Fenómeno Químico Tecnológico

Índice

Sustancias Químicas **1**

Definición 1

Propiedades de las sustancias químicas 1

Ubicación de las sustancias químicas peligrosas 3

Sistemas de identificación de las sustancias químicas peligrosas 4

NFPA 704. Sistema Normativo para la Identificación de los Riesgos de Materiales para Respuesta a Emergencias 4

Sistema Globalmente Armonizado (SGA) 6

Fenómeno Químico Tecnológico **14**

Definición 14

Incendios 14

Definición de fuego 14

Clasificación del fuego de acuerdo al combustible del que proviene[12] 15

Clasificación del fuego de acuerdo a su comportamiento 16

Flash fire (Fuego repentino) 16

Fire Ball (Bola de fuego) 16

Pool Fire (Piscina de fuego) 17

Jet Fire (Dardo de fuego) 17

Definición de incendio 18

Clasificación de los incendios de acuerdo con el lugar en el que se presentan 18

Incendios Industriales 18

Incendios Urbanos 19

Incendios Forestales 20

Explosiones 21
Definición 21
Clasificación de las explosiones 21
Explosiones de nubes de vapor 22
BLEVE (Boiling Liquid Expading Vapour Explosion) 23
Explosiones de Sólidos y Líquidos 23
Fugas Tóxicas 24
Derrames 25
Radiaciones 26
Antecedentes históricos internacionales, nacionales y estatales de la ocurrencia de Fenómenos Químico-Tecnológicos 28
Antecedentes internacionales 28
Antecedentes nacionales 30
Antecedentes en el Estado de Guanajuato 32
Impacto socioeconómico de los desastres químicos en México 32
Presencia de peligros y riesgos por sustancias químicas en el Estado de Guanajuato 34
Atención del Fenómeno Químico-Tecnológico por parte de la Coordinación Estatal de Protección Civil de Guanajuato 36
Gestión Integral de Riesgos. Principal herramienta de la Coordinación Estatal de Protección Civil de Guanajuato en la atención del Fenómeno Químico-Tecnológico 37
Identificación 38
El Atlas de Riesgos como herramienta para las etapas de Previsión, Prevención, Mitigación y Preparación 40
Referencias 42

Sustancias Químicas

Definición

Las sustancias químicas son materia de composición constante caracterizada por las entidades que la constituyen (átomos y moléculas).1 Forman parte de nuestros cuerpos y dan soporte a la vida de nuestro organismo. Están presentes en todas las cosas que tocamos y utilizamos, en sus tres estados de agregación más representativos como sólidos, líquidos y gases, por lo que son parte de nuestra vida diaria.

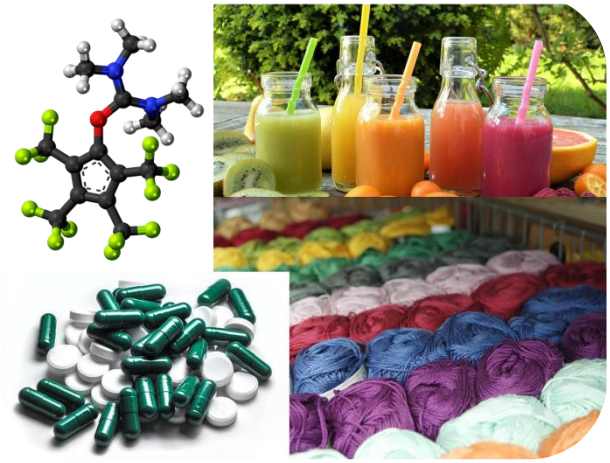


Fig. 1. Sustancias químicas.[2]

Propiedades de las sustancias químicas

Las sustancias químicas poseen propiedades físicas y químicas como la densidad, conductividad, reactividad, etc. que las hacen atractivas para distintas aplicaciones en áreas que contribuyen a mejorar nuestra calidad de vida, como lo es en el campo de la medicina y la salud, la industria alimenticia, el sector energético, etc.

En contraparte, las propiedades físicas y químicas de las sustancias, sumado a las condiciones en las que se manejan, transportan, almacenan o procesan, resultan en el potencial de causar daño a la vida, la salud de las personas, y daños materiales a sus propiedades o al ambiente, representando así estas propiedades y

condiciones situaciones de **peligro**. Los posibles daños que pueden causar son los **riesgos** que las **sustancias químicas peligrosas** representan.

Fig. 2. Propiedades de las sustancias químicas.[2]

Algunas de las propiedades más representativas que hacen a las sustancias químicas ser peligrosas y representar riesgos, son las siguientes:

Inflamabilidad[3]: Es la medida de la facilidad que presenta un gas, líquido o sólido para encenderse y de la rapidez con que, una vez encendido, se diseminarán sus llamas. Cuanto más rápida sea la ignición, más inflamable será el material[3].

Corrosividad[3]: Las sustancias químicas corrosivas pueden quemar, irritar o destruir los tejidos vivos y material inorgánico.

Gases corrosivos: Causan daño en el cuerpo debido al contacto con la piel y por inhalación.

Líquidos corrosivos: Se utilizan frecuentemente en los laboratorios y son, en gran medida, causa de lesiones corporales externas.

Sólidos corrosivos: Producen lesiones retardadas. Debido a que los sólidos se disuelven fácilmente en la humedad de la piel y del aparato respiratorio, los efectos de los sólidos corrosivos dependen en gran medida de la duración del contacto.

Reactividad[3]: Es la capacidad de las sustancias para por sí mismas o en combinación con otras, detonar, tener una descomposición explosiva o producir un rápido y violento cambio químico.

Toxicidad[3]: La toxicidad se define como la capacidad de una sustancia para producir daños en los tejidos vivos, lesiones, enfermedad grave o en casos extremos la muerte, cuando se ingiere, inhala o se absorbe a través de la piel.

Explosividad[3]: Capacidad de las sustancias químicas que provocan una liberación instantánea de presión, gas y calor, ocasionando por un choque repentino, presión o alta temperatura.

Ubicación de las sustancias químicas peligrosas

Los peligros y riesgos que una sustancia puede representar no solo dependen de las propiedades de esta, sino también del volumen o la cantidad presente y de su ubicación. Las instalaciones donde comúnmente se pueden encontrar sustancias químicas peligrosas en México son las siguientes[4]:

- Refinerías
- Instalaciones Industriales: cuero calzado
- Talleres de manufactura: textil, sombrero
- Lugares donde se almacene Gas L.P.
- Terminales de autotransporte de carga
- Plantas potabilizadoras de agua
- Plantas de tratamiento de aguas residuales
- Plantas de refrigeración
- Terminales de ferrocarriles: patios de maniobras, áreas de almacenamiento, etc.
- Plantas de tratamiento y/o disposición de residuos
- Terminales marítimas
- Aeropuertos
- Comercios
- Gasolineras
- Tintorerías
- Restaurantes
- Tlapalerías
- Tortillerías
- Mercados
- Estaciones de carburación
- Talleres y Almacenes de materiales pirotécnicos
- Hospitales que manejan materiales radioactivos

- Lugares donde se almacenen sustancias de uso agrícola
- Minería
- Industria de la construcción
- Transportación

Fig. 3. Ubicación de sustancias químicas peligrosas.[2]

Sistemas de identificación de las sustancias químicas peligrosas

Además de conocer los principales lugares donde se ubican las sustancias químicas peligrosas, es importante identificarlas y comunicar los peligros y riesgos que éstas representan, para esto existen varios tipos de sistemas implementados por diferentes organismos internacionales. A continuación, se describirán los más importantes por su uso en México.

NFPA 704. Sistema Normativo para la Identificación de los Riesgos de Materiales para Respuesta a Emergencias.

El trabajo sobre esta norma se originó desde 1952, gran parte del desarrollo fue hecho por el Comité seccional de la National Fire Protection Association (NFPA) para clasificación, sellado y propiedades de líquidos inflamables.

Esta norma está dirigida a los riesgos para la salud, inflamabilidad, inestabilidad y riesgos relacionados que se presentan por la exposición intensa, a corto plazo a un material o sustancia química bajo condiciones de incendio, derrame o emergencias similares. El objetivo de la norma es proporcionar un sistema sencillo, fácilmente reconocible y comprensible de identificación para dar una idea general de los

peligros y riesgos de una sustancia química, y la gravedad de estos en relación a la respuesta de emergencias[5].

Las etiquetas que propone la norma NFPA 704 proporcionan una señal o alerta apropiada para la protección del personal de respuesta a emergencias, asisten en la planificación de operaciones efectivas de control de incendios y emergencias, incluida la limpieza. Ayuda también a que las personas que están presentes en lugares donde existe la presencia de sustancias químicas peligrosas pueda realizar un inventario y evaluación de los riesgos que los materiales representan en sus instalaciones[5].

El sistema es caracterizado por un “rombo”. Éste identifica los riesgos de los materiales, y el grado de severidad de los riesgos a la salud, inflamabilidad e inestabilidad química o reactividad. La severidad de los riesgos es indicada por un rango numérico que va del cero (0) indicando un mínimo riesgo, a cuatro (4) que indica un riesgo severo. Los riesgos se organizan espacialmente como sigue: salud en la posición de las nueve, inflamabilidad en la posición de las doce y reactividad en la posición de las tres. Además de la orientación espacial que se puede utilizar para distinguir los riesgos, también están codificados por colores como sigue: azul para la salud, rojo para la inflamabilidad, y amarillo para la reactividad o inestabilidad. Los tonos de rojo, azul y amarillo no están regulados, pero deben ser colores contrastantes. Las clasificaciones de peligro pueden tener fondos de color con números coloreados contrastantes o números coloreados con un fondo blanco (fig. 4).[5]

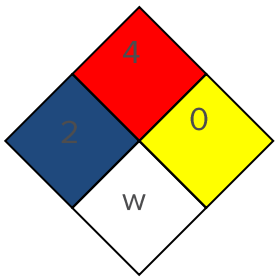


Fig. 4. Etiqueta del sistema de identificación de riesgos de la NFPA 704.[6]

En la posición de las seis con fondo blanco se representan los riesgos especiales. Los símbolos son ₩, OX, y SA. ₩ significa reactividad inusual con el

agua y es una advertencia sobre el uso del agua sobre la sustancia en caso de incendio o en respuesta al control de un derrame. OX, indica que el material es un oxidante. SA, indica que el material es un simple gas asfixiante (nitrógeno, helio, neón, argón, krypton o xenón).[5]

Sistema Globalmente Armonizado (SGA)

Dada la realidad del extenso comercio de sustancias químicas, y la necesidad de desarrollar programas para garantizar su seguridad en el uso, transporte y disposición, se encontró la necesidad de crear una clasificación y sistema de etiquetamiento de manera internacional y armonizada. Para esto es necesario que los países dispongan de información sobre las sustancias químicas que importan y producen, y poder crear la infraestructura para controlar la exposición química de una manera comprensible, y así proteger a la gente y al ambiente.[7]

El Sistema Globalmente Armonizado tiene sus orígenes en un mandato emitido en el año de 1992 en la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (UNCED), que tuvo lugar en Río de Janeiro, Brasil, con el objetivo de tener una clasificación y un sistema de etiquetado compatible, incluyendo etiquetado y hojas de seguridad con símbolos fácilmente entendibles, disponible para el año 2000.[7]

Los siguientes símbolos de peligro son los símbolos estándar que deben ser usados cuando se aplique el Sistema Globalmente Armonizado (Fig. 5).

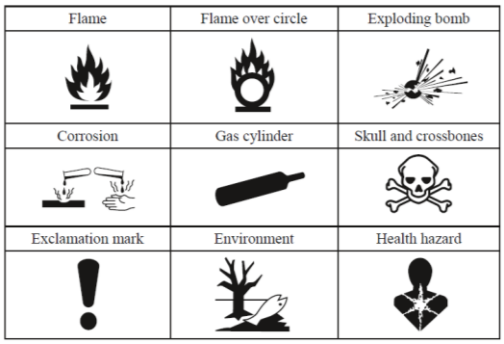


Fig. 5. Símbolos de Peligro del sistema Globalmente armonizado[7].

Los pictogramas del sistema son una composición que debe incluir un símbolo de los mostrados en la figura 5, sumado a otros elementos como un borde, un patrón de fondo o un color que signifique información específica. En general, los pictogramas tendrán el símbolo en color negro sobre un fondo blanco con un marco de diamante rojo, como se muestra en la figura 6.[8]

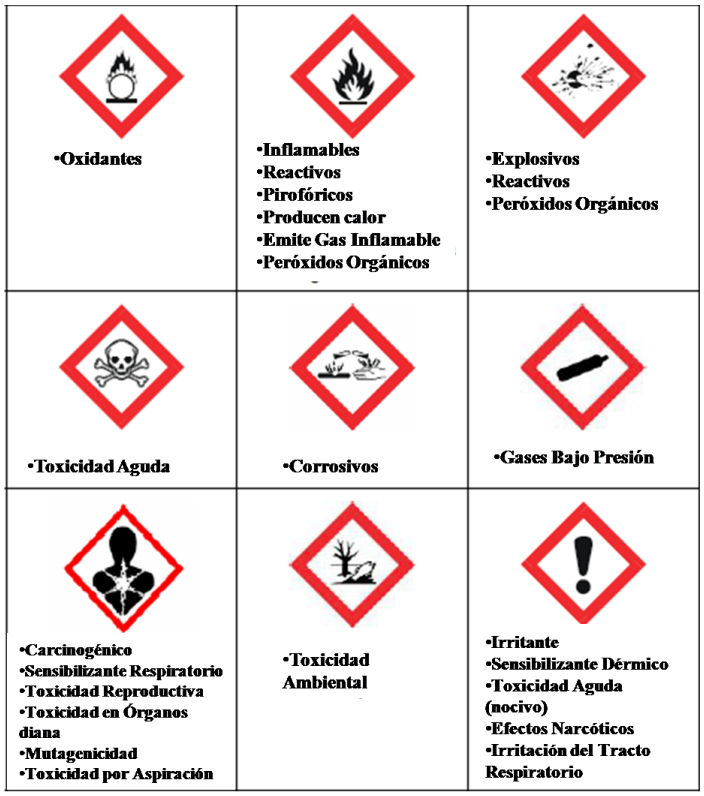


Fig. 6. Pictogramas y clases de peligros del SGA.[8]

En el caso de los pictogramas usados para el transporte de sustancias químicas peligrosas debe seguirse la reglamentación de las Naciones Unidas. Esta reglamentación abarca una amplia gama de público objetivo, aunque los trabajadores del transporte y los respondientes a las emergencias son los principales. Otro tipo de público son quienes ofrecen o aceptan bienes peligrosos, quienes transportan, cargan o descargan sustancias químicas peligrosas dentro o desde vehículos de transporte o contenedores de carga. Todas las personas en general necesitan información sobre prácticas generales de seguridad que son apropiadas para las situaciones de transporte de sustancias peligrosas.[7] Por

ejemplo, en un accidente carretero en el que se ven involucradas sustancias químicas peligrosas, es necesario que los trabajadores de la transportación, civiles y cuerpos de emergencia, tengan conocimiento de las etiquetas que caracterizan a la sustancia que se estaba transportando.

A continuación se muestran los pictogramas que deben usarse en el transporte de sustancias químicas peligrosas (Fig. 7-25):[9]

Peligro Clase 1. Materiales y objetos explosivos:

Fig. 7. Divisiones 1.1, 1.2, 1.3. Símbolo (bomba explotando): negro; Fondo: naranja; La cifra "1" en la esquina inferior.

Fig. 8. Divisiones 1.4, 1.5, 1.6. Fondo: naranja; Figuras: negro; La cifra "1" en la esquina inferior.

Peligro Clase 2. Gases:

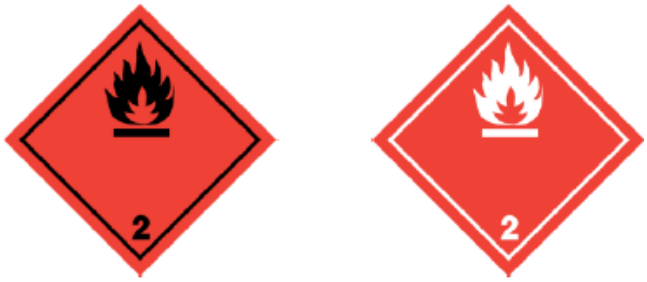


Fig. 9. División 2.1. Gases inflamables. Símbolo (llama): negro o blanco; Fondo: rojo; La cifra "2" en la esquina inferior.

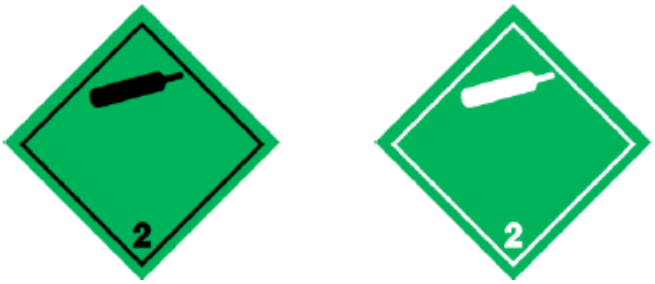


Fig. 10. División 2.2. Gases no inflamables, no tóxicos. Símbolo (Cilindro de gas): negro o blanco; Fondo: verde; La cifra "2" en la esquina inferior.

Fig. 11. División 2.3. Gases tóxicos. Símbolo (Calavera): negro; Fondo: blanco; La cifra "2" en la esquina inferior.

Peligro de Clase 3. Líquidos inflamables:

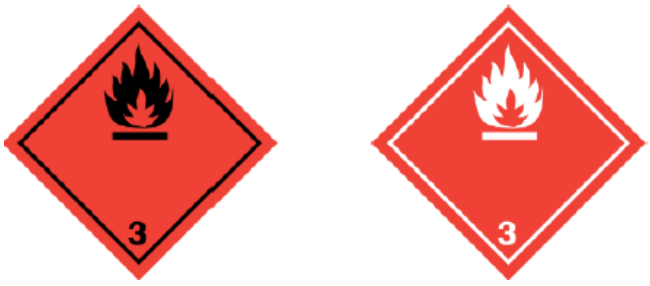


Fig. 12. Símbolo (llama): negro o blanco; Fondo: rojo; La cifra "3" en la esquina inferior.

Peligro de Clase 4:

Fig. 13. División 4.1. Sólidos inflamables. Símbolo (llama): negro; Fondo: blanco con siete franjas rojas verticales; La cifra "4" en la esquina inferior.

Fig. 14. División 4.2. Sustancias susceptibles a combustión espontánea. Símbolo (llama): negro; Fondo: mitad superior en blanco, mitad inferior en rojo; La cifra 4 en la esquina inferior.

Fig. 15. División 4.3. Sustancias que, en contacto con agua, emiten gases inflamables. Símbolo (llama): negro o blanco; Fondo: azul; La cifra "4" en la esquina inferior.

Peligros de Clase 5:

Fig. 16. División 5.1. Sustancias oxidantes. Símbolo (llama sobre un círculo): negro; Fondo: amarillo; La cifra "5.1" en la esquina inferior.

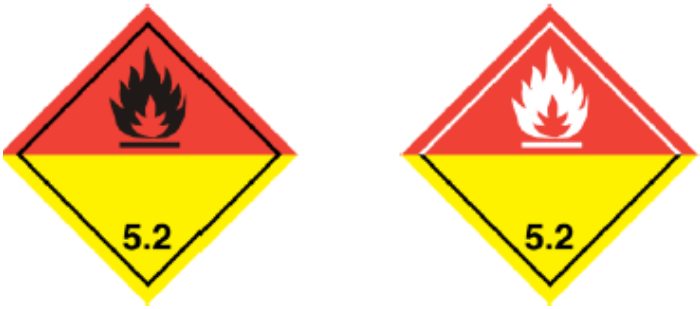


Fig. 17. División 5.2. Peróxidos orgánicos. Símbolo (llama): blanco o negro; Fondo: Mitad superior en rojo, mitad inferior en amarillo; La cifra "5.2" en la esquina inferior.

Peligros de Clase 6:

Fig. 18. División 6.1. Sustancias tóxicas. Símbolo (calavera): negro; Fondo: blanco; La cifra "6" en la esquina inferior.

Fig. 19. División 6.2 Sustancias Infecciosas. La mitad inferior de la etiqueta puede llevar las inscripciones: "SUSTANCIAS INFECCIOSAS" y "En caso de daño o fuga inmediatamente notificar a la Autoridad Pública Sanitaria"; Símbolo (tres lunas crecientes superpuestas en un círculo) e inscripciones: negro; Fondo: blanco; La cifra “6” en la esquina inferior.

Peligros de clase 7. Material Radiactivo:

Fig. 20. Categoría I (7A). Blanca. Símbolo (trébol): negro; Fondo: blanco; Texto (obligatorio): negro en la mitad inferior de la etiqueta, "RADIOACTIVE", "CONTENTS", "ACTIVITY"; La palabra "RADIOACTIVE" seguida de una barra roja vertical; La cifra "7" en la esquina inferior.

Fig. 21. Categoría II (7B) y III (7C). Amarilla. Símbolo (trébol): negro; Fondo: mitad superior en amarillo con borde blanco, mitad inferior en blanco; Texto (obligatorio): negro en la mitad inferior de la etiqueta, "RADIOACTIVE", "CONTENTS", "ACTIVITY"; En una caja delimitada con negro la frase "TRANSPORT INDEX"; La palabra "RADIOACTIVE" seguida de dos y tres barras rojas verticales para la Categoría II y Categoría III, respectivamente; La cifra "7" en la esquina inferior.

Fig. 22. Material fisionable (7E). Fondo: blanco; Texto (obligatorio): Negro en la mitad superior de la etiqueta "FISSILE"; En un cuadro delimitado con negro en la mitad inferior de la etiqueta la frase "CRITICALLY SAFETY INDEX". La cifra "7" en la esquina inferior.

Peligros de Clase 8. Sustancias Corrosivas:

Fig. 23. Símbolo (líquidos derramándose desde dos recipientes de vidrio y atacando una mano y un metal): negro; Fondo: La mitad superior en blanco, la mitad inferior en negro con borde blanco; La cifra "8" en la esquina inferior.

Peligros de Clase 9. Sustancias y artículos peligrosos misceláneos, incluyendo las sustancias ambientalmente peligrosas:

Fig. 24. No. 9. Símbolo (Siete barras verticales en la mitad superior): negro; Fondo: blanco; La cifra "9" subrayada en la esquina inferior.

Fig. 25. No. 9A. Símbolo (siete barras verticales negras en la mitad superior; un grupo de baterías, una rota y emitiendo llama en la mitad inferior): negro; Fondo: blanco; La cifra "9" subrayada en la esquina inferior

Fenómeno Químico Tecnológico

Definición

Las propiedades de las sustancias químicas peligrosas pueden desencadenar situaciones de emergencia, que se definen como situaciones que causan un daño a la sociedad, y propician un riesgo excesivo para la seguridad e integridad de la población en general, asociada con la inminencia, alta probabilidad o presencia de un agente perturbador,[10] o en este caso denominado Fenómeno Químico-Tecnológico.

Un Fenómeno Químico-Tecnológico se genera por la acción violenta de diferentes sustancias, derivada de su interacción molecular o nuclear, comprendiendo fenómenos destructivos tales como incendios de todo tipo, explosiones, fugas tóxicas, radiaciones y derrames.[10]

Incendios

Definición de fuego

El fuego es resultado de la combustión, que es un proceso de oxidación que combina oxígeno con cualquier otra sustancia a la que se le denomina combustible. Reacción que ocurre a muy altas velocidades, por lo que produce emisiones de luz, sonido y calor, éste último expresado en un aumento en la temperatura.

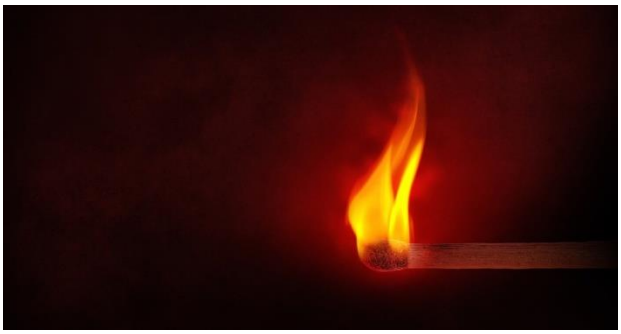


Fig. 26. Fuego proveniente de la combustión de un fósforo.[2]

Tres requerimientos son esenciales para que existan las reacciones de combustión, y por lo tanto poder producir fuego: el agente oxidante (comúnmente el oxígeno del aire), el material combustible (lo que se puede quemar), y una fuente de ignición. Si uno de estos tres requerimientos está ausente, la combustión y la presencia de fuego no ocurrirán. Generalmente, la energía de activación requerida para iniciar una reacción de combustión es suministrada por una fuente de ignición, después de que ésta ocurre, la reacción de combustión libera suficiente energía para mantener la reacción sin una fuente de ignición externa, a este elemento se le conoce como reacción en cadena, y es considerado recientemente como un cuarto elemento de los esenciales para las reacciones de combustión.[11]

Clasificación del fuego de acuerdo al combustible del que proviene[12]

De acuerdo con los componentes del fuego, éste puede clasificarse basado en el tipo de combustible del que proviene y que lo mantiene:

Clase A: Fuego proveniente de materiales combustibles ordinarios como la madera, telas, papel, caucho, y algunos plásticos.

Clase B: Fuego en líquidos inflamables, combustibles líquidos, gases de petróleo, alquitranes, aceites, pinturas basadas en aceites, solventes, lacas, alcoholes, y gases inflamables.

Clase C: Fuego que involucra equipo eléctricamente energizado donde la no conductividad eléctrica del medio extinguidor es importante.

Clase D: Fuego en combustibles metálicos, como es el magnesio, titanio, zirconio, sodio, litio, y potasio.

Clase K: Fuego en aparatos de cocina que involucran medios de cocción alimentados por combustibles (aceites animales o vegetales y grasas).

Clasificación del fuego de acuerdo a su comportamiento

Una vez que el fuego es producido, existen diferentes maneras en las que éste va a comportarse:

Flash fire *(Fuego repentino)*

Ocurre cuando una nube de vapor, formada por una fuga, es encendida sin la creación de una sobrepresión significativa. Si la ignición es inmediata la nube será de un tamaño no tan grande, pero si la nube tiene un tiempo para propagarse sobre gran parte del sitio y posteriormente ocurre la ignición, un mayor fuego de nube de vapor puede resultar.[13]

Fig. 27. Flash fire (Fuego repentino).

Fire Ball *(Bola de fuego)*

Es una ignición espontánea de una nube de vapor sin tener suficiente energía para explotar, produciendo una bola de fuego o “fireball”. Este mecanismo es generalmente observado cuando líquidos con altos puntos de ebullición, pero altamente inflamables son almacenados o procesados en extremas condiciones de temperatura y presión. La mayoría de los casos en los que ocurren bolas de fuego están relacionados a gases licuados inflamables.[13]

Fig. 28. Fire ball (Bola de fuego).[2]

Pool Fire *(Piscina de fuego)*

Cuando un líquido inflamable se derrama sobre el suelo y es encendido, ocurre una piscina de fuego o “pool fire”. Cuando un líquido inflamable es encendido en el lugar en el que se almacena es también una forma de piscina de fuego. Otra forma de piscina de fuego es cuando el líquido combustible se derrama sobre agua y éste se enciende.[13]

Fig. 29. Pool Fire (Piscina de fuego).[2]

Jet Fire *(Dardo de fuego)*

Es el fuego producido por la combustión de un gas inflamable procedente de un tubo u otro orificio, formándose en el punto de salida un dardo de fuego o “jet fire”. Los dardos de fuego pueden ocurrir de manera accidental o intencional, en

quemadores y flares. La expulsión de un fluido inflamable desde un recipiente, tubería o accesorio de tubería puede dar lugar a una flama en forma de dardo si el material se enciende. Un caso común en el que ocurren dardos de fuego, es cuando resulta de la ignición de material inflamable expulsado desde una válvula de alivio de presión, siendo de vital importancia en el diseño de los recipientes de almacenamiento y de las válvulas de seguridad que deberán instalarse.[13]

Fig. 30. Jet Fire (Dardo de fuego).[2]

Definición de incendio

Cuando el fuego que se produce se manifiesta de manera no controlada y ocurre la quema de materiales que son combustibles pero que no estaban destinados a quemarse, provocando la afectación de la salud, la vida y los bienes materiales, se le denomina **incendio**.

Clasificación de los incendios de acuerdo con el lugar en el que se presentan

Se puede clasificar a los incendios de acuerdo con el lugar en el que se presentan:

Incendios Industriales

Son incendios en áreas de ocupación industrial, caracterizadas por la manufactura de productos, y en las que se realizan operaciones de procesamiento, ensamblaje, mezclado, empaquetado, acabado, decorado o reparación.[12]

Las causas que provocan un incendio industrial son principalmente fallas en el equipo de calentamiento, por las temperaturas a las que opera y el uso de combustible que requiere, y en general del equipo industrial. Otras causas son fallas mecánicas o malos funcionamientos del equipo industrial como fuentes de ignición, el calor generado por los equipos motorizados, el calor irradiado o conducido por los equipos de operación, las chispas, brazas o llamas generadas por equipos o herramientas de operación. Las áreas principales de origen de los incendios industriales son donde se lleva a cabo el proceso o la fabricación y en los cuartos de trabajo. En la mayoría de los incendios industriales, los materiales que se incendian primero son líquidos o gases inflamables, combustibles, tuberías y filtros, polvos y fibras o pelusas como el aserrín.[14]

Fig. 31. Incendio industrial atendido por los Bomberos de la Coordinación Estatal de Protección Civil.

Incendios Urbanos

Son incendios no controlados de grandes proporciones, que pueden ocurrir en inmuebles como viviendas (21.7%), comercios (17.6%), bodegas (12.2%), lotes baldíos (11.2%), basureros y rellenos sanitarios (8.3%), hospitales y clínicas (2.3%), oficinas (1.4%) y escuelas (1.1%).[15]

Las principales causas que provocan los incendios urbanos son fallas en las instalaciones eléctricas de los inmuebles, almacenamiento de combustibles principalmente Gas L.P., acumulación de grasa en la cocina, almacenamiento de sustancias químicas, y en menor medida causados intencionalmente.[15]

Fig. 32. Incendio Urbano.[2]

Incendios Forestales

Son incendios que se producen cuando el fuego entra en contacto con los combustibles vegetales, que es material de tipo vegetal distribuido en las zonas determinadas como forestales, y que es susceptible a encenderse, cuya quema no estaba prevista, lo que obliga a intentar su extinción.

En México, el 97% de los incendios forestales se generan por actividades humanas. Se estima que el 44% se deben a actividades agropecuarias: quema de pastizales y la práctica de roza-tumba, seguido de provocación intencional de incendios (10%), residuos de fumadores (9%), fogatas (8%), actividades silvícolas (3%), y otras actividades como rayos, trenes, líneas eléctricas, cultivos ilícitos y basureros (23%).[16]

- Programa Estatal de Protección Civil (Plan de Contingencia) para la atención de Fenómenos Químico Tecnológicos originados por la Temporada de Prevención, Combate, Control y Extinción de Incendios Forestales y de Pastizales 2021

Fig. 33. Incendio Forestal.[2]

Explosiones

Definición

Una explosión es definida como un fenómeno donde una onda de choque (presión) es generada en el aire por una rápida liberación de energía. Esta energía puede originalmente haber estado almacenada en un sistema que puede ser de formas diversas, por ejemplo, fuentes nucleares, químicas, eléctricas, o en sistemas presurizados. Para considerarse como explosión, la liberación de energía debe ser suficientemente rápida y concentrada para producir una onda de presión que pueda escucharse. Generalmente, cuanto más distancia viaje la onda de choque desde el centro de la explosión ésta pierde energía, entonces la magnitud de la sobrepresión y otros efectos experimentados por las personas y las construcciones disminuirán cuanto más se incrementa la distancia desde el punto de explosión.[17]

Clasificación de las explosiones

Las explosiones de sustancias químicas se clasifican de acuerdo con la velocidad con la que ocurre la liberación de energía química, que caracteriza a las explosiones como deflagración y detonación.

En una deflagración, el mecanismo de propagación de la reacción de explosión es mediante la transferencia de calor y masa. El material que rodea el sitio inicial de la explosión es calentado, permitiendo la propagación de la reacción, siendo una manera relativamente lenta de transferencia de energía por lo que es siempre menor a la velocidad del sonido. Las deflagraciones son generalmente caracterizadas por un incremento gradual del pico de sobrepresión con largas duraciones, seguida de un decremento gradual de la onda de choque.[17]

En una detonación, el mecanismo de propagación de la explosión es mediante un choque de calentamiento compresivo, es decir, la energía liberada por la explosión se manifiesta en forma de energía térmica y energía mecánica. La detonación se manifiesta rápidamente a causa de la transmisión instantánea de fuerzas mecánicas. Las velocidades de propagación de la detonación son siempre mayores a la velocidad del sonido. Son caracterizadas por un rápido incremento en el pico de sobrepresión.[17]

Fig. 34. Los fuegos artificiales combinan los efectos de detonación y deflagración.[2]

Existen diferentes tipos de explosiones que pueden producirse a partir de sustancias químicas:

Explosiones de nubes de vapor

Resultan de la ignición de una mezcla de vapores, gases, aerosoles, o nieblas inflamables, en la que las velocidades de las llamas aceleran a velocidades suficientemente altas para producir sobrepresiones significativas. Las explosiones de nubes de vapor son generalmente asociadas cuando se presenta la liberación de una cantidad suficiente de gas o vapores de líquidos inflamables de un tanque de almacenamiento, equipo de procesamiento, recipientes para transporte, o sistema de tuberías.[17]

Fig. 35. Explosión de una nube de vapor (extremo derecho).[2]

BLEVE (Boiling Liquid Expading Vapour Explosion)

El escenario para una Expansión Explosiva del Vapor de un Líquido en Ebullición, BLEVE por sus siglas en inglés, considera comúnmente la ruptura repentina de un recipiente a presión que almacena Gas Licuado de Petróleo (Gas L.P.) por consecuencia de un debilitamiento en su estructura, provocada por ausencia de mantenimiento del recipiente, uso posterior a la fecha de vencimiento del recipiente, impacto de un agente externo con el mismo, o un incendio externo. La ruptura repentina da lugar a un escape súbito del Gas L.P. que cambia masivamente al estado de vapor dando lugar a una bola de fuego, formada por la deflagración de la masa de vapor liberada. Tras producirse el estallido del recipiente, la masa evaporada asciende al exterior, arrastrando finísimas gotas de líquido, entrando en combustión en forma de hongo. Dicha bola de fuego se irá expandiendo a medida que va ardiendo la totalidad de masa de vapor liberada.[18]

Fig. 36. Explosión tipo BLEVE.

Explosiones de Sólidos y Líquidos

Las explosiones de sustancias químicas también pueden ser posibles cuando éstas se encuentran en fase sólida como la pólvora o líquida como la nitroglicerina, no siendo exclusivas de gases o vapores inflamables. Existen materiales sólidos y líquidos que tienen altos calores de descomposición, cuyas reacciones se llevan a cabo a velocidades que se reflejan en explosiones comúnmente caracterizadas por ser detonaciones. Estos materiales son comúnmente encontrados en explosivos en las municiones y procesos químicos industriales.[17]

Fig. 37. Explosión de dinamita.

En nuestro país, las sustancias sólidas y líquidas explosivas son usadas en la minería, construcción y demolición de infraestructura, y en la creación de artificios pirotécnicos.

Los artificios pirotécnicos o fuegos artificiales, son artesanías que se elaboran con pólvora, que es una mezcla explosiva de nitrato de potasio, azufre y carbono, para producir explosiones con efectos luminosos, humo de colores y sonido, con fines recreativos, por lo que han adquirido un gran valor cultural, presentes como elementos festivos.[19]

Fig. 38. Manipulación de pirotecnia en festividades nacionales.[2]

Fugas Tóxicas

Es la liberación de sustancias químicas en cualquiera de sus estados de agregación (sólido, líquido o gas) del recipiente en el que están contenidos hacia al ambiente.

Las fugas tóxicas están relacionadas mayormente a gases tóxicos, siendo caracterizadas por la liberación comúnmente involuntaria o accidental de gases de efectos nocivos para la salud y el ambiente. La capacidad de difusión del gas en el ambiente dependerá de las propiedades físicas y químicas que éste tenga, y de las condiciones atmosféricas del lugar en el que se difunda.

Fig. 39. Liberación de gases tóxicos a la atmósfera.[2]

Derrames

Los derrames son liberaciones de sustancias químicas sólidas o líquidas hacia el suelo o el agua. Pueden generar vapores tóxicos que se movilizaran en el ambiente de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas y las condiciones atmosféricas, también pueden generar vapores inflamables y ocasionar incendios o explosiones. Existen algunas sustancias químicas que son nocivas para el medio ambiente, y ocasionan la contaminación del suelo, el agua y el aire con que tienen contacto.

Fig. 40. Derrame de sustancias químicas peligrosas a través del alcantarillado.[2]

Radiaciones

La radiactividad y la radiación son parte de nuestra vida. Como se mencionó al inicio de este documento, las sustancias químicas están formadas por unidades más pequeñas llamadas moléculas, y éstas a su vez de átomos. Nuestros cuerpos están compuestos principalmente de átomos de carbono, en cuya formación incluye la especie química radioactiva carbono-14.[20]

La radioactividad es un fenómeno natural que tiene muchas aplicaciones beneficiosas, que van desde la generación de electricidad, usos en la medicina, la industria y la agricultura,[21] por lo que su presencia en nuestra sociedad es importante, además de la atención que ha atraído por parte de las economías mundiales para su aprovechamiento.

La radioactividad viene desde dentro de los átomos, de su núcleo, que se encuentra justo en el centro. Un núcleo estable y su átomo pueden perdurar por siempre, muchos de los que existen son estables, pero algunos de ellos no lo son, lo que significa que las fuerzas de su núcleo no están en balance. Esta inestabilidad conduce a que el núcleo del átomo tienda a arreglarse por medio de su desintegración, y para lograrlo ocurre la emisión de energía en forma de radiación: radioactividad.[20]

El arreglo de los núcleos de los átomos por desintegración radioactiva comprende diferentes formas de emisión de energía por medio de las cuales se lleva a cabo, que son: la desintegración alfa, la desintegración beta, y la desintegración gamma.[20]

Cada una de estas desintegraciones afecta de manera diferente al cuerpo humano, de acuerdo con la energía que emiten y a sus propiedades, las cuales se describen a continuación:

La desintegración alfa carece de la energía para penetrar incluso la capa exterior de la piel, por lo que la exposición al exterior del cuerpo no es una preocupación importante. Dentro del cuerpo, sin embargo, puede ser muy dañina. Si las sustancias que presentan una desintegración alfa son inhaladas, tragadas o entran al cuerpo a través de algún otro método, la radiación desde dentro puede dañar el tejido vivo. Los efectos de esta radiación dentro del cuerpo se localizan en pocas células y afectan a su ADN.[22]

La desintegración beta produce una radiación más penetrante que la alfa, pero son menos dañinas para el tejido vivo y el ADN porque las radiaciones que producen están más ampliamente espaciadas. Éstas viajan más lejos en el aire que las alfa, pero pueden ser detenidas por una capa de ropa o por una capa fina de sustancias como el aluminio. Algunas partículas beta son capaces de penetrar en la piel y causar daños tales como quemaduras. Sin embargo, al igual que las sustancias emisoras de radiación tipo alfa son más peligrosas si se inhalan o ingieren.[22]

La desintegración gamma produce radiación que es un peligro para todo el cuerpo. Penetra fácilmente las barreras que pueden detener a las radiaciones de tipo alfa y beta, como la piel y la ropa. Los conocidos rayos gamma tienen tanta capacidad de penetración que pueden ser necesarios varios centímetros de un material denso como el plomo para detenerlos. Los rayos gamma pueden pasar completamente a través del cuerpo humano, causando severos daños al tejido y al ADN contenido en las células.[22]

Los riesgos asociados a las radiaciones que existen hoy en día, derivados de su aprovechamiento o uso inadecuado, deben evaluarse y controlarse, para ello es preciso que actividades tales como los usos de la radiación para fines médicos, la explotación de instalaciones nucleares, la producción, transporte, la utilización de material radiactivo, y la gestión de los desechos radiactivos estén sujetas a normas de seguridad.[21]

Antecedentes históricos internacionales, nacionales y estatales de la ocurrencia de Fenómenos Químico-Tecnológicos

Antecedentes internacionales

Desde mediados del siglo XX, las sustancias químicas han desempeñado un papel cada vez más importante para la economía mundial. Dado el ritmo actual de producción y uso de sustancias químicas, la probabilidad de que se produzcan incidentes químicos ha aumentado fuertemente. En la siguiente tabla (tabla 1), se muestran los principales incidentes químicos de la actualidad y sus consecuencias.

Tabla 1. Ejemplos de fenómenos químico-tecnológicos en el mundo.[23]

Año	Lugar	Descripción del fenómeno químico-tecnológico	Consecuencias
1976	Seveso (Italia)	Escape por el aire de dioxina de una fábrica	• No hubo muertos inmediatos • 3 300 animales murieron • 80 000 animales sacrificados
1984	Bhopal (India)	Fuga de isocianato de metilo de un depósito	• 3 800 muertes inmediatas • 15 000 a 20 000 muertes prematuras • 500 000 personas expuestas al gas

1995	Tokio (Japón)	Liberación deliberada de un agente de guerra química	• 12 muertos • 54 heridos graves • Miles de personas afectadas
2000	Enschede (Países Bajos)	Explosión de una fábrica de fuegos artificiales	• 20 muertos, 562 víctimas • Cientos de casas destruidas • 2000 personas evacuadas
2001	Toulouse (Francia)	Explosión de 300 a 400 toneladas de nitrato de amonio en una planta de fertilizantes	• 30 muertos • 2500 víctimas • 500 casas inhabitables
2002	Galicia (España)	Naufragio del Prestige, que causó el derrame de 77000 toneladas de combustible	• Unos US$ 2800 millones de gastos de limpieza
2002	Jabalpur (India)	Intoxicación masiva por el uso de envases vacíos de plaguicida como utensilios de cocina	• Tres muertos • Al menos 10 hospitalizaciones
2004	Neyshabur (Irán)	Explosión de un tren causada por la mezcla de sustancias incompatibles.	• Centenares de muertos y heridos entre los socorristas y las personas presentes
2005	Río Songhua (China)	Explosión de una fábrica que derramó 100 toneladas de contaminantes al río	• Cinco muertos • Millones de personas estuvieron sin agua por varios días
2005	Bohol (Filipinas)	Utilización errónea de un insecticida en la elaboración de golosinas	• 29 muertos • 104 hospitalizaciones
2005	Hemel Hempstead (Inglaterra)	Tres explosiones de un depósito de petróleo (Buncefield)	• 43 heridos • 2000 personas evacuadas
2006	Abidjan (Côte d'Ivoire)	Vertido de residuos tóxicos en la ciudad de Abidjan	• 10 muertos, millares de afectados
200	Panamá	Dietilenglicol en un	• Al menos 100 muertos

6		jarabe para la tos	
2007	Angola	Bromuro de sodio se confundió con sal de mesa	• Al menos 460 personas enfermaron.

Antecedentes nacionales

En nuestro país, en las últimas dos décadas los fenómenos químico-tecnológicos de mayor impacto socioeconómico han sido explosiones por uso de hidrocarburos e incendios forestales. La tabla 2 muestra una descripción cronológica de los eventos catastróficos producto de la presencia de fenómenos químico-tecnológicos.

Tabla 2. Ejemplos de fenómenos químico-tecnológicos en México.[24]

Año	Lugar	Descripción del fenómeno químico-tecnológico	Consecuencias
1984	San Juan Ixhuatepec (Ciudad de México)	Siete explosiones en una terminal de gas licuado de petróleo	• 400 muertos inmediatos • Más de mil muertos en fechas posteriores. • 5 000 heridos • 5 000 damnificados • 200 casa destruidas
1988	Ixhuapán (Veracruz)	Dardo de fuego en un oleoducto	• 20 muertos • Evacuación de 15 000 habitantes de la zona
1988	La Merced (Ciudad de México)	Estallido de tanque de gas L.P. y almacenes de pirotecnia	• 60 muertos • 200 heridos
1991	Complejo petroquímico “Pajaritos” (Veracruz)	Fuga de Gas Licuado de Petróleo que resultó en una explosión.	• Seis muertos • 329 heridos • Pérdidas materiales por 150 millones de dólares

1992	Guadalajara (Jalisco)	Fuga de combustible al alcantarillado que terminó en explosiones en cadena.	• 210 muertos • Dos desaparecidos • 1480 lesionados • 1425 viviendas destruidas y 1575 con afectaciones
1995	Ciudad PEMEX cactus (Tabasco)	Explosión de ductos de hidrocarburos.	• 12 muertos • 11 heridos • Daños a diez inmuebles
1998	Chimalpas (Veracruz Oaxaca, Chiapas)	Incendio Forestal	• 1500 combatientes del incendio • Los humos cruzaron el Golfo de México hasta el sur de E.U.A. • 200 000 hectáreas dañadas
2003	Puerto de Veracruz (Veracruz)	Explosión de puestos de juegos pirotécnicos	• 38 muertos • 70 heridos
2013	Nativitas (Tlaxcala)	Explosión de un vehículo con fuegos artificiales	• 25 muertos • 160 heridos
2015	Delegación Cuajimalpa, Ciudad de México.	Explosión de autotanque que transportaba Gas L.P. durante abastecimiento al recipiente de almacenamiento del Hospital Materno Infantil Municipal.	• 7 muertos • 54 lesionados • Daños estructurales en el 40% del Hospital Materno Infantil
2016	Mercado de Pirotecnia “San Pablito” (Tultepec,	Explosión de puestos de juegos pirotécnicos	• 42 muertos • Al menos 45 heridos

	Estado de México)		
2018	La Saucera, Tultepec Estado de México.	Explosión en taller de elaboración de artificios pirotécnicos.	• 24 muertos (17 en el lugar) • 49 lesionados • Entre las víctimas personal de los cuerpos de seguridad y emergencias
2019	Municipio de Tlahuelilpan, Estado de Hidalgo	Incendio en un Ducto de PEMEX	• 114 muertos, 68 en el lugar y 46 mientras estaban hospitalizadas • Mas de 33 lesionados hospitalizados • También se reportaron personas desaparecidas

Antecedentes en el Estado de Guanajuato

En el Estado de Guanajuato han ocurrido en las últimas dos décadas fenómenos químico-tecnológicos relacionados al almacenamiento, transporte, uso y manejo de sustancias químicas. El más memorable de estos accidentes es la explosión de almacenes de pólvora y fuegos artificiales en la Ciudad de Celaya, el 26 de septiembre del año 1999, que dejó como consecuencia la muerte de 72 personas y 350 heridos.[19]

Impacto socioeconómico de los desastres químicos en México

Los desastres causados por los fenómenos químico-tecnológicos son situaciones en las que una cantidad considerable de personas quedan expuestas a peligros a los que son vulnerables, resultando en lesiones y muertes, que conlleva también pérdidas materiales y desaparición e interrupción de actividades económicas, resultando así en impactos no solo a la vida de las personas y a su salud, sino también en aspectos económicos del país.

En el año 2019, el monto de daños y pérdidas en México correspondiente al fenómeno químico-tecnológico fue el 10.51% del total registrado (total registrado:

10,541.1 millones de pesos) ocupando el segundo sitio, sólo después del fenómeno hidrometeorológico (86.04%) como lo muestra la figura 41.[25]

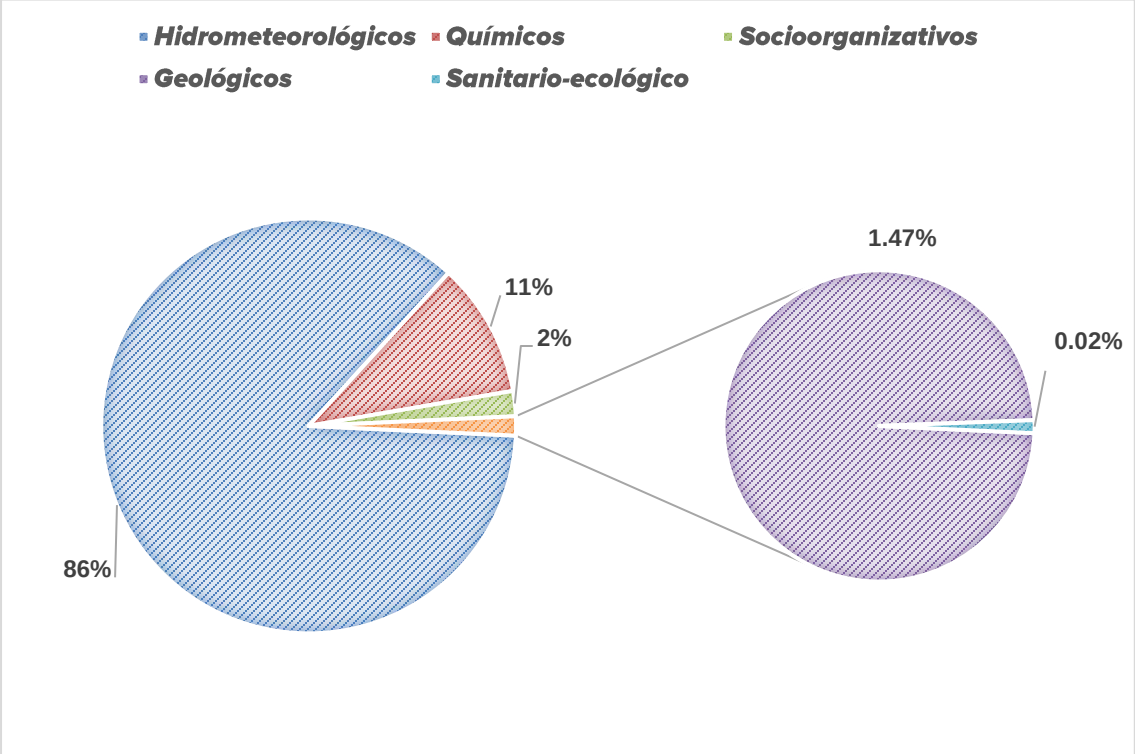


Fig. 41. Gráfica del porcentaje de daños y pérdidas económicas generadas por tipo de fenómeno en 2019.[25]

De los 1,108.3 millones de pesos estimados en pérdidas por el impacto del fenómeno químico-tecnológico, el 90.7% fue a causa de incendios forestales, en segundo lugar se encuentran las explosiones con 8.1%, en tercer lugar los incendios urbanos con 0.6%, seguido de los derrames y fugas, con 0.4% y 0.2% respectivamente (fig. 42).[25]

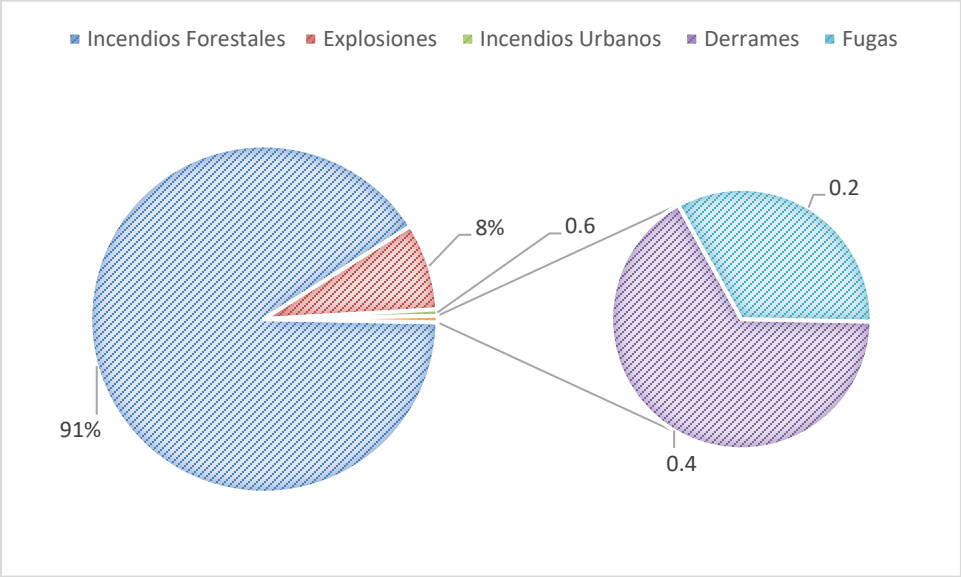


Fig. 42. Gráfica del porcentaje de daños y pérdidas económicas fenómeno químico-tecnológico en el año 2019.[25]

En la siguiente tabla (tabla 3) se muestra un resumen del impacto económico y social de los desastres para diferentes sectores que en 2016 resultaron afectados por la acción de algún fenómeno químico-tecnológico.

Tabla 3. Resumen de daños ocasionados por fenómenos químico-tecnológicos en el 2016 en México.[25]

Defunciones	Población afectada (personas)	Población damnificada	Viviendas dañadas	Escuelas y Hospitales	Total, de daños (millones de pesos)
187	**261**	**500,856**	**261**	**3**	**1,108.3**

Presencia de peligros y riesgos por sustancias químicas en el Estado de Guanajuato

El estado de Guanajuato ha visto un crecimiento económico y tecnológico importante en las últimas décadas gracias al aumento de las actividades industriales en cada uno de los municipios que lo conforman. Este crecimiento no podría lograrse sin el uso de sustancias químicas, que son parte importante de los procesos industriales, en la manufactura de distintos productos que aportan al crecimiento económico de las familias y del estado en general. Muchos de los

productos químicos que se almacenan, transportan y utilizan a través de todo el estado presentan peligros muy altos, creando la probabilidad de ocurrencia de algún fenómeno de carácter químico-tecnológico, y en consecuencia daños a la población, sus bienes y al medio ambiente.

Las sustancias químicas que se encuentran en mayor cantidad son el ácido sulfúrico, gas licuado de petróleo, amoniaco, ciclohexano, entre otros. En la figura 43 se muestra la presencia en porcentaje de las sustancias químicas de mayor peligro en el Estado de Guanajuato.

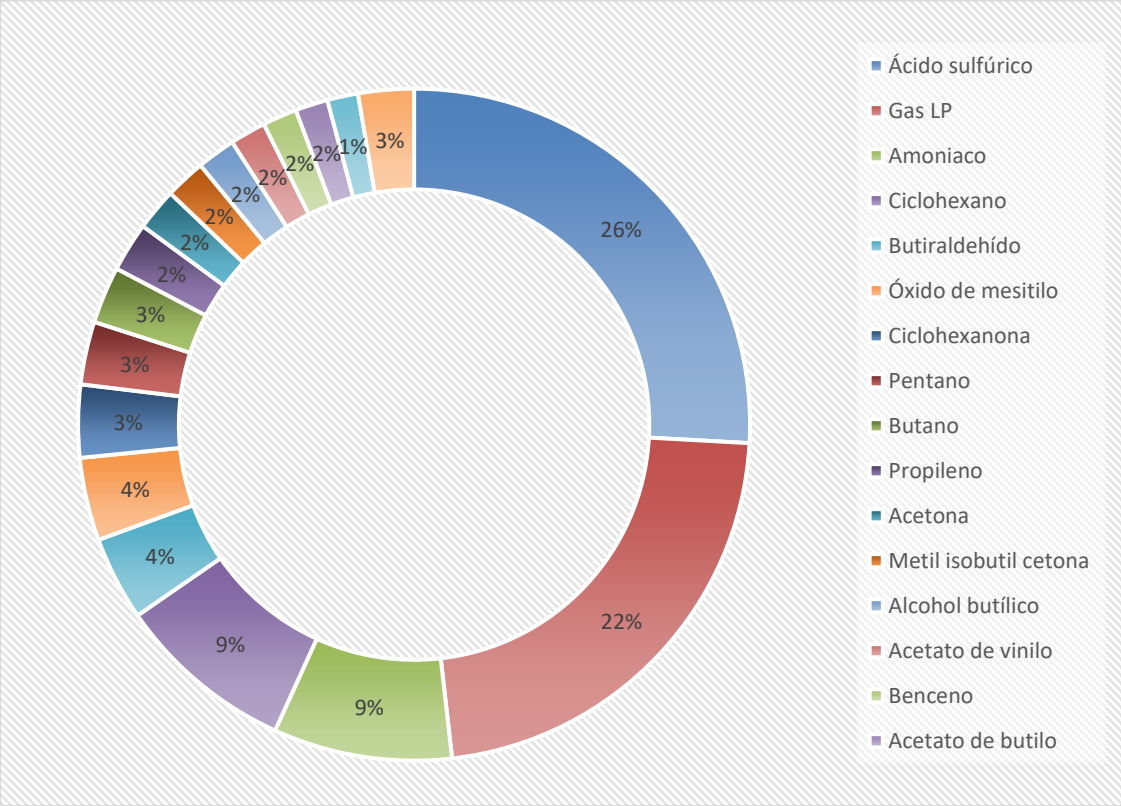


Fig. 43. Gráfica de la presencia en porcentaje de las sustancias químicas que representan un mayor peligro en el estado de Guanajuato.[26]

Los municipios que están expuestos a mayores peligros por la cantidad de sustancias químicas que en ellos se almacenan y transportan, y que a su vez tienen una alta probabilidad de la presencia de algún fenómeno químico-tecnológico son: Apaseo el Alto, Apaseo el Grande, Celaya, Cortazar, Villagrán, Salamanca, Abasolo, Irapuato, Silao, León y San Francisco del Rincón, cuya ubicación geográfica se muestra en el mapa siguiente (figura 44).[26]

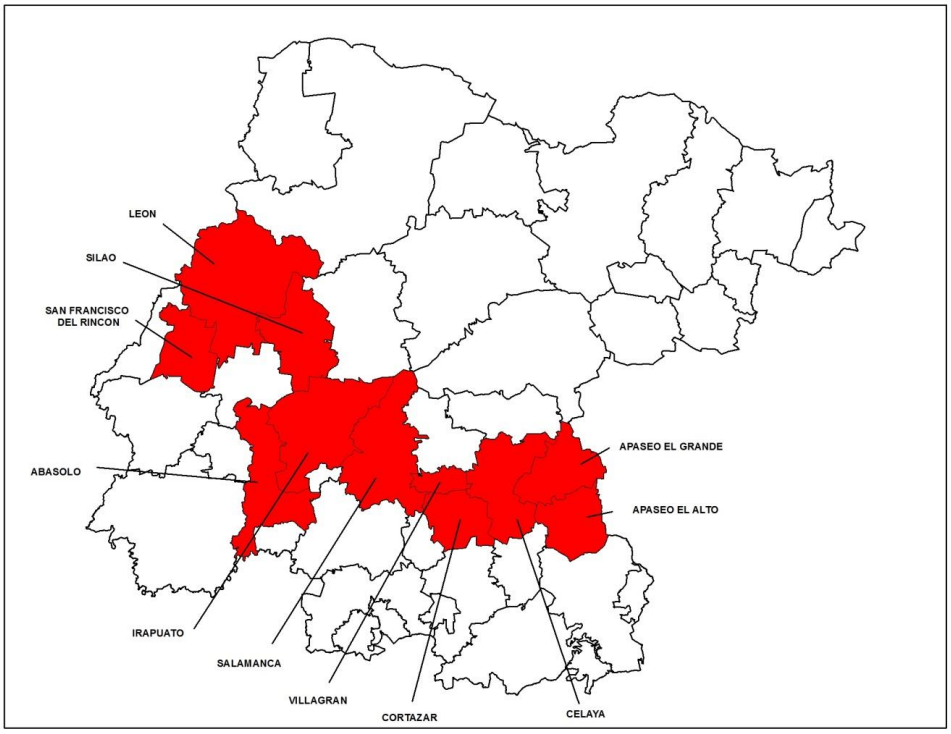


Fig. 44. Ubicación geográfica de los municipios con mayor probabilidad de ocurrencia de incidentes con fenómenos químico-tecnológicos en el estado de Guanajuato.

Atención del Fenómeno Químico-Tecnológico por parte de la Coordinación Estatal de Protección Civil de Guanajuato

Dada la importante presencia de sustancias químicas peligrosas en el estado de Guanajuato, y de la inminente probabilidad de la ocurrencia de diversos fenómenos químico-tecnológicos que llevan consigo altos riesgos para la población, sus bienes y el ambiente, es campo de acción de la Coordinación Estatal de Protección civil "la acción solidaria y participativa, que en consideración de estos riesgos, como de los agentes perturbadores, prever la coordinación y concertación de los sectores público, privado y social, en el marco del Sistema Nacional de Protección Civil, con el fin de crear un conjunto de disposiciones, planes, programas, estrategias, mecanismos y recursos para que de manera corresponsable, y privilegiando la **Gestión Integral de Riesgos**, se apliquen las medidas y acciones que sean necesarias para salvaguardar la vida, integridad y salud de la población, así como sus bienes; la infraestructura, la planta productiva y el medio ambiente".[10]

Gestión Integral de Riesgos. Principal herramienta de la Coordinación Estatal de Protección Civil de Guanajuato en la atención del Fenómeno Químico-Tecnológico

La Gestión Integral de Riesgos es "el conjunto de acciones encaminadas a la identificación, análisis, evaluación, control y reducción de los riesgos, considerándolos por su origen multifactorial y en un proceso permanente de construcción, que involucra a los tres niveles de gobierno, así como a los sectores de la sociedad, lo que facilita la realización de acciones dirigidas a la creación e implementación de políticas públicas, estrategias y procedimientos integrados al logro de pautas de desarrollo sostenible, que combatan a las causas estructurales de los desastres y fortalezcan las capacidades de resiliencia o resistencia de la sociedad. Involucra las etapas de: identificación de los riesgos y/o su proceso de formación, previsión, prevención, mitigación, preparación, auxilio, recuperación y reconstrucción" (fig. 45).[10]

Fig. 45. Etapas de la Gestión Integral de Riesgos.

Identificación

Durante la etapa de identificación, las Coordinaciones Municipales de Protección Civil del estado de Guanajuato registran la ubicación de las sustancias químicas peligrosas presentes en sus Municipios.

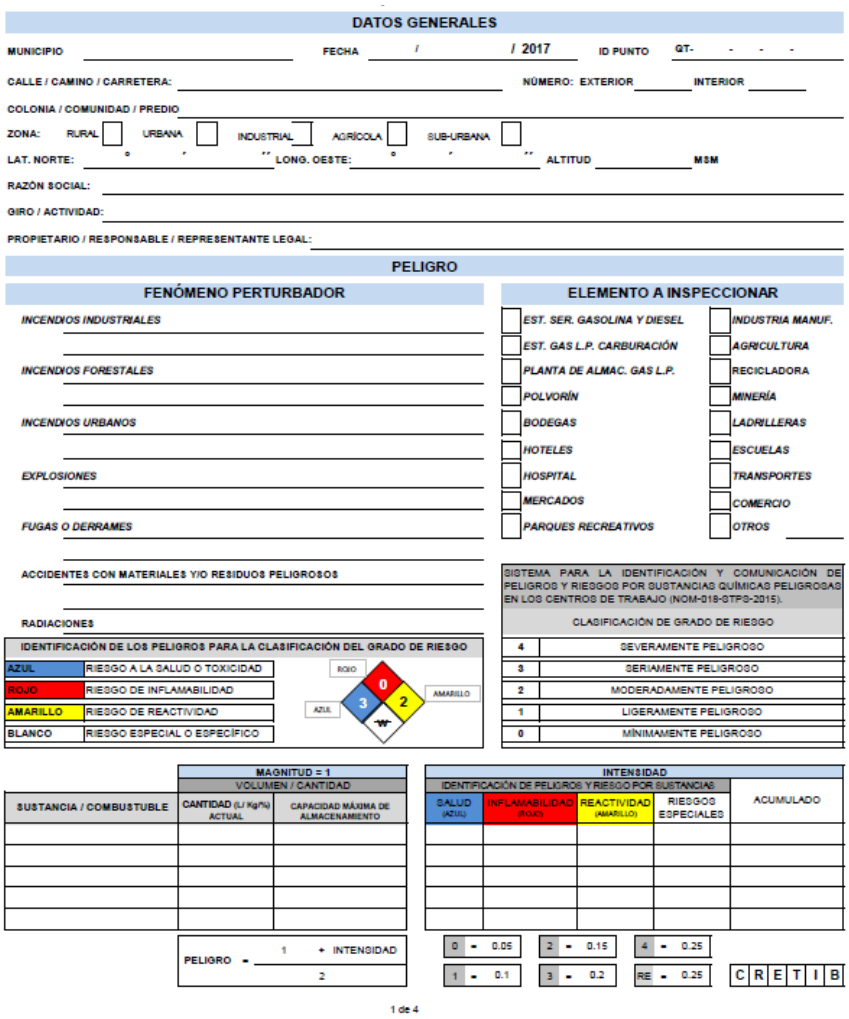
Fig. 46. Identificación de peligros y riesgos químicos en los municipios del estado. Presencia de tanques de almacenamiento de Gas L.P. en el municipio de Silao.

Una vez establecida la ubicación de las sustancias químicas peligrosas que están generando riesgos, la Coordinación Estatal de Protección Civil en operación conjunta con la Coordinación Municipal, realiza inspecciones cuyo objetivo es identificar y analizar los peligros y los riesgos que estas sustancias representan.

Fig. 47. Inspección de identificación y análisis de peligros y riesgos de sustancias químicas. Tanques de almacenamiento de Gas L.P. en el municipio de Silao.

Durante la inspección se obtiene la mayor cantidad de información en un formato enfocado a recabar todos los datos posibles que ayuden a la Coordinación Estatal a entender el riesgo, desde los diferentes aspectos que conforman este concepto,

que es el peligro que representan las sustancias químicas y la vulnerabilidad de las personas y sus bienes, basado en las Normas Oficiales Mexicanas que se relacionan a la Protección Civil (fig. 48).



DATOS GENERALES

MUNICIPIO _____ FECHA ___ / ___ / 2017 ID PUNTO QT- - - -

CALLE / CAMINO / CARRETERA: _____ NÚMERO: EXTERIOR _____ INTERIOR _____

COLONIA / COMUNIDAD / PREDIO _____

ZONA: RURAL ☐ URBANA ☐ INDUSTRIAL ☐ AGRÍCOLA ☐ SUB-URBANA ☐

LAT. NORTE: ___ ° ___ ' ___ '' LONG. OESTE: ___ ° ___ ' ___ '' ALTITUD _____ MSM

RAZÓN SOCIAL: _____

GIRO / ACTIVIDAD: _____

PROPIETARIO / RESPONSABLE / REPRESENTANTE LEGAL: _____

PELIGRO

FENÓMENO PERTURBADOR	ELEMENTO A INSPECCIONAR	
INCENDIOS INDUSTRIALES	☐ EST. SER. GASOLINA Y DIESEL	☐ INDUSTRIA MANUF.
	☐ EST. GAS L.P. CARBURACIÓN	☐ AGRICULTURA
INCENDIOS FORESTALES	☐ PLANTA DE ALMAC. GAS L.P.	☐ RECICLADORA
	☐ POLVORÍN	☐ MINERÍA
INCENDIOS URBANOS	☐ BODEGAS	☐ LADRILLERAS
	☐ HOTELES	☐ ESCUELAS
EXPLOSIONES	☐ HOSPITAL	☐ TRANSPORTES
	☐ MERCADOS	☐ COMERCIO
FUGAS O DERRAMES	☐ PARQUES RECREATIVOS	☐ OTROS _____

ACCIDENTES CON MATERIALES Y/O RESIDUOS PELIGROSOS _____

RADIACIONES _____

IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS PARA LA CLASIFICACIÓN DEL GRADO DE RIESGO

AZUL	RIESGO A LA SALUD O TOXICIDAD
ROJO	RIESGO DE INFLAMABILIDAD
AMARILLO	RIESGO DE REACTIVIDAD
BLANCO	RIESGO ESPECIAL O ESPECÍFICO

ROJO 0 AZUL 3 2 AMARILLO W

SISTEMA PARA LA IDENTIFICACIÓN Y COMUNICACIÓN DE PELIGROS Y RIESGOS POR SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS EN LOS CENTROS DE TRABAJO (NOM-018-STPS-2015).

CLASIFICACIÓN DE GRADO DE RIESGO	
4	SEVERAMENTE PELIGROSO
3	SERIAMENTE PELIGROSO
2	MODERADAMENTE PELIGROSO
1	LIGERAMENTE PELIGROSO
0	MÍNIMAMENTE PELIGROSO

	MAGNITUD = 1		INTENSIDAD				
	VOLUMEN / CANTIDAD		IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y RIESGO POR SUSTANCIAS				
SUSTANCIA / COMBUSTUBLE	CANTIDAD (L/ Kg/%) ACTUAL	CAPACIDAD MÁXIMA DE ALMACENAMIENTO	SALUD (AZUL)	INFLAMABILIDAD (ROJO)	REACTIVIDAD (AMARILLO)	RIESGOS ESPECIALES	ACUMULADO

PELIGRO = 1 / 2 + INTENSIDAD

0 = 0.05	2 = 0.15	4 = 0.25
1 = 0.1	3 = 0.2	RE = 0.25

C R E T I B

1 de 4

Fig. 48. Formato de inspección del Fenómeno Químico Tecnológico.

El objetivo final del formato es dar un valor probabilístico de la ocurrencia de las consecuencias de casos hipotéticos de emergencia, con lo que se completa un análisis del riesgo total, que va desde valores que identifican a riesgos bajos hasta riesgos muy altos, considerando la integración del riesgo como el producto del peligro por la vulnerabilidad.

EVALUACIÓN DEL RIESGO

$$Riesgo = Peligro * Vulnerabilidad$$

R I E S G O											
			V U L N E R A B I L I D A D								
			Baja		*Media*		*Alta*		*Muy Alto*		
			0.2	**0.3**	**0.4**	**0.5**	**0.6**	**0.7**	**0.8**	**0.9**	**1**
P E L I G R O	*Bajo*	**0.2**	0.04	0.06	0.08	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2
		0.3	0.06	0.09	0.12	0.15	0.18	0.21	0.24	0.27	0.3
	Medio	**0.4**	0.08	0.12	0.16	0.2	0.24	0.28	0.32	0.36	0.4
		0.5	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5
	Alto	**0.6**	0.12	0.18	0.24	0.3	0.36	0.42	0.48	0.54	0.6
		0.7	0.14	0.21	0.28	0.35	0.42	0.49	0.56	0.63	0.7
	Muy Alto	**0.8**	0.16	0.24	0.32	0.4	0.48	0.56	0.64	0.72	0.8
		0.9	0.18	0.27	0.36	0.45	0.54	0.63	0.72	0.81	0.9
		1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1

Tipo de Riesgo: *Bajo* ☐ *Medio* ☐ *Alto* ☐ *Muy Alto* ☐

GESTIÓN INTEGRAL DEL RIESGO	
ZONAS	RIESGO
MUY ALTO (0.8-1.0)	Sectores críticos donde se deben priorizar obras, acciones y medidas de mitigación ante desastres. De ser posible, reubicar el inmueble o a la población en zonas más seguras de la ciudad. Daños a la población e infraestructura severos.
ALTO (0.6-0.79)	Sectores críticos donde se deben priorizar obras, acciones y medidas de mitigación ante desastres. Educación y capacitación a la población y autoridades. No son aptas para procesos de densificación ni localización de equipamientos urbanos. Daños a la población e infraestructura graves.
MEDIO (0.4-0.59)	Es deseable implementar medidas de mitigación ante desastres, así como, educación y capacitación de la población en temas de prevención. Pueden edificarse con algunas restricciones. Daños a la población e infraestructura considerable.
BAJO (0.2-0.39)	Sector apto para urbanización de alta densidad y localización de equipamientos urbanos. Dar seguimiento y mantener actualizados los planes y programas. Daños a la población e infraestructura menores.

Fig. 49. Estimación final del valor probabilístico del riesgo.

El Atlas de Riesgos como herramienta para las etapas de Previsión, Prevención, Mitigación y Preparación

Dentro de la etapa de identificación, se recolectan datos sobre las propiedades físicas y químicas de las sustancias, información geoespacial, así como de las condiciones atmosféricas del lugar donde se encuentran. Esta información permite realizar análisis de riesgo por medio de simulación de escenarios hipotéticos de la ocurrencia de los fenómenos químico-tecnológicos que más probablemente ocurran de acuerdo con lo observado en la inspección y a las sustancias químicas que estén presentes (fig.50).

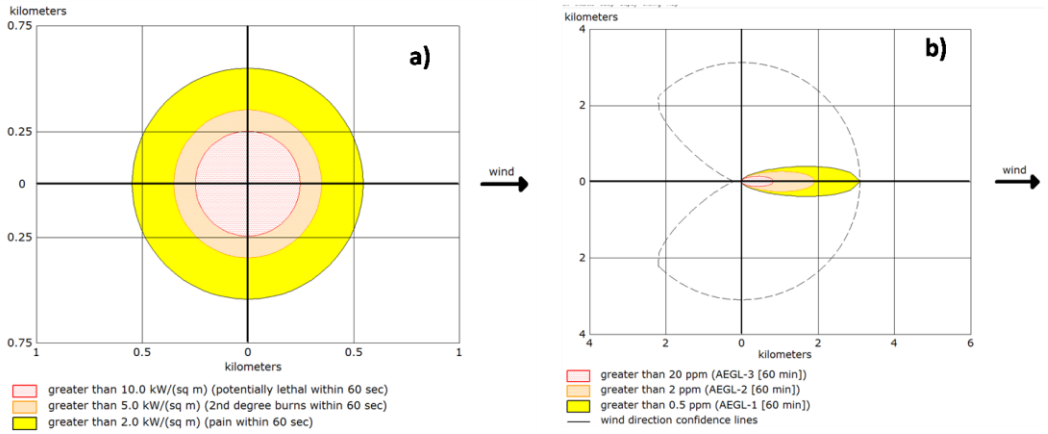


Fig. 50. Resultados de simulaciones de escenarios de fenómenos químico-tecnológicos por medio del software Aloha. a) Radios de afectación por la explosión de un tanque de

almacenamiento de Gas Licuado de Petróleo. b) Zona de afectación causada por la fuga de un gas tóxico (Cloro).

Los resultados de las simulaciones de los escenarios hipotéticos son procesados mediante un sistema de información geográfica, para conocer las áreas de afectación de los fenómenos químico-tecnológicos en espacio real. Estas áreas de afectación son cruzadas a su vez con información socioeconómica del Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI), para conocer los posibles impactos sociales y económicos que tendrá la ocurrencia del fenómeno químico-tecnológico simulado. El producto final es colocado en un sistema integral de información en línea conocido como **Atlas de Peligros y Riesgos del Estado de Guanajuato**, que a su vez alimenta de información al **Atlas Nacional de Riesgos** (fig. 51).

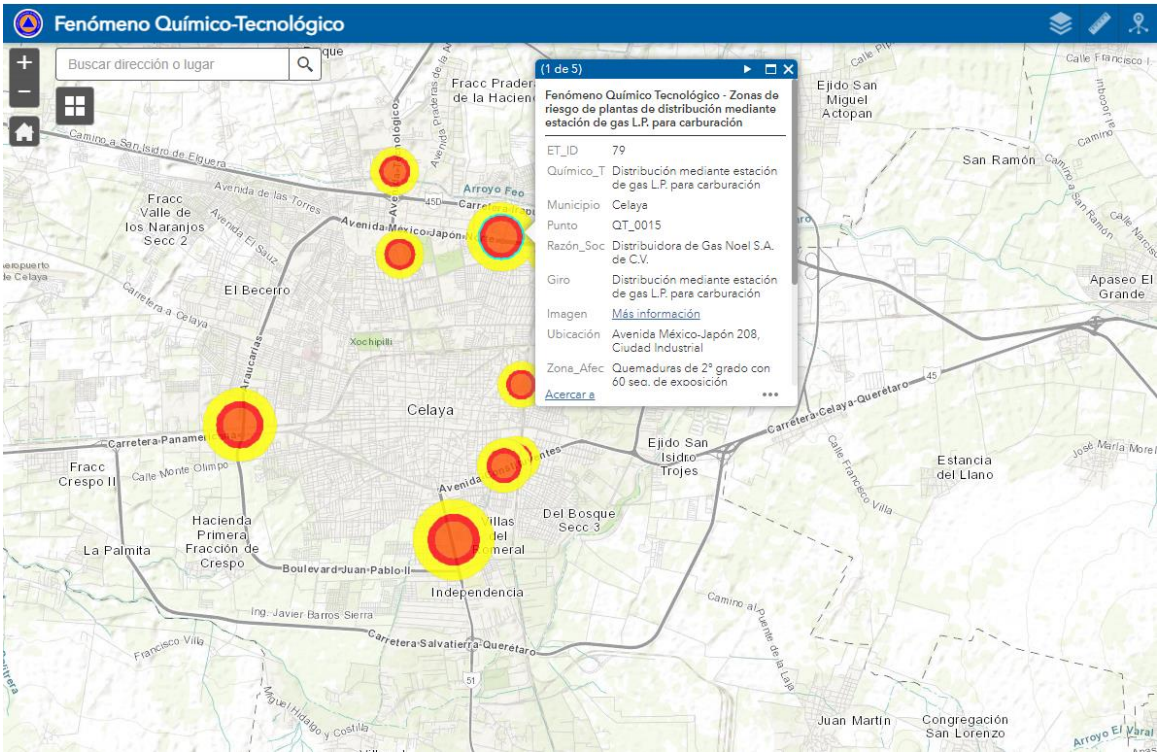


Fig. 51. Información presente en el Atlas de Riesgos del Estado de Guanajuato sobre un caso hipotético de la explosión de un taque de almacenamiento de gas licuado de petróleo en una Planta de Almacenamiento de Gas L.P.

Como puede observarse en la figura anterior, el Atlas de Peligros y Riesgos del Estado de Guanajuato muestra información sobre la interacción entre los peligros, la vulnerabilidad y el grado de exposición de las personas, sus bienes, y el medio ambiente.

Es también una herramienta que sirve para “tomar conciencia de los riesgos que pueden causarse y las necesidades para enfrentarlos”, por medio de “…acciones y mecanismos implementados con antelación a la ocurrencia de los agentes perturbadores, una vez que por medio del Atlas de Riesgos se conocen los peligros y riesgos, para poder eliminarlos, reducirlos”, o “disminuir el impacto o daños antes de la presencia de un fenómeno químico-tecnológico”. El Atlas de Riesgos es de utilidad también para orientar las “actividades y medidas que se toman con anticipación con la finalidad de asegurar una respuesta eficaz ante el impacto de un fenómeno perturbador en el corto, mediano o largo plazo”.[10]

Referencias

1. Compiled by A. D. McNaught and A. Wilkinson. Compendium of Chemical Terminology. *IUPAC Compend. Chem. Terminol.* 1670 (2014). doi:10.1351/goldbook.I03352
2. Pixabay. Available at: https://pixabay.com/.
3. Secretaría de Gobernación. Guía Práctica sobre Riesgos Químicos. 121 (214AD).
4. Secretaría de Gobernación; Centro Nacional de Prevención de Desastres. Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos Fenómenos Químicos. (2014).
5. National Fire Protection Association. Frequently Asked Questions on NFPA 704. Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response. (2012).
6. Occupational Safety and Health Administration. Comparison of NFPA 704 and HazCom 2012 Labels. *J. Hazard. Mater.* **36,** 111 (1994).
7. UNECE. Health hazards, In Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS). (2009).
8. Occupational Safety & Health Administration. A Guide to The Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals (GHS). 90 (2006).
9. United Nations. Recommendations on the TRANSPORT OF DANGEROUS GOODS Model regulations Vol II. **II,** (2015).

10. Cámara de Diputados; H. Congreso de la Unión. Ley General de Protección Civil. *D. Of.* 1–18 (2012).

11. Center for Chemical Process Safety; American Institute of Chemical Engineers. Guidelines for Fire Protection, Petrochemical, and Hydrocarbon Processing Facilities. 393–411

12. National Fire Protection Association. NFPA 1. Fire Prevention Code. (2000).

13. Khan, F. I. & Abbasi, S. A. *Risk Assessment In Chemical Process Industries*. (Discovery Publishing House, 1998).

14. Campbell, R. Fires in Industrial or Manufacturing Properties. *Natl. Fire Prot. Assoc.* (2016).

15. Centro Nacional de Prevención de Desastres. Incendios Urbanos: Apaga el Riesgo.

16. Cibrian-Tovar, J., Martínez-Domínguez, R. & Raygoza-Martínez, A. *Incendios Forestales*. (Secretaría de Gobernación; Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2014).

17. Center for Chemical Process Safety; American Institute of Chemical Engineers. Guidelines for Evaluating Process Plant Buildings for External Explosions, Fires, and Toxic Releases, Second Edition. 131–148 (1996). doi:10.1002/9781118312995

18. Bestratén Belloví, M. & Turmo Sierra, E. NTP 293: Explosiones BLEVE (I): evaluación de la radiación térmica. 10 (1992).

19. Centro Nacional de Prevención de Desastres. Manejo Seguro de Juegos Pirotécnicos.

20. Wiles, D. R. *Radioactivity: what it is and what it does*. (Presses internationales Polytechnique, 2009).

21. (OIEA), O. I. de E. A. Principios fundamentales de seguridad. *Normas Segur. del OIEA para la protección las Pers. y el medio Ambient.* 22 (2007).

22. United States Environmental Protection Agency. Radiation Protection. *Radiation Basics. Types of Ionizing Radiation* Available at: https://www.epa.gov/radiation/radiation-basics.

23. Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals & World Health Organization. *Manual para la gestión de salud pública de los incidentes químicos*. (Organización Mundial de la Salud, 2016).

24. CENAPRