantes fuertes.

Este gas no es tóxico, es un asfixiante simple con propiedades ligeramente anestésicas que en altas concentraciones produce mareos.

El efecto de fugas de gas L.P. es local e instantáneo sobre la formación de oxidantes fotoquímicos en la atmósfera. El estado físico de este material hace que las afectaciones más importantes sean en el aire.

En la tabla 14 se muestra un resumen de los datos más relevantes de emergencias químicas con gas L.P.



Tabla 14. Resumen de emergencias químicas con gas L.P.

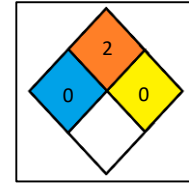
|                                       | Estado                               | # de casos               |                  |
|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|------------------|
| Estados más afectados                 | Ciudad de México                     | 18                       |                  |
|                                       | México                               | 15                       |                  |
|                                       | Veracruz                             | 9                        |                  |
|                                       | Sonora                               | 7                        |                  |
| Evento más común*                     | Fugas                                | 50                       |                  |
| Secuencia de encadenamiento más común | Fuga-explotión                       | 18                       |                  |
| Transporte más afectado               | Carretero                            | 21                       |                  |
| Etapa de planta más afectada          | Almacenamiento, descarga, producción | 2 c/u                    |                  |
| Clase de emergencia                   | # de casos                           | Clase de emergencia      | # de casos       |
| Sencillas                             | 76                                   | En encadenamiento        | 25               |
| En transporte                         | 35                                   | En planta                | 7                |
| En otras instalaciones                | 58                                   | En agua                  | 0                |
| En aire                               | 63                                   | En suelo                 | 6                |
| En agua-suelo                         | 0                                    | En aire-suelo            | 2                |
| Volumen liberado                      | 353 Kg                               | Área afectada registrada | 40m <sup>2</sup> |

\* Protocolo para atención de este tipo de emergencias se muestra en anexo III.

Fuente: Elaboración propia.



### 3. DIESEL.



- **# de emergencias:** 101
- **Estado físico:** Líquido
- **Grupo:** Hidrocarburos líquidos
- **#UN:** 1202
- **Clase de riesgo de transporte SCT:** Clase 3, Líquidos Inflamables.
- **Composición:** Aromáticos 30%, Azufre 500 mg/kg
- **Descripción:** Sus vapores pueden formar mezclas explosivas con el aire. Puede almacenar cargas electrostáticas debidas al flujo del movimiento, encenderse por calor, flama o chispas.
- **Incompatibilidad:** Evitar contacto con oxidantes fuertes como cloro líquido y oxígeno.

La producción de este material en 2014 fue de 286.6 miles de barriles diarios, esto es 8.6% menos que en 2013; sus ventas fueron de 389.4 miles de barriles diarios, 0.6% menos que en 2013 (PEMEX, 2014).

La tabla 15 muestra un resumen de los datos más relevantes de emergencias con diésel.

*Tabla 15. Resumen de emergencias químicas con diésel.*

|                                       | Estado           | # de casos |
|---------------------------------------|------------------|------------|
| Estados más afectados                 | Puebla           | 15         |
|                                       | Guanajuato       | 14         |
|                                       | Veracruz         | 9          |
| Evento más común*                     | Derrames         | 98         |
| Secuencia de encadenamiento más común | Derrame-incendio | 2          |
| Transporte más afectado               | Ducto            | 70         |
| Etapa de planta más afectada          | Almacenamiento,  | 2          |

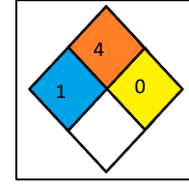
| Clase de emergencia          | # de casos         | Clase de emergencia      | # de casos             |
|------------------------------|--------------------|--------------------------|------------------------|
| Sencillas                    | 99                 | En encadenamiento        | 2                      |
| En transporte                | 98                 | En planta                | 2                      |
| En otras instalaciones       | 1                  | En agua                  | 0                      |
| En aire                      | 1                  | En suelo                 | 88                     |
| En agua-suelo                | 6                  | En aire-suelo            | 4                      |
| En agua-aire                 | 0                  | En agua-aire-suelo       | 1                      |
| Sin afectaciones al ambiente | 1                  | -                        | -                      |
| Volumen liberado             | 851 m <sup>3</sup> | Área afectada registrada | 753,783 m <sup>2</sup> |

*\* Protocolo para atención de este tipo de emergencias se muestra en anexo II.*

*Fuente: Elaboración propia.*



#### 4. GAS NATURAL.



- **# de emergencias:** 51
- **Formula química:**  $\text{CH}_4 + \text{C}_2\text{H}_6 + \text{C}_3\text{H}_8$
- **Estado físico:** Gas
- **Grupo:** Hidrocarburo gases
- **# UN:** 1971
- **Clase de riesgo de transporte SCT:** Clase 2, División 2.1 Gas Inflamable
- **Composición:** Metano 88%, Etano 9%, Propano 3%, Etilmercaptano 17-28 ppm.
- **Descripción:** Gas inflamable de menor densidad que el aire, inodoro, incoloro y sin sabor por lo cual se le administra el Etilmercaptano para detectar su presencia en caso de fugas. Se usa comúnmente en instalaciones domesticas e industriales así como carburante para motores de combustión interna. Debe manejarse a la intemperie o en sitios abiertos a la atmosfera para conseguir la inmediata disipación de fugas. Evitar el manejo en espacios confinados ya que desplaza al oxígeno disponible para respirar.
- **Incompatibilidad:** Evitar contacto con fuentes de ignición y calor intenso, así como de oxidantes fuertes con los cuales reacciona violentamente (Pentafloruro de bromo, Trifluoruro de cloro, cloro, flúor, heptafloruro de yodo, tetrafloroborato de dioxigenil, oxígeno líquido,  $\text{ClO}_2$ ,  $\text{NF}_3$ ,  $\text{OF}_2$ ).

La mezcla de aire y gas natural en condiciones ideales de homogeneidad, cuando hay menos de 4.5% y más de 14.5% de gas natural, estas mezclas no explotaran aun en presencia de una fuente de ignición, sin embargo debe desconfiarse de las mezclas cuyos contenidos se acerquen a la zona explosiva. En esta zona solo se



necesita una fuente de ignición para desencadenar un incendio o explosión como se muestra en la figura 16.

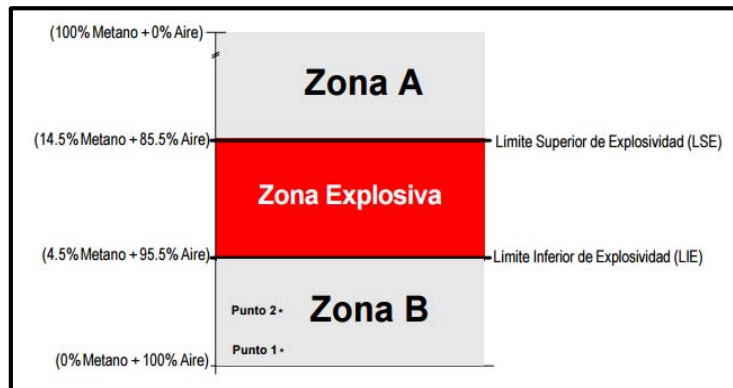


Figura 16. Zonas estables de mezcla Aire-Gas Natural. Fuente: Elaboración propia.

Al ser un gas más ligero que el aire, las fugas y emisiones se disipan rápidamente en las capas superiores de la atmósfera, dificultando la formación de mezclas explosivas en el aire. Además al quemarse produce bajos índices de contaminación respecto a otros combustibles.

En la tabla 16 se muestra un resumen de los datos más relevantes de emergencias químicas con gas natural.

Tabla 16. Resumen de emergencias químicas con gas natural.

|                                       | Estado                          | # de casos |
|---------------------------------------|---------------------------------|------------|
| Estados más afectados                 | Tamaulipas                      | 9          |
|                                       | Ciudad de México                | 9          |
|                                       | México                          | 6          |
|                                       | Chihuahua                       | 4          |
| Evento más común*                     | Fuga                            | 46         |
| Secuencia de encadenamiento más común | Fuga-explosión<br>fuga-incendio | 2 c/u      |
| Transporte más afectado               | Ducto                           | 46         |
| Etapas de planta más afectada         | Producción                      | 12         |

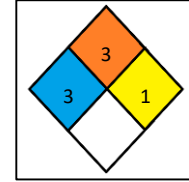
| Clase de emergencia          | # de casos | Clase de emergencia      | # de casos         |
|------------------------------|------------|--------------------------|--------------------|
| Sencillas                    | 47         | En encadenamiento        | 4                  |
| En transporte                | 47         | En planta                | 21                 |
| En otras instalaciones       | 3          | En agua                  | 3                  |
| En aire                      | 29         | En suelo                 | 8                  |
| En agua-suelo                | 1          | En aire-suelo            | 3                  |
| Sin afectaciones al ambiente | 7          | -                        | -                  |
| Volumen liberado             | 21 Kg      | Área afectada registrada | 350 m <sup>2</sup> |

\* Protocolo para atención de este tipo de emergencias se muestra en anexo IV.

Fuente: Elaboración propia.



## 5. PETROLEO CRUDO.



- **# de emergencias:** 50
- **Estado físico:** Líquido
- **Grupo:** Hidrocarburos líquidos
- **#UN:** 1267
- **Clasificación de transporte de SCT:** Clase 3, Líquido inflamable
- **Composición:** 0.7-6% Azufre, oxígeno, nitrógeno, mercaptano, dióxido de azufre, sulfuro de hidrógeno, sales minerales, entre otros componentes.
- **Descripción:** Líquido natural oleaginoso e inflamable, mezcla de hidrocarburos presentes en la naturaleza en lechos geológicos continentales o marítimos
- **Incompatibilidad:** Fuertes oxidantes como cloro, oxígeno, hipoclorito de sodio e hipoclorito de calcio, evitar fuentes de ignición.

A partir de esta sustancia se pueden realizar una variedad de productos petroquímicos muy importantes en la industria y en la vida cotidiana (Figura 17).

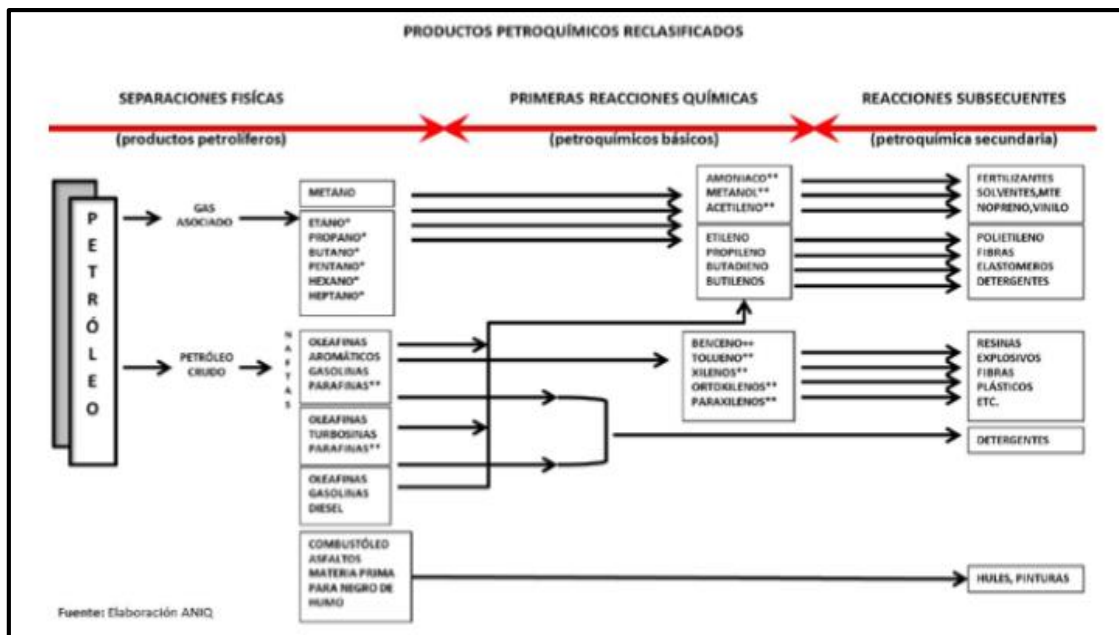


Figura 17. Productos derivados del petróleo crudo. Fuente: ANIQ, 2014.



La producción de esta sustancia en 2014 fue de 2,429 Mbd, 3.7% menos que en 2013, siendo las aguas territoriales la zona de mayor producción, seguido de Tabasco, Veracruz y Chiapas.

En la tabla 17 se muestra un resumen de los datos más relevantes de emergencias químicas con petróleo crudo.

Tabla 17. Resumen de emergencias químicas con petróleo crudo.

|                                       | Estado             | # de casos |
|---------------------------------------|--------------------|------------|
| Estados más afectados                 | Veracruz           | 22         |
|                                       | Tabasco            | 10         |
|                                       | Oaxaca             | 4          |
|                                       | Tamaulipas         | 4          |
| Evento más común*                     | Derrames           | 45         |
| Secuencia de encadenamiento más común | Explosion-incendio | 1          |
| Transporte más afectado               | Ducto              | 26         |
| Etapas de planta más afectada         | Producción         | 12         |

| Clase de emergencia          | # de casos        | Clase de emergencia      | # de casos            |
|------------------------------|-------------------|--------------------------|-----------------------|
| Sencillas                    | 49                | En encadenamiento        | 1                     |
| En transporte                | 28                | En planta                | 20                    |
| En otras instalaciones       | 2                 | En agua                  | 5                     |
| En aire                      | 0                 | En suelo                 | 36                    |
| En agua-suelo                | 5                 | En aire-suelo            | 1                     |
| En agua-aire                 | 0                 | En agua-aire-suelo       | 1                     |
| Sin afectaciones al ambiente | 2                 | -                        | -                     |
| Volumen liberado             | 76 m <sup>3</sup> | Área afectada registrada | 69,442 m <sup>2</sup> |

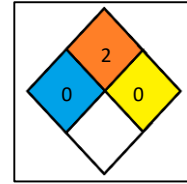
\* Protocolo para atención de este tipo de emergencias se muestra en anexo II.

Fuente: Elaboración propia.



## 6. AMONIACO ANHÍDRO

- **# de emergencias:** 20
- **Formula química:**  $\text{NH}_3$
- **Estado físico:** Gas
- **Grupo:** Amoniacales
- **# UN:** 1005
- **Clase de riesgo de transporte SCT:** Clase 2 Gas Tóxico.
- **Composición:** Nitrógeno 82.25%, Hidrógeno 17.75%
- **Descripción:** Gas incoloro con olor característico, muy soluble en agua. Tiene un efecto corrosivo frente a metales y tejidos. Puede arder bajo ciertas concentraciones en presencia de materiales combustibles. Es principalmente usado como fuente de nitrógeno en fertilizantes, como refrigerante en la industria manufacturera y como inhibidor en la refinación del petróleo.
- **Incompatibilidad:** Perclorato de magnesio, oxígeno, óxido de etileno, acetaldehído, compuestos halogenados, peróxido de hidrógeno, derivados del germanio, pentóxido de fosforo, trióxido de fosforo, ácido pícrico-metales.



El amoniaco es un producto versátil que participa en muchas ramas de la industria química como fertilizantes, refrigerantes, inhibidores, entre otros (Figura 18).

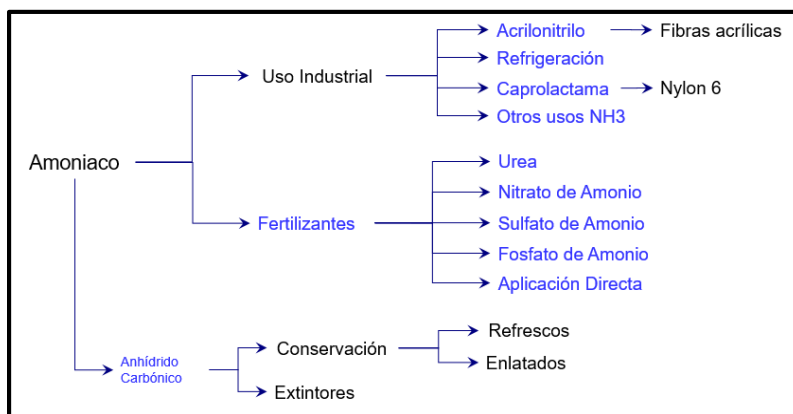


Figura 18. Derivados del amoniaco. Fuente: PEMEX PETROQUIMCA, 2012.





El volumen de producción del año en estudio se redujo en un 5.7% lo que representa un retraso de 7.2% en consumo nacional aparente (ANIQ, 2015).

Esta sustancia es muy tóxica para organismos acuáticos, al contacto con agua forma un precipitado de sales amoniacales, tóxicas para los organismos.

En la tabla 18 se muestra un resumen de los datos más relevantes de emergencias químicas con amoniaco anhidro.

**Tabla 18.** Resumen de emergencias químicas con amoniaco anhidro.

|                               | Estado           | # de casos |
|-------------------------------|------------------|------------|
| Estados más afectados         | Oaxaca           | 4          |
|                               | Sinaloa          | 4          |
|                               | Baja California  | 2          |
|                               | Ciudad de México | 2          |
| Evento más común*             | Fugas            | 19         |
| Transporte más afectado       | Ducto            | 4          |
| Etapas de planta más afectada | Producción       | 8          |

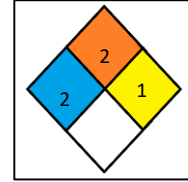
| Clase de emergencia          | # de casos | Clase de emergencia      | # de casos        |
|------------------------------|------------|--------------------------|-------------------|
| Sencillas                    | 20         | En encadenamiento        | 0                 |
| En transporte                | 6          | En planta                | 9                 |
| En otras instalaciones       | 5          | En agua                  | 1                 |
| En aire                      | 15         | En suelo                 | 1                 |
| En agua-suelo                | 0          | En aire-suelo            | 1                 |
| Sin afectaciones al ambiente | 2          | -                        | -                 |
| Volumen liberado             | 112 Kg     | Área afectada registrada | 40 m <sup>2</sup> |

\* Protocolo para atención de este tipo de emergencias se muestra en anexo V.

Fuente: Elaboración propia.



## 7. PÓLVORA



- **# de emergencias:** 14
- **Estado físico:** Sólido
- **Grupo:** Otros sólidos
- **# UN:** 0027
- **Clase de Riesgo de transporte SCT:** Clase 1 Explosivo.
- **Composición:** Mezcla homogénea de Nitrato de Potasio, Carbón y Azufre.
- **Descripción:** sólido gris en polvo, homogéneo y de grano fino, es soluble en agua y estable en condiciones normales de presión y temperatura.
- **Incompatibilidad:** Sustancias inflamables, elementos que generen chispa.

Es un material peligroso fabricado y usado formalmente por pocas empresas en México pero muy utilizado por talleres artesanales o clandestinos para la fabricación de armas y fuegos artificiales.

El manejo de la pólvora es delicado, puede explotar cuando está sujeta a fuego o golpes, su almacenamiento debe hacerse en bolsas de polietileno o recipientes de madera o cartón.

No se deben dejar en fuentes de calor cercanas o elementos que generen o conduzcan energía eléctrica.

Dependiendo la distancia a la que se encuentren de la explosión los daños pueden ser fatales, cuando el fuego es inminente se debe evacuar la zona de inmediato.

La combustión de este material genera gases nitrosos NO<sub>x</sub>, CO<sub>x</sub> y óxidos de azufre los cuales son dañinos al humano y al medio ambiente.

La tabla 19 se muestra un resumen de los datos más relevantes de emergencias con pólvora.



Tabla 19. Resumen de emergencias químicas con pólvora.

|                                       | Estado             | # de casos |
|---------------------------------------|--------------------|------------|
| Estados más afectados                 | México             | 5          |
|                                       | Guanajuato         | 2          |
|                                       | Oaxaca             | 2          |
|                                       | Puebla             | 2          |
| Evento más común*                     | Explosion          | 12         |
| Secuencia de encadenamiento más común | Explosion-incendio | 2          |
| Transporte más afectado               | -                  | -          |
| Etapas de planta más afectada         | Producción         | 10         |

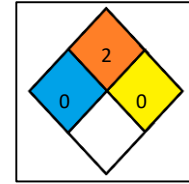
| Clase de emergencia          | # de casos | Clase de emergencia      | # de casos |
|------------------------------|------------|--------------------------|------------|
| Sencillas                    | 12         | En encadenamiento        | 2          |
| En transporte                | 0          | En planta                | 10         |
| En otras instalaciones       | 4          | En agua                  | 0          |
| En aire                      | 6          | En suelo                 | 1          |
| En agua-suelo                | 0          | En aire-suelo            | 1          |
| Sin afectaciones al ambiente | 7          | -                        | -          |
| Volumen liberado             | -          | Área afectada registrada | -          |

\* Protocolo para atención de este tipo de emergencias se muestra en anexo VI.

Fuente: Elaboración propia.



## 8. COMBUSTOLEO PESADO



- **# de emergencias:** 11
- **Estado físico:** Líquido
- **Grupo:** Hidrocarburos líquidos
- **# UN:** 1993
- **Clase de riesgo de transporte SCT:** Clase 3, Líquidos Inflamables
- **Composición:** Combustóleo, Azufre (4% en peso).
- **Descripción:** líquido oscuro viscoso con olor característico a hidrocarburo, insoluble en agua. Sus vapores pueden formar mezclas explosivas con el aire. Pueden viajar a una fuente de ignición y regresar con flama. Puede almacenar cargas electrostáticas debidas al flujo del movimiento, puede encenderse por calor, flama o chispas. Los contenedores pueden explotar cuando se calienta. Estable en condiciones normales.
- **Incompatibilidad:** Evitar contacto con oxidantes fuertes como cloro líquido y oxígeno.

La tabla 20 se muestra los datos más relevantes de emergencias con combustóleo pesado.

*Tabla 20. Resumen de emergencias químicas con combustóleo pesado.*

|                               | Estado    | # de casos |
|-------------------------------|-----------|------------|
| Estados más afectados         | Veracruz  | 3          |
|                               | Michoacán | 2          |
| Evento más común*             | Derrames  | 11         |
| Transporte más afectado       | Carretero | 9          |
| Etapas de planta más afectada | -         | -          |

| Clase de emergencia          | # de casos        | Clase de emergencia      | # de casos           |
|------------------------------|-------------------|--------------------------|----------------------|
| Sencillas                    | 11                | En encadenamiento        | 0                    |
| En transporte                | 11                | En planta                | 0                    |
| En otras instalaciones       | 0                 | En agua                  | 0                    |
| En aire                      | 6                 | En suelo                 | 6                    |
| En agua-suelo                | 2                 | En aire-suelo            | 1                    |
| Sin afectaciones al ambiente | 2                 | -                        | -                    |
| Volumen liberado             | 65 m <sup>3</sup> | Área afectada registrada | 2,534 m <sup>2</sup> |

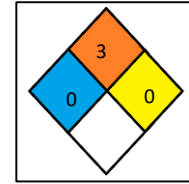
\* Protocolo para atención de este tipo de emergencias se muestra en anexo II.

Fuente: Elaboración propia



9. ASFALTO

- **# de emergencias:** 10
- **Estado físico:** Líquido
- **Grupo:** Hidrocarburos líquidos
- **# UN:** 1999
- **Clase de Riesgo de Transporte SCT:** Clase 3, Líquidos Inflamables
- **Composición:** Asfalto, Azufre 5.25%
- **Descripción:** Hidrocarburo líquido oscuro e inflamable, de olor característico a hidrocarburo de alto peso molecular dependientes del aceite crudo y procesos empleados en la refinación. Estable a condiciones ambientales. Se emplea para la pavimentación.
- **Incompatibilidad:** Evitar contacto con oxidantes fuertes como cloro líquido y oxígeno.



La tabla 21 se muestra los datos más relevantes de emergencias con asfalto.

Tabla 21. Resumen de emergencias químicas con asfalto.

|                                       | Estado                                  | # de casos |
|---------------------------------------|---|------------|
| Estados más afectados                 | Guanajuato                              | 3          |
| Evento más común*                     | Derrames                                | 6          |
| Secuencia de encadenamiento más común | Derrame-incendio<br>derrame-explotación | 1 c/u      |
| Transporte más afectado               | Carretero                               | 10         |
| Etapas de planta más afectada         | -                                       | -          |

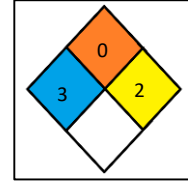
| Clase de emergencia          | # de casos         | Clase de emergencia      | # de casos         |
|------------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|
| Sencillas                    | 8                  | En encadenamiento        | 2                  |
| En transporte                | 10                 | En planta                | 0                  |
| En otras instalaciones       | 0                  | En agua                  | 1                  |
| En aire                      | 0                  | En suelo                 | 7                  |
| Sin afectaciones al ambiente | 2                  | -                        | -                  |
| Volumen liberado             | 151 m <sup>3</sup> | Área afectada registrada | 545 m <sup>2</sup> |

\* Protocolo para atención de este tipo de emergencias se muestra en anexo II.

Fuente: Elaboración propia.



## 10. ÁCIDO SULFÚRICO



- **# de emergencias:** 9
- **Formula química:**  $H_2SO_4$
- **Estado físico:** Liquido
- **Grupo:** Ácidos
- **# UN:** 1830
- **Clase de Riesgo de Transporte SCT:** Clase 8. Líquidos Corrosivos.
- **Composición:** Disolución 93-98% Ácido sulfúrico.
- **Descripción:** liquido incoloro higroscópico de olor característico, muy soluble en agua. Incombustible, en caso de incendio pueden formarse vapores tóxicos de  $SO_x$ . En contacto con metales puede formar hidrogeno gaseoso (explosivo).
- **Incompatibilidad:** Agua (genera reacciones exotérmicas), compuestos alcalinos, metales alcalinos, amoniaco, compuestos alcalinotérreos, soluciones alcalinas, ácidos, metales y sus aleaciones, fosforo, óxidos de fosforo, hidruros, halogenuros, halogenados,  $MnO_4$ , nitratos, carburos, disolventes orgánicos, sustancias inflamables, acetiluros, nitrilos, compuestos orgánicos nitrogenados, anilinas, peróxidos, picratos, nitruros, litio siliciuro.

La afectación al medio ambiente es de alto riesgo, en cuerpos de agua es agente toxico para todo organismo presente, en medio terrestre presenta nivel de riesgo medio.

La tabla 22 se muestra los datos más relevantes de emergencias con  $H_2SO_4$ .



Tabla 22. Resumen de emergencias químicas con ácido sulfúrico.

|                               | Estado                                | # de casos |
|-------------------------------|---------------------------------------|------------|
| Estados más afectados         | Sonora                                | 4          |
|                               | Guanajuato                            | 2          |
| Evento más común*             | Derrames                              | 9          |
| Transporte más afectado       | Carretero                             | 6          |
| Etapas de planta más afectada | Almacenamiento, producción y descarga | 1 c/u      |

| Clase de emergencia    | # de casos        | Clase de emergencia      | # de casos          |
|------------------------|-------------------|--------------------------|---------------------|
| Sencillas              | 9                 | En encadenamiento        | 0                   |
| En transporte          | 6                 | En planta                | 3                   |
| En otras instalaciones | 0                 | En agua                  | 0                   |
| En aire                | 0                 | En suelo                 | 8                   |
| En agua-suelo          | 1                 | En aire-suelo            | 0                   |
| Volumen liberado       | 10 m <sup>3</sup> | Área afectada registrada | 3912 m <sup>2</sup> |

\* Protocolo para atención de este tipo de emergencias se muestra en anexo VIII.

Fuente: Elaboración propia.



## 4.5 Afectaciones a la población.

Cuando ocurre una emergencia química existen diversos tipos de afectaciones, dentro de los cuales podemos mencionar los daños materiales, a la población e indudablemente al ambiente. Para efectos de nuestro estudio y atendiendo los impactos a la salud, primeramente es importante distinguir entre dos tipos de población expuesta:

- a) Población laboral. Se refiere a personal que labora en las plantas químicas al momento del evento, también se considera dentro de esta clasificación los operarios de los vehículos involucrados en una emergencia en transporte y finalmente encargados de la descontaminación del sitio después del evento.
- b) Población no laboral. Se refiere a toda aquella persona que por diversas circunstancias se ve envuelta en una emergencia química sin ser personal ocupacionalmente expuesto o tener alguna relación con el manejo de estas sustancias.

Las siguientes categorías se manejan para distinguir la condición de la población afectada ante una emergencia química sea laboral o no laboral:

- 1) Fallecidos: personas que en el lugar o durante el trayecto a un centro médico pierden la vida a causa de una emergencia química
- 2) Intoxicados: personas que a causa de la emergencia química sufrieron daños a la salud debido a las dosis recibidas.
- 3) Lesionados: personas que tuvieron afectaciones físicas sin llegar a fallecer
- 4) Evacuados: personas que por la cercanía al lugar del evento fueron desalojados a un perímetro seguro.

El 83% de las emergencias químicas lo que equivale a 904 casos no registran afectaciones a ningún tipo de población, solo 17% de los eventos, esto es 182 emergencias, tienen al menos una persona afectada por la liberación de materiales peligrosos.





### 4.5.1 Afectaciones a la población laboral.

En el año en estudio de las 1086 emergencias reportadas se registraron 76 casos con afectaciones a la población laboral. En la tabla 23, se muestran el resumen de los datos estadísticos más importantes respecto a esta categoría de población.

Tabla 23. Resumen de afectaciones a población laboral.

| Condición                | # de personas     | Sustancias más involucradas | # de casos           | Sustancias con mayor número de: | Sustancia          | # de personas    |                |
|--------------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------|---------------------------------|--------------------|------------------|----------------|
| Personas Fallecidas      | 27                | Gas L.P.                    | 5                    | Fallecidos                      | Pólvora            | 6                |                |
|                          |                   |                             |                      |                                 | Gas L.P.           | 6                |                |
| Personas lesionadas      | 84                | Gas L.P.                    | 8                    | Lesionados                      | Gas L.P.           | 20               |                |
|                          |                   |                             |                      |                                 | Pólvora            | 16               |                |
|                          |                   |                             |                      |                                 | Gasolina           | 11               |                |
| Personas intoxicadas     | 74                | Cloro y Gas L.P.            | 2 c/u                | Intoxicados                     | CO                 | 44               |                |
|                          |                   |                             |                      |                                 | Cl <sub>2</sub>    | 11               |                |
|                          |                   |                             |                      |                                 | Gas L.P.           | 11               |                |
| Personas evacuadas       | 5,074             | Gas L.P.                    | 3                    | Evacuados                       | NH <sub>4</sub> OH | 2,850            |                |
|                          |                   |                             |                      |                                 | HCN                | 643              |                |
|                          |                   |                             |                      |                                 | Plásticos NI       | 260              |                |
| <b>Casos más graves:</b> |                   |                             |                      |                                 |                    |                  |                |
| Estado                   | Municipio         | Sustancia involucrada       | Tipo de evento       | # de fallecidos                 | # de lesionados    | # de intoxicados | # de evacuados |
| Puebla                   | San Pedro Cholula | Pólvora                     | Explosión            | 4                               | 2                  | 0                | 0              |
| México                   | Ocoyoacac         | Alcohol isopropílico        | Incendio – Explosión | 1                               | 1                  | 0                | 100            |
| Campeche                 | Golfo de México   | Gas natural                 | Incendio             | 1                               | 2                  | 0                | 95             |
| Baja California          | La Paz            | O <sub>2</sub>              | Incendio             | 1                               | 1                  | 44               | 166            |
| Sonora                   | Cajeme            | HCN                         | Fuga                 | 0                               | 0                  | 0                | 643            |
| Guanajuato               | Silao             | Desconocida                 | Incendio             | 0                               | 0                  | 0                | 280            |
| Ciudad de México         | Cuauhtémoc        | Fertilizantes               | Otro                 | 0                               | 0                  | 0                | 250            |
| México                   | Acolman           | Gas Natural                 | Fuga                 | 0                               | 0                  | 0                | 100            |
| Nuevo León               | Apodaca           | NH <sub>4</sub> OH          | Explosión – Derrame  | 0                               | 0                  | 0                | 2500           |
| Nuevo León               | Gral. Escobedo    | NH <sub>4</sub> OH          | Derrame              | 0                               | 0                  | 0                | 959            |
| Tamaulipas               | Matamoros         | Plásticos NI                | Incendio             | 0                               | 0                  | 0                | 260            |

NI: No Identificados

Fuente: Elaboración propia.

### 4.5.2 Afectaciones a la población no laboral.

En 2014 se registraron 118 emergencias con afectaciones a población no laboral. El resumen de los datos estadísticos más importantes respecto a esta categoría de población se muestra en la tabla 24 y en el gráfico 20.



Tabla 24. Resumen de afectaciones a población no laboral.

| Condición                | # de personas       | Sustancias más involucradas | # de casos     | Sustancias con mayor número de: | Sustancia            | # de personas    |                |
|--------------------------|---------------------|-----------------------------|----------------|---------------------------------|----------------------|------------------|----------------|
| Personas Fallecidas      | 37                  | Gas L.P.                    | 5              | Fallecidos                      | Diésel               | 10               |                |
|                          |                     |                             |                |                                 | Gas L.P.             | 6                |                |
|                          |                     |                             |                |                                 | Solventes            | 6                |                |
| Personas lesionadas      | 152                 | Gas L.P.                    | 25             | Lesionados                      | Gas L.P.             | 91               |                |
|                          |                     |                             |                |                                 | Pólvora              | 20               |                |
|                          |                     |                             |                |                                 | Alcohol isopropílico | 11               |                |
| Personas intoxicadas     | 348                 | NH <sub>3</sub>             | 6              | Intoxicados                     | NH <sub>3</sub>      | 134              |                |
|                          |                     |                             |                |                                 | Azúfre               | 77               |                |
|                          |                     |                             |                |                                 | Malation             | 76               |                |
| Personas evacuadas       | 29,996              | Gas L.P.                    | 23             | Evacuados                       | Gas L.P.             | 10,012           |                |
|                          |                     |                             |                |                                 | NH <sub>3</sub>      | 7,573            |                |
|                          |                     |                             |                |                                 | Hule                 | 7,000            |                |
| <b>Casos más graves:</b> |                     |                             |                |                                 |                      |                  |                |
| Estado                   | Municipio           | Sustancia involucrada       | Tipo de evento | # de fallecidos                 | # de lesionados      | # de intoxicados | # de evacuados |
| Campeche                 | Carmen              | Diésel                      | Explosion      | 10                              | 4                    | 0                | 0              |
| Jalisco                  | Tlaquepaque         | Solventes                   | Derrame        | 6                               | 0                    | 0                | 0              |
| Puebla                   | Esperanza           | NH <sub>3</sub>             | Fuga           | 5                               | 0                    | 10               | 50             |
| Ciudad de México         | Azcapotzalco        | NH <sub>3</sub>             | Fuga           | 0                               | 0                    | 0                | 7,000          |
| México                   | Naucalpan de Juárez | Hule                        | Incendio       | 0                               | 0                    | 0                | 7,000          |
| Sonora                   | Hermosillo          | Gas L.P.                    | Fuga           | 0                               | 0                    | 0                | 3,000          |
| Hidalgo                  | Tepeji del Rio      | Gas L.P.                    | Fuga           | 0                               | 0                    | 0                | 1,000          |
| Hidalgo                  | Apan                | Gas L.P.                    | Fuga           | 0                               | 0                    | 0                | 1,000          |
| México                   | Tlalnepantla de Baz | Gas Natural                 | Fuga           | 0                               | 0                    | 0                | 1,000          |

Fuente: Elaboración propia.

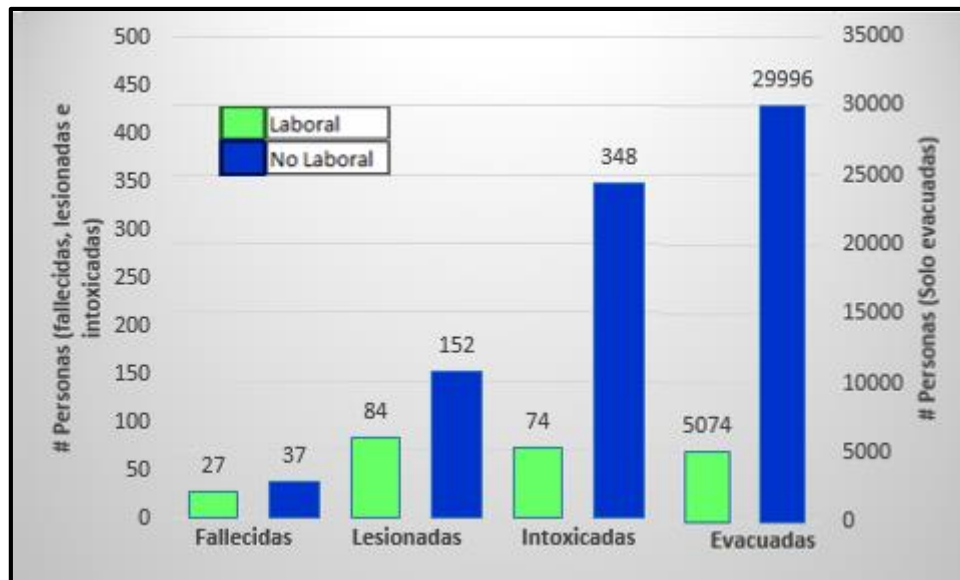


Gráfico 20. Comparativo afectaciones población laboral vs población no laboral. Fuente: Elaboración propia.



## 4.6 Afectaciones al medio ambiente.

Una parte importante del trabajo es el análisis de las afectaciones al ambiente. Los tipos de matrices ambientales que pueden afectarse en una emergencia son: agua, aire, suelo, así como las combinaciones posibles entre ellos: agua-suelo, aire-suelo, agua-aire, agua-aire-suelo.

De acuerdo a lo establecido en el Reglamento de la LGPGIR en el artículo 129, 130 y 131, para considerar un accidente como emergencia química, la liberación de sustancias debe ser mínimo de  $1\text{m}^3$  (Ortiz, 2015). Cuando la afectación implica un cuerpo de agua, se debe indicar el tipo de cuerpo de agua, así mismo si se trata de suelo, es recomendable especificar el área afectada; Desafortunadamente la información de los reportes es imprecisa y carece de los datos específicos antes mencionados.

En el año de estudio se registraron 999 emergencias químicas con afectaciones ambientales, esto es el 92% del total de emergencias.

- a) Cuerpos de agua. Se define como cuerpo de agua a toda extensión de agua que cubre parte de la superficie terrestre. Para efectos del trabajo realizado, al igual que para la PROFEPA, se consideran para su análisis los siguientes cuerpos: arroyos, embalses, lagos, lagunas, manglares, mares, ríos u otros. Para este caso es importante registrar el tipo de cuerpo afectado y su nombre en caso de conocerse.
- b) Aire. Matriz ambiental de volumen de gas indefinido, por lo cual no se registran áreas o volúmenes de la afectación.
- c) Suelo. Matriz ambiental que consiste en una porción de un terreno afectado. Al ser más fácil su cuantificación, se debe registrar el área afectada reportándose siempre en  $\text{m}^2$ .

En la tabla 25 se resumen los datos específicos por matriz ambiental afectada.



Tabla 25. Resumen de afectaciones al medio ambiente.

| Matriz ambiental    | # de emergencias | # de emergencias |                        | Sustancias más involucradas | # de emergencias |
|---------------------|------------------|------------------|------------------------|-----------------------------|------------------|
| Agua                | 13               | 9 en mar         |                        | Petróleo crudo              | 5                |
|                     |                  | 1 en río         |                        | Hidrocarburos NI            | 3                |
|                     |                  | 3 en otro        |                        | Gas natural                 | 2                |
| Aire                | 168              | -                |                        | Gas L.P.                    | 63               |
|                     |                  |                  |                        | Gas natural                 | 29               |
|                     |                  |                  |                        | NH <sub>3</sub>             | 14               |
| Suelo               | 734              | Área afectada    | 324,187 m <sup>2</sup> | Gasolina                    | 129              |
|                     |                  |                  |                        | Diésel                      | 56               |
|                     |                  |                  |                        | Hidrocarburos NI            | 47               |
| Agua-suelo          | 48               | 15 en arroyo     |                        | Gasolina                    | 10               |
|                     |                  | 1 desconocido    |                        | Diésel                      | 6                |
|                     |                  | 1 en embalse     |                        |                             |                  |
|                     |                  | 3 en mar         |                        | Hidrocarburos NI            | 5                |
|                     |                  | 19 en río        |                        |                             |                  |
|                     |                  | 9 en otros       |                        | Petróleo crudo              | 5                |
|                     |                  | Área afectada    | 116,647 m <sup>2</sup> |                             |                  |
| Aire – Suelo        | 31               | Área afectada    | 16,807 m <sup>2</sup>  | Gasolina                    | 7                |
|                     |                  |                  |                        | Diésel                      | 3                |
|                     |                  |                  |                        | Gas natural                 | 3                |
| Agua – Aire – Suelo | 5                | 1 desconocido    |                        | Gasolina                    | 2                |
|                     |                  | 1 en embalse     |                        | Diésel                      | 1                |
|                     |                  | 3 en Otros       |                        | Petróleo crudo              | 1                |
|                     |                  | Área afectada    | 1,870 m <sup>2</sup>   | Residuos peligrosos         | 1                |

NI: No identificados

Fuente: Elaboración propia.

## 4.7 Daños Materiales y Clasificación del evento.

### 4.7.1 Daños Materiales.

Se denominan daños materiales cuando en una emergencia química, las afectaciones sobrepasan al ambiente y a la población llegando a equipos, instalaciones o cualquier otra propiedad física con valor monetario.



De las 1086 emergencias químicas en 2014, solo 61 casos registraron daños materiales, la mayor parte de los accidentes no especifican este dato, es decir 1005 emergencias y solo 20 casos no registraron daños materiales.

#### 4.7.2 Clasificación de los eventos.

La subprocuraduría de inspección industrial de la PROFEPA por medio del anexo No.2 del formato E00-DA.04-0 propone los criterios de clasificación de emergencias ambientales, los cuales tienen como objetivo el contar con una guía que permita de una manera sistematizada, clasificar a los eventos que ocurren en el país de acuerdo a los daños que estas provocan a la población y al ambiente, esto con la finalidad de priorizar la atención y acciones de la PROFEPA en aquellos eventos que por sus características repercutan directamente sobre la población y el ambiente. Esta clasificación permite orientar y reforzar las políticas y programas de prevención de la PROFEPA en aquellas actividades socioeconómicas que de alguna manera por sus características y antecedentes representan un riesgo significativo.

La clasificación toma como base las afectaciones causadas a la población y al ambiente como resultado de una liberación no planeada de una sustancia química peligrosa al ambiente. Los factores a tomar en cuenta en relación a la población consideran a las personas fallecidas, lesionadas e intoxicadas, estas dos últimas solo contemplan a quienes hayan requerido hospitalización. En el caso de las afectaciones ambientales, se toman en cuenta los volúmenes y cantidades de la sustancia liberada, así como el área afectada en caso de tratarse de derrame líquidos (DEA, 2015).

La clasificación de la emergencia estará dada por el cumplimiento de la condición de mayor valor numérico que se presente como resultado del evento, esto se representa en la figura 19.

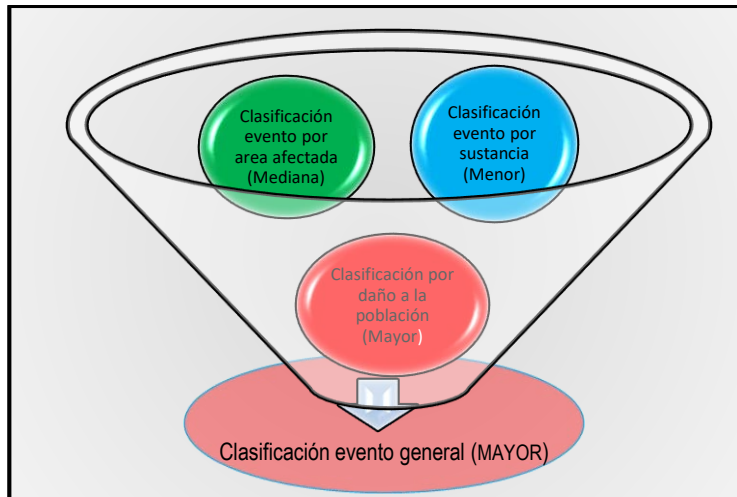


Figura 19. Ejemplo de clasificación de un evento. Fuente: Elaboración propia.

La tabla 26 enlista los factores condicionantes para la clasificación de un evento:

Tabla 26. Factores condicionantes de la clasificación del evento.

| Factores condicionantes   | Clasificación del evento                      |   |  |
|---|---|---|--|
|   | MENOR   | mediano   | mayor  |
| <b>Derrames de Sustancias Líquidas:</b>                               |   |   |  |
| Volumen liberado (m <sup>3</sup> ) (líquidos)                         | < 0.2   | 0.2 - 10  | > 10   |
| Área afectada (m <sup>2</sup> )                                       | < 50  | 50 - 1,000  | > 1,000  |
| <b>Fugas de Sustancias Gaseosas:</b>                                  |   |   |  |
| Cantidad liberada (Kg) (Sustancias Inflamables-Explosivas) (Tabla 28) | < 100 (a)<br>< 10,000 (b)                     | 100 - 500 (a)<br>10,000 - 50,000 (b)                    | > 500(a)<br>> 50,000 (b)                       |
| Cantidad Liberada (Kg) (Sustancias tóxicas) (Tabla 29)                | < 0.5 (c)<br>< 5 (d)<br>< 50 (e)<br>< 500 (f) | 0.5 - 1 (c)<br>5-10 (d)<br>50-100 (e)<br>500 - 1000 (f) | > 1 (c)<br>> 10 (d)<br>> 100 (e)<br>> 1000 (f) |
| <b>Población:</b>   |   |   |  |
| Fallecidos* (personas)  | 0   | 0   | 1  |
| Lesionados* (personas hospitalizadas)                                 | < 5   | 5 - 25  | > 25   |
| Intoxicados* (personas hospitalizadas)                                | < 5   | 5 - 25  | > 25   |

Fuente: DEA, 2015.

\* Personas afectadas tanto en el interior, como al exterior de la planta industrial.

1. (a) Para todas las sustancias inflamables y explosivas listadas en la Tabla 27.
2. (b) Gas L.P.
3. (c) Para todas las sustancias toxicas listadas en la columna 1 de la Tabla 28.
4. (d) para todas las sustancias toxicas listadas en la columna 2 de la Tabla 28.
5. (e) Para todas las sustancias toxicas listadas en la columna 3 de la Tabla 28.
6. (f) Para todas las sustancias toxicas listadas en la columna 4 de la Tabla 28.



**Tabla 27.** Sustancias gaseosas inflamables-explosivas

| <b>Sustancias Gaseosas Inflamables - Explosivas</b> |                       |
|---|-----------------------|
| Buteno  | Etano                 |
| 2,2 Dimetil Propano                                 | Éter Metílico         |
| 2-Buteno (Cis,Trans)                                | Etileno               |
| 2-Metil Propeno                                     | Fluoruro de Etilo     |
| Acetileno   | Formaldehido          |
| Ácido Sulhídrico                                    | Hidrogeno             |
| Anhídrido Hipocloroso                               | Metano                |
| Butadieno   | Metilamina            |
| Butano (N,Iso)                                      | Propano               |
| Cianógeno   | Propileno             |
| Ciclo butano  | Propino               |
| Ciclo propano                                       | Sulfuro de Carbonilo  |
| Cloruro de Metilo                                   | Tetrafluoretileno     |
| Cloruro de Vinilo                                   | Trifluorocloroetileno |
| Difluoro-1-Cloroetano                               | Trimetil Amina        |
| Dimetil Amina                                       |                       |

Fuente: DEA, 2015

**Tabla 28.** Sustancias tóxicas gaseosas.

| <b>Columna 1</b>        | <b>Columna 2</b>    | <b>Columna 3</b>  | <b>Columna 4</b> |
|-------------------------|---------------------|-------------------|------------------|
| Ácido Cianhídrico       | Ácido Sulhídrico    | Bromuro de Metilo | Butadieno        |
| Fluoruro de Hidrogeno   | Amoniaco Anhidro    | Etano             |                  |
| Arsina                  | Fosfina             | Óxido de Etileno  |                  |
| Cloro                   | Metil Mercaptano    |                   |                  |
| Cloruro de Hidrogeno    | Trifluoruro de Boro |                   |                  |
| Di borano               |                     |                   |                  |
| Dióxido de Nitrógeno    |                     |                   |                  |
| Flúor                   |                     |                   |                  |
| Fosgeno                 |                     |                   |                  |
| Hexafluoruro de Telurio |                     |                   |                  |
| Óxido Nítrico           |                     |                   |                  |
| Ozono                   |                     |                   |                  |
| Seleniuro de Hidrogeno  |                     |                   |                  |
| Tetrafluoruro de Azufre |                     |                   |                  |
| Tricloruro de Boro      |                     |                   |                  |

Fuente: DEA, 2015.

De las 1086 emergencias registradas en 2014, la clasificación queda distribuida como lo muestra el gráfico 21.

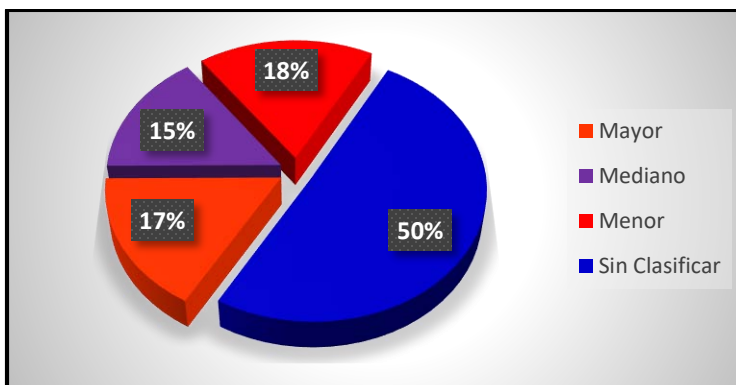


Gráfico 21. Clasificación de emergencias químicas. Fuente: Elaboración propia.

## 4.8 Causas probables y control de emergencias químicas.

### 4.8.1 Causas probables.

Toda emergencia química tiene como antecedentes alguna falla que detona este evento. Existen diferentes causas probables que provocan un evento, no solo en la industria sino en toda actividad que tenga un riesgo.

En este trabajo se clasificarán las causas probables en las siguientes categorías:

1. **Fallas de equipo:** Deficiencias en equipos de plantas químicas que participan en el proceso de alguna sustancia o material, ya sean fallas eléctricas, mecánicas u otras. También se consideran fallas en el transporte que lleva materiales peligrosos.
2. **Fallas en materiales:** Deficiencias en el material fabricado o transportado que provoquen su fuga o propagación, fallas en el almacenaje por condiciones incompatibles.
3. **Fallas humanas:** Deficiencias asociada a operadores, trabajadores o personas. Se consideran accidentes por conducción a alta velocidad, descuido de condiciones de operación de máquinas y de procesos.
4. **Toma clandestina:** A pesar de ser una falla por causas humanas, se considera una categoría separada ya que los incidentes de este rubro son numerosos.
5. **Falla múltiple:** Combinación de algunas de las 4 opciones anteriores





**6. Falla desconocida:** Causas desconocidas que provocaron la emergencia.

La tabla 29 muestra un resumen de emergencias químicas clasificadas por causas probables.

Tabla 29. Resumen de causas probables de emergencias químicas.

| Tipo de falla      | # de emergencias | Ubicación más común | # de emergencias | Etapa más afectada | Sustancias más involucradas | # de emergencias |
|--------------------|------------------|---------------------|------------------|--------------------|-----------------------------|------------------|
| En equipo          | 42               | Plantas             | 19               | Producción         | Gas L.P.                    | 7                |
|                    |                  |                     |                  |                    | NH <sub>3</sub>             | 5                |
|                    |                  |                     |                  |                    | Aceites NI                  | 4                |
|                    |                  |                     |                  |                    | Combustóleo pesado          | 4                |
| En material        | 36               | Transporte          | 12               | Ductos             | Petróleo crudo              | 5                |
|                    |                  |                     |                  |                    | Gas L.P.                    | 4                |
|                    |                  |                     |                  |                    | Gasolina                    | 3                |
| Humanas            | 122              | Transporte          | 78               | Carreteros         | Gas L.P.                    | 26               |
|                    |                  |                     |                  |                    | Diésel                      | 15               |
|                    |                  |                     |                  |                    | Gas natural                 | 13               |
| Tomas Clandestinas | 605              | Transporte          | 594              | Ductos             | Hidrocarburos NI            | 283              |
|                    |                  |                     |                  |                    | Gasolina                    | 200              |
|                    |                  |                     |                  |                    | Diésel                      | 68               |
| Múltiple           | 43               | Transporte          | 19               | Carreteros         | Gas L.P.                    | 5                |
|                    |                  |                     |                  |                    | Gasolina                    | 5                |
|                    |                  |                     |                  |                    | Petróleo crudo              | 4                |
| Otras              | 15               | Transporte          | 9                | Carretero y ductos | Gas L.P.                    | 3                |
|                    |                  |                     |                  |                    | Gasolina                    | 3                |
|                    |                  |                     |                  |                    | Petróleo crudo              | 3                |
| Desconocidas       | 233              | Transporte          | 100              | Carreteros         | Gas L.P.                    | 42               |
|                    |                  |                     |                  |                    | Gasolina                    | 26               |
|                    |                  |                     |                  |                    | Hidrocarburos NI            | 18               |
|                    |                  |                     |                  |                    | Petróleo crudo              | 18               |

Fuente: Elaboración propia.

**4.8.2 Control de emergencias.**

Después de registrar las acciones tomadas en una emergencia, de acuerdo a lo establecido por la DEA se debe reportar si este caso fue controlado al final o no. Casi el 30% de esta información se desconoce por falta de datos en los reportes ya que 319 casos no lo contienen. Así mismo 748 eventos se registraron como controlados, esto es un 69%, y solo 19 casos se registraron como no controlados lo que equivale a un 2%.



#### 4.9 Información y documentación de empresas responsables de emergencias químicas.

Como se mencionaba en capítulos anteriores, en el momento en que ocurre una emergencia química con un volumen de liberación mayor o igual a  $1\text{m}^3$  se debe reportar a las autoridades de la PROFEPA responsables en cada estado o sección, esto se lleva a cabo por medio del “aviso Inmediato” donde se registran los detalles del evento (Ortiz, 2015).

Este aviso inmediato puede ser enviado por diversas autoridades tanto estatales como la policía local (PC Estatal), como organismos federales como el centro nacional de comunicación (PC Federal CENACOM), la misma delegación de PROFEPA presente en cada estado, organismos internacionales como el National Response Center (NRC) de los Estados Unidos de América, la misma empresa responsable de la emergencia (ER), la PRENSA o como una denuncia pública (PÚBLICO). Un caso especial son los reportes registrados por la empresa paraestatal Petróleos Mexicanos (PEMEX) por medio de su centro de coordinación y apoyo a emergencias (CCAIE) ya que como se analizó en capítulos anteriores, en México la mayoría de emergencias químicas involucran hidrocarburos, los cuales están coordinados en producción por esta empresa.

Posterior a este aviso, se cuenta con 3 días para registrar el siguiente documento que es la “Formalización del aviso”, donde se confirmarán o corregirán los datos enviados en el aviso inmediato.

En 2014 solo el 20.5% de las emergencias presentaron su aviso inmediato y solo el 12% dieron la formalización del aviso, lo cual nos habla de una falta grave de obediencia de los procedimientos establecidos por la PROFEPA hacia todas las empresas que tengan entre sus actividades el manejo y transporte de residuos peligrosos.

El primer aviso que registran las oficinas centrales de la DEA es el que consideran para la asignación de un número único de emergencia indexado. No necesariamente viene siempre de la empresa responsable de la emergencia sino



de las diversas fuentes antes mencionadas. Como se muestra en el gráfico 22, en 2014 un total de 461 de los avisos se dieron por parte de PEMEX CCAE, seguidos de 325 casos notificados por las delegaciones de PROFEPA, le sigue PC Federal CENACOM con 191 avisos, después 97 denuncias por parte de la prensa, 5 avisos por parte de la empresa responsable y los restantes 7 avisos los registran el NRC, la PC Estatal, las denuncias ciudadanas y otras fuentes.

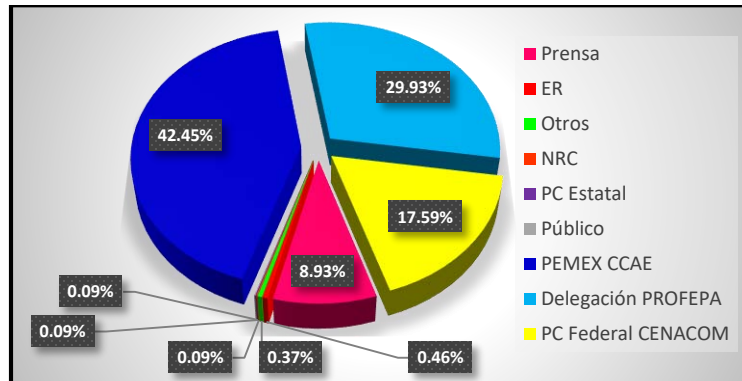


Gráfico 22. Notificaciones de emergencias químicas por organismo. Fuente: Elaboración propia.

A continuación se mencionan los documentos más importantes de control en emergencias químicas:

a) Auditoría Ambiental (AA).

Es una evaluación sistemática, documentada y objetiva de la efectividad de las acciones realizadas para cumplir con la legislación ambiental y lograr un desempeño superior al exigido por la misma, debe ser independiente y capaz de identificar los problemas presentes y futuros. Los pasos básicos de una auditoria son la obtención de información ambiental, la evaluación de esta y el establecimiento de conclusiones que incluyan la identificación de aspectos que deban ser mejorados.

Para obtener o renovar un certificado ambiental, los requisitos se encuentran en el reglamento de la LGEEPA en materia de autorregulación y auditorías ambientales, así como en las Normas Mexicanas NMX-AA-162-SCFI-2012 y NMX-AA-163-SCFI-2012. (PROFEPA, 2013).



b) Estudio de riesgo (ER).

Cuando se trate de actividades altamente riesgosas, la LGEEPA en su artículo 30 marca que se debe incluir un estudio de riesgo. En el capítulo V de la misma ley se aborda lo relativo a las actividades consideradas como altamente riesgosas y en su artículo 147 señala que la realización de actividades industriales, comerciales o de servicios altamente riesgosas, se llevaran a cabo con apego a lo dispuesto en la ley.

c) Programa de prevención de accidentes (PPA).

De acuerdo con el artículo 47 de la LGEEPA, los establecimientos en operación que realicen actividades altamente riesgosas deben formular ante la SEMARNAT el PPA para la aprobación de la SEMARNAT y otras secretarías.

El PPA es un documento a través del cual una personas física o moral que realiza actividades como altamente riesgosas, describe las medidas y acciones de prevención contra los riesgos analizados en el Estudio de Riesgo Ambiental (ERA).

Estos programas son atendidos y resueltos por la SEMARNAT a través de la Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas (DGGIMAR), mediante la aplicación del trámite SEMARNAT-07-013 “Aprobación del Programa para la Prevención de Accidentes” (PROFEPA, 2013).

d) Plan de respuesta a emergencias.

Es un documento resultante del proceso de planeación que define los responsables, acciones y recursos necesarios a ser aplicados coordinadamente para controlar o mitigar las consecuencias causadas por un accidente al personal, al ambiente, a las instalaciones, la comunidad o la imagen de la institución (PEMEX, 2016).

Las infracciones levantadas por la Policía Federal por la Transgresión del reglamento para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos en



caminos y puentes nacionales en el año en estudio fueron de 252 casos por no portar la documentación necesaria.

La tabla 30 resume los casos donde las empresas responsables de una emergencia química presentaron los documentos mencionados anteriormente.

*Tabla 30. Número De casos en los que se presentó la documentación necesaria.*

| Documento                 | Auditoría ambiental | Estudio de riesgo | PPA        | Plan de respuesta a emergencias |
|---------------------------|---------------------|-------------------|------------|---------------------------------|
| Se presentó               | 144 casos           | 11 casos          | 19 casos   | 47 casos                        |
| No se presentó            | 925 casos           | -                 | -          | -                               |
| Información no disponible | 17 casos            | 1075 casos        | 1067 casos | 1039 casos                      |

*Fuente: Elaboración propia.*

En resumen del presente trabajo se contabilizaron 1023 emergencias sencillas, de los cuales se registraron 792 derrames, 125 fugas, 69 incendios, 36 explosiones y 1 evento registrado como de otra naturaleza. Fueron 829 emergencias en transporte de las cuales 680 se presentaron en ductos, 141 en vías carreteras, 7 ferroviarios y solo uno evento en transporte marítimo; en lo que respecta a emergencias químicas en plantas de proceso se registraron 170 casos donde la mayor incidencia fue en la etapa de producción con 85 casos, seguido de almacenamiento con 58 casos, después en maniobras de descarga con 11 emergencias, seguido de la etapa de extracción con 6 eventos y finalmente 10 casos donde se desconoce el detalle del evento y solo se registró la afectación a planta.

De acuerdo al tipo de evento clasificados como sencillo o en encadenamiento, se registraron 63 emergencias en encadenamiento, las secuencias presentes fueron “derrame-explosión” con 24 casos siendo el material peligroso más involucrado la gasolina, “fuga-explosión” con 20 eventos donde el gas L.P. es mayoritario; “fuga-incendio” con 9 registros igualmente con gas L.P.; “explosión-incendio” con 6 casos causadas por pólvora la mayoría; solo 2 casos de “incendio-explosión”, uno con alcohol isopropílico y otro con gas L.P., y finalmente las secuencias “explosión-derrame” y “derrame-explosión” un caso cada uno, que involucró hidróxido de amonio y asfalto respectivamente.



Las sustancias que con más frecuencia estuvieron involucradas en emergencias químicas en 2014 fueron:

| Sustancia peligrosa | # de casos | Sustancia peligrosa | # de casos |
|---------------------|------------|---------------------|------------|
| Gasolina            | 248        | Amoniaco            | 20         |
| Gas L.P.            | 101        | Pólvora             | 14         |
| Diésel              | 101        | Combustóleo         | 11         |
| Gas natural         | 51         | Asfalto             | 10         |
| Petróleo crudo      | 50         | Ácido sulfúrico     | 9          |

Estas sustancias estuvieron involucradas en el 56.6% de las emergencias del año bajo estudio, tal como se detalla en la sección 4.4, adicionalmente en los anexos se presentan las indicaciones específicas para atender una emergencia de dichas sustancias.

Solo 182 emergencias de las 1086 registradas registraron afectaciones a la población, dejando un saldo de 64 fallecidos, 236 lesionados, 422 intoxicados y alrededor de 35,070 evacuados, la “población no laboral” fue la más afectada. Esto suma un total de 35,792 personas afectadas, equivalente al 99.7% de la población escolar de primer ingreso a bachillerato de la UNAM (Estadística UNAM, 2016).

Respecto a los daños al ambiente de las 1086 emergencias químicas, 999 registraron afectaciones, esto es 92%, distribuidas en:

- suelo con 734 casos.
- aire con 168 casos.
- agua-suelo con 48 casos.
- aire-suelo con 31 casos.
- agua con 13 casos.
- agua-aire-suelo con 5 casos.

El área total de México es de 1, 964,380 Km<sup>2</sup> según los datos registrados en el banco mundial. El área total registrada afectada en 2014 es de 459,511 m<sup>2</sup>, esto es 0.46 Km<sup>2</sup>, lo cual equivale aproximadamente al 0.000023% del total de extensión territorial del país o lo equivalente a un 6% de la extensión territorial de Ciudad



Universitaria la cual es de aproximadamente 7.33 Km<sup>2</sup> (Fundación UNAM). Cabe destacar que de los 818 casos que registraron afectaciones en el suelo (734 en suelo, 48 en agua-suelo, 31 en aire-suelo y 5 en agua-aire-suelo.) solo 363 casos registraron el área afectada, lo que significa que solo el 44.4% de los eventos están considerados en esta cifra.

Las causas y fallas más comunes en las emergencias químicas registradas fueron gran parte por tomas clandestinas, registrándose 605 casos los cuales principalmente involucran hidrocarburos líquidos, seguido de fallas humanas con 122 casos reportados principalmente en transportes carreteros igualmente con hidrocarburos en su mayoría; siguieron fallas en plantas en diversos equipo, principalmente en la etapa de producción involucrando sustancias como gas L.P., NH<sub>3</sub>, entre otros. Existieron 233 casos con causas desconocidas, 43 eventos con fallas múltiples y 15 emergencias más con otro tipo de fallas.



## Capítulo 5 Conclusiones y recomendaciones.

El objetivo de nuestro trabajo fue la sistematización de la información integrada en los reportes de emergencias ambientales mediante el diseño de una base de datos en plataforma Microsoft ACCESS para acoplarla con los formatos de reportes de emergencias químicas ambientales, el cual se logró cumplir al 100%. Uno de los compromisos del trabajo fue diseñar una propuesta de formato de reportes que permiten la sistematización, se logró integrar un nuevo formato que optimiza en un 32% los campos del formato original, dejando así solo la información más relevante que se debe solicitar en caso de una emergencia química con afectaciones al ambiente.

La nueva propuesta presenta la ventaja de ser más corta, por lo que se ahorra tiempo para su llenado lo cual es deseable al tratarse de una emergencia. Este formato ha sido presentado al director de la PROFEPA y está en su evaluación para ser implementado próximamente.

Se logró sistematizar para su análisis todos los reportes de emergencias del periodo de enero–diciembre de 2014, realizando la temporalización y regionalización de los 1086 eventos presentados en el periodo.

Recomendaciones:

Finalmente es importante destacar que aunque ha habido un avance en materia de legislación ambiental, siendo una evidencia los reportes obligatorios, la desobediencia sigue siendo un factor importante en el registro de estas, ya que el llenado de los reportes se realiza con información incompleta, infundada y en muchos casos incoherente, siendo que la información precisa y verídica es el elemento más valioso para dimensionar y dar respuesta a la emergencia, y en el mejor de los casos tomar las medidas para que no se vuelva a presentar y aportando mejoras al marco normativo en la materia.





## **BIBLIOGRAFÍA**

- ∇ ANIQ, "Anuario estadístico de la industria química mexicana", México 2014.
- ∇ CTR Scientific, Hoja de Datos de Seguridad ACIDO SULFURICO, México.
- ∇ DEA, Criterios de clasificación de emergencias ambientales anexo 2, México, 2015
- ∇ Darbra, R.M., et. al., "Domino effect in chemical accidents: Main features and accident sequences", Journal of Hazardous Materials, CERTEC Spain, 2010.
- ∇ FAMESA Explosivos, Hoja de Datos de Seguridad POLVORA NEGA, Perú, 2011.
- ∇ G. Reniers. "An external domino effects investment approach to improve crossplant safety within chemical clusters. J. Hazard. Matter. 177 (2010) 167.
- ∇ <http://datos.bancomundial.org/indicador/AG.SRF.TOTL.K2>
- ∇ <http://www.cas.org/content/counter>. Consultado el día 22 de Enero de 2016.
- ∇ Ortiz E., "Emergencias químicas en la industria", CISI México, 2015.
- ∇ PEMEX, Anuario Estadístico 2014, México, 2014.
- ∇ PEMEX, Hoja de Datos de Seguridad ASFALTO, México, 2011.
- ∇ PEMEX, Hoja de Datos de Seguridad COMBUSTOLEO PESADO, México, 2011.
- ∇ PEMEX, Hoja de Datos de Seguridad PEMEX-CRUDO MAYA, México, 2000.
- ∇ PEMEX, Hoja de Datos de Seguridad PEMEX-DIESEL, México, 2000.
- ∇ PEMEX, Hoja de Datos de Seguridad PEMEX-GAS LICUADO DEL PETROLEO, México, 2007.
- ∇ PEMEX, Hoja de Datos de Seguridad PEMEX-GAS NATURAL, México, 2000.
- ∇ PEMEX, Hoja de Datos de Seguridad PEMEX-PREMIUM, México, 2000.
- ∇ PEMEX PETROQUIMCA, Usos y precios del amoniaco en el mercado nacional, México, 2012.
- ∇ Plan Conjunto de Contingencias y Emergencias México-Estados Unidos para la Preparación y Respuesta a Eventos Asociados con el Manejo de Sustancias Químicas Peligrosas en la Zona Fronteriza Terrestre, México-EUA, 2008.
- ∇ PROFEPA, "Manual técnico para la atención de emergencias ambientales", México, 1999.
- ∇ SCT, Guía de respuesta en caso de emergencia, México, 2012.
- ∇ SCT, Principales estadísticas del sector comunicaciones y transportes, México, 2014.
- ∇ SCT, "Reglamento para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos", México, 2012
- ∇ STPS, Guía informativa de la norma oficial mexicana NOM-018-STPS-2000 Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo, México, 2000.



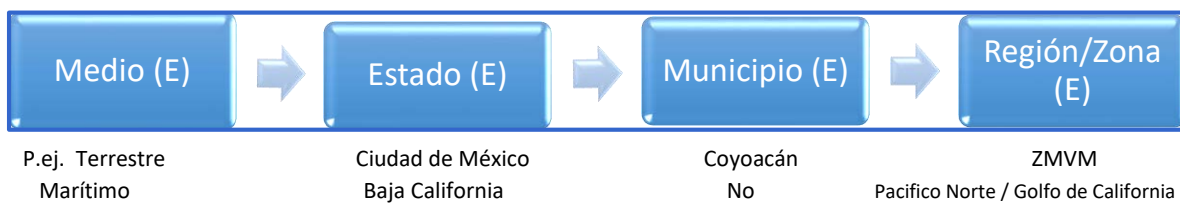
## Anexo I

### Reglas de negocio de base de datos

Regla 1. Fecha del evento (E) / notificación (N). (P.ej. si selecciona día 31 solo aparecerán los meses de enero, marzo, mayo, julio, agosto, octubre y diciembre).



Regla 2. Lugar del evento.



Regla 3. Características del evento.



Regla 4. Características del evento cont.



Regla 5. Sustancias involucradas.





### Regla 6. Sustancias involucradas cont.



P.ej. Amoniaco anhidro

1055

### Regla 7. Afectaciones a la población.



P.ej. Si  
No

Si / No  
No

Si / No  
No

### Regla 8. Afectaciones al medio ambiente



P.ej Si  
Si  
No

Suelo  
Agua-Suelo  
0

0  
Río  
0

### Regla 9. Dirección de la empresa responsable (ER).



P.ej. Jalisco

Guadalajara

### Regla 10. Fecha de reporte (R).



P.ej. Si  
No

31  
0

Diciembre  
0



## Anexo II

### Protocolo para derrames de hidrocarburos líquidos. (Asfalto, combustóleo pesado, diésel, gasolina y petróleo crudo).

La guía de respuesta en caso de emergencia clasifica estas sustancias en el número de guía 128 “Líquidos inflamables (No polar/no mezclables con agua)”.

Este producto es altamente inflamable, formar mezclas explosivas con aire, tiene un punto de encendido muy bajo por lo que el uso de roció de agua puede ser ineficaz.

El protocolo para derrames propuesto por PEMEX es semejante al descrito en la guía anteriormente mencionada el cual dice lo siguiente:

- ⊗ Eliminar fuentes de ignición (No fumar, no usar bengalas, chispas o llamas).
- ⊗ No tocar ni caminar sobre el producto derramado.
- ⊗ Alejar al personal no indispensable en el control, aislar el área de riesgo y prohibir el paso.
- ⊗ Permanecer fuera de zonas bajas y lejos de donde el viento sople a favor.
- ⊗ Evitar la introducción del producto a vías pluviales, alcantarillas, sótanos o espacios confinados.
- ⊗ En caso de derrames pequeños, cubrir con arena u otro material absorbente no combustible.
- ⊗ Se puede usar una espuma supresora de vapor para reducir vapores.
- ⊗ En caso de derrames mayores, represar a distancia, recoger el producto y colocarlo en tambores para su disposición posterior.
- ⊗ Utilizar herramientas anti chispas para recoger el material derramado y conectar a tierra el equipo utilizado.
- ⊗ Ventile espacios cerrados antes de entrar.
- ⊗ El agua en forma de roció puede reducir los vapores, pero no puede prevenir su ignición en espacios cerrados.



- ⊗ Todo el equipo que se use para el manejo de esta sustancia, debe estar conectado eléctricamente a tierra.
- ⊗ Debe trabajarse en áreas bien ventiladas.
- ⊗ Debe proveerse ventilación mecánica a prueba de explosión, cuando se maneje esta sustancia en espacios confinados.

*NOTA: Solo en el caso del asfalto lo clasifica como numero de guía 130 “Líquidos inflamables (No polar/no mezclable con agua/ nocivo)” aunque las indicaciones son las mismas que las de la guía 128.*



### Anexo III

## Protocolo para fugas de gas L.P.

### Diseño, construcción y operación de recipientes portátiles de almacenaje.

La guía de respuesta en caso de emergencia lo clasifica como “gas inflamable”. Es un producto extremadamente inflamable, se recomienda no extinguir un incendio a menos que la fuga pueda ser detenida.

La incompatibilidad de este material señala a las conexiones eléctricas domesticas o industriales como fuente de ignición, al estar en malas condiciones se vuelven la mayor causa de estos accidentes.

Las recomendaciones generales en caso de fuga son las siguientes:

- ⊗ Se debe evacuar el área inmediata
- ⊗ Solicitar ayuda a la central de fuga de la localidad
- ⊗ Bloquear las fuentes de fuga y se eliminan las fuentes de ignición
- ⊗ Disipar la nube de vapores con agua espreada para enfriamiento o con vapor de agua.
- ⊗ No ponga agua directamente al derrame o fuente de fuga
- ⊗ Prevenga la expansión de vapores a traes de alcantarillas, sistema de ventilación y áreas confinadas.
- ⊗ Aísle el área hasta que el gas se haya dispersado.

La NOM-002-SEDG-1999 menciona como se deben almacenar los recipientes portátiles así como su diseño, construcción y operación.

A continuación se mostraran las recomendaciones para la instalación, uso y cuidado de cilindros portátiles y tanques estacionarios:

1. Los tanques y cilindros para gas licuado deben instalarse sobre una base firme, preferentemente a la intemperie o en lugares abiertos, protegidos



contra golpes y caídas de objetos. Además deberán anclarse como lo muestran las figuras 20 y 21.

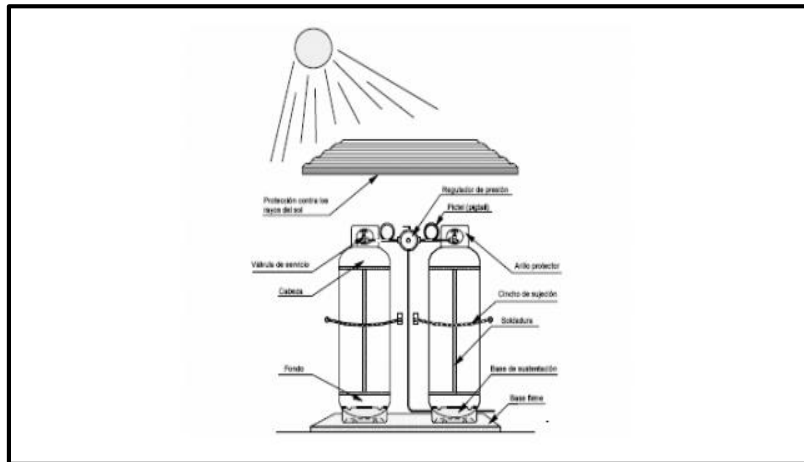


Figura 20. Instalación típica para cilindros portátiles. Fuente: PEMEX Gas, 2007.

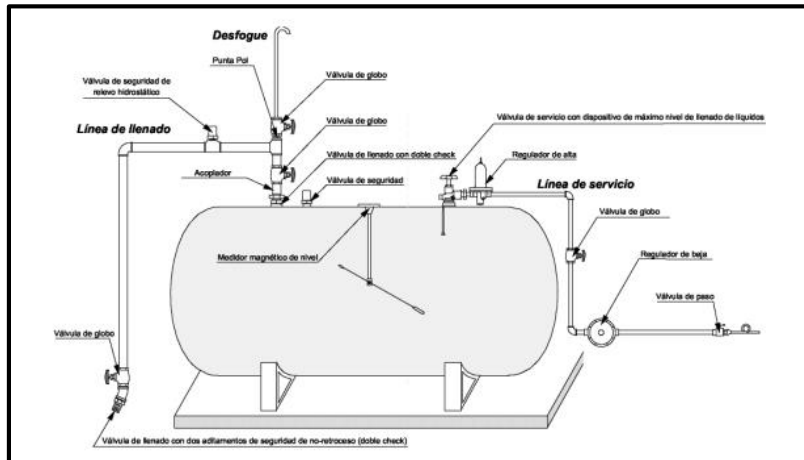
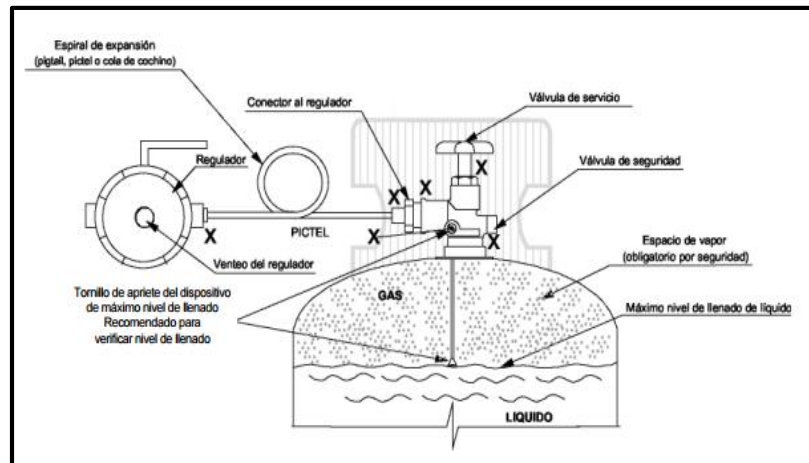


Figura 21. Instalación típica para tanques estacionarios. Fuente: PEMEX Gas, 2007.

2. Los cilindros deben sujetarse a la pared con un cable, cincho u otro medio adecuado para evitar que se caigan.
3. Proteja los recipientes de los rayos solares. La exposición a altas temperaturas provoca aumentos de presión y apertura de las válvulas de seguridad, con la subsecuente liberación de gas a la atmosfera.
4. Para evitar sobrellenados y presión excesiva en los recipientes, con la consecuente liberación de gas, se recomienda instalar en ellos, válvulas de servicio con dispositivo indicador de máximo nivel de llenado de líquidos. (Figura 22).



**Figura 22.** Dispositivo indicador de máximo nivel de llenado de líquidos, la espiral de expansión (pictel) y la localización de posibles puntos de fuga (X). **Fuente:** PEMEX Gas, 2007.

5. Para evitar que las válvulas de seguridad fallen, manténgalas con un capuchón metálico, o un tapón especial de hule que las protege de la lluvia y de agentes extraños como polvo, basura, agua, etc.
6. Cada vez que cambie cilindros, exija a los operadores que no los maltraten y que le entreguen cilindros en buenas condiciones. Si la apariencia de estos no les satisface pida que se los cambien.
7. Asegúrese de utilizar las herramientas adecuadas al conectar y desconectar cilindros.
8. Una vez abierta la válvula de servicio, busque fugas con agua jabonosa en los puntos marcados con “X”. Si observa burbujas, cierre la válvula de servicio y reapriete las conexiones.
9. No fuerce la espiral de expansión, su flexibilidad está diseñada para facilitar, sin dañar la conexión entre las válvulas de servicio y los reguladores de presión.
10. No modifique su instalación sin la debida autorización. Consulte a los distribuidores.
11. Según La NFPA-58 los cilindros vacíos, se manejan como si estuvieran llenos de producto y se dispondrán para incineración bajo control.





En condiciones ideales de homogeneidad, las mezclas de aire con menos de 1.8% y más de 9.3% de gas licuado no explotarán, aun en presencia de una fuente de ignición. Sin embargo a nivel práctico debe desconfiarse de las mezclas cuyo contenido se acerque a la zona explosiva, donde solo se necesita una fuente de ignición para desencadenar una explosión. (Figura 23).

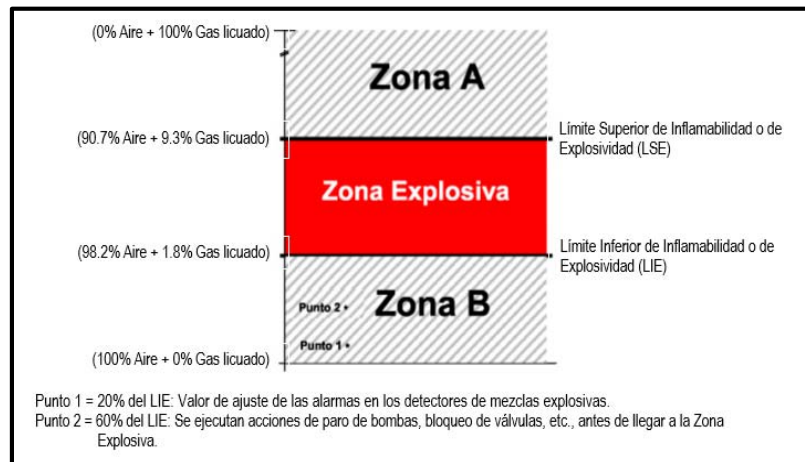


Figura 23. Zonas estables de mezcla aire Gas L.P. Fuente: PEMEX, 2007.



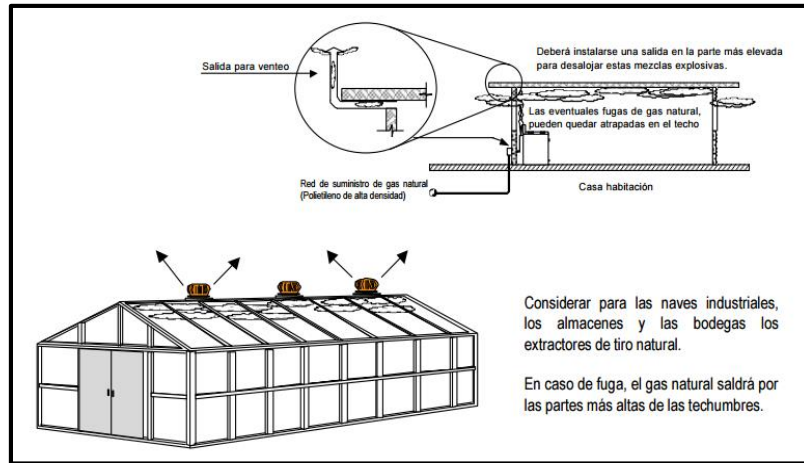
## Anexo IV

### Protocolo para fugas de gas natural.

Al igual que el gas L.P., este gas es clasificado como “gas inflamable” por la guía de respuesta en caso de emergencia.

El protocolo propuesto por PEMEX Gas para estas emergencias es:

- ⊗ Al ser un gas más ligero que el aire, asciende rápidamente a las capas superiores de la atmosfera. Las techumbres deben tener preventivamente venteos para desalojar las nubes de gas
- ⊗ Verificar por medio de pruebas y auditorias que la integridad mecánica-eléctrica de las instalaciones esta en óptimas condiciones (diseño, construcción y mantenimiento):
  - Especificaciones de tubería y prácticas internacionales de ingeniería
  - Detectores de mezclas explosivas, calor y humo con alarmas audibles y visuales
  - Válvulas de operación remota para aislar grandes inventarios, entradas, salidas, etc., en prevención a posibles fugas con actuadores local y remoto en un refugio confiable.
  - Redes de agua contra incendio permanentemente presionadas, con sistemas disponibles de aspersion, hidrantes y monitores, con revisiones y pruebas frecuentes.
  - Extintores portátiles
- ⊗ En caso de fugas en espacios abiertos proceda a bloquear las válvulas que alimentan la fuga y esperar la dispersión del material
- ⊗ En caso de fugas en espacios cerrados elimine precavidamente fuente de ignición y prevenga venteos para expulsar las probables fugas que pudieran quedar atrapadas (Figura 24).



**Figura 24.** Ventilación recomendada en instalaciones con Gas Natural. **Fuente:** PEMEX, 2000.



## Anexo V

### Protocolo para fugas de $\text{NH}_3$

La guía de respuesta en caso de emergencia clasifica esta sustancia como “gas corrosivo”. Esta sustancia es fatal si se inhala, se ingiere o se absorbe por la piel.

En caso de fuga o descompresión rápidas algunas recomendaciones son:

- ⊗ Evacuar la zona, de 30 metros a 150 metros a la redonda y se debe proteger a la población en dirección del viento de 0.1 km a 2 km dependiendo la magnitud de la fuga.
- ⊗ Utilizar equipo de seguridad básico (lentes, guantes y bata) dependiendo de la magnitud del derrame usar equipo especial de respiración y botas.
- ⊗ Tomando en cuenta la dirección del viento implementar una cortina de agua en forma de rocío a favor de este, esto precipitara el material el cual se guardara como residuos corrosivos y tóxicos para su posterior neutralización con ácido acético o disoluciones diluidas de ácido clorhídrico.
- ⊗ Mantener el material derramado alejado de fuentes de agua y drenajes construyendo diques con tierra, sacos con arena o espuma de poliuretano. El líquido se absorbe con algún producto comercial para contener derrames
- ⊗ Si es posible voltear los contenedores que presenten fugas para que escapen los gases en lugar del líquido.
- ⊗ Si el derrame o fuga es en el agua, neutralizar con ácido diluido. Si las concentraciones son de 10 ppm o mayor se puede agregar 10 veces la cantidad derramada de carbón activado, después se sacaran los sólidos.
- ⊗ Todos los desechos deben transferirse en recipientes de polietileno y neutralizar con ácido clorhídrico 6M controlando la temperatura.
- ⊗ Su almacenaje debe estar totalmente aislado de productos químicos como oxígeno, halogenados y ácidos, así como evitar su contacto con la luz solar directa.
- ⊗ Los cilindros donde se almacena el gas deben estar sujetos a la pared con el capuchón protector de la válvula a temperaturas menores de 52°C



## Anexo VI

### Protocolo para incendios con pólvora.

La pólvora se clasifica como “sólidos inflamables” en base a lo que marca la guía de respuesta en caso de emergencia. La relación incendio – explosión es muy común con este material, ya que una explosión puede causar un incendio en el sitio o viceversa un incendio con pólvora cerca generara una explosión.

Las instrucciones que nos indica la guía son las siguientes:

En caso de incendio pequeño:

- ⊗ usar polvo químico seco, CO<sub>2</sub>, arena, tierra, rocío de agua o espuma regular.

En caso de incendio grande:

- ⊗ use rocío de agua, niebla o espuma regular.
- ⊗ mueva los contenedores del área de fuego.

Si el incendio involucra pastas metálicas:

- ⊗ use arena seca, grafito en polvo, extinguidores a base de cloruro de sodio seco, G-1® , o polvo Met-L-X®.

Si el incendio se da en tanques, vagones o remolques y sus cargas:

- ⊗ enfríe los contenedores con chorros de agua hasta mucho después de que el fuego se haya extinguido.
- ⊗ utilizar los soportes fijos para mangueras o los chiflones reguladores, si es imposible retírese del área y deje que arda.
- ⊗ Si sale un sonido creciente de los mecanismos de seguridad de las ventanillas o el tanque se empieza a decolorar retírese inmediatamente.
- ⊗ Manténgase alejado de los tanques envueltos en fuego.
- ⊗ Si hay un derrame de material, se debe rociar con agua y abrir un dique de contención para su desecho posterior, así como evitar su ingreso a alcantarillas o áreas confinadas.



## Anexo VII

### Protocolo para derrames de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

La guía de respuesta en caso de emergencia clasifica esa sustancia como “Reactiva con el agua-corrosiva”.

Los derrames de este material son muy comunes por lo que las indicaciones de respuesta de emergencia son las siguientes:

- ⊗ Usar trajes protectores de encapsulamiento total contra el vapor.
- ⊗ No tocar los contenedores dañados o el material derramado a menos que esté usando ropa protectora adecuada.
- ⊗ Detenga la fuga en caso de poder hacerlo sin riesgo.
- ⊗ Use rocío de agua para reducir los vapores; no ponga agua directamente sobre la fuga, área de derrame o la parte interna de un contenedor
- ⊗ Mantener los materiales combustibles lejos del material derramado.

Si el derrame es pequeño:

- ⊗ Cubrir con tierra seca, arena seca y otro material no combustible seguido con una película de plástico para disminuir la expansión o el contacto con la lluvia.
- ⊗ Use herramientas limpias a prueba de chispas para recoger el material y depositarlo en contenedores forrados de plástico para su desecho posterior.
- ⊗ Prevenga la entrada hacia vías navegables, alcantarillas, sótanos o áreas confinadas.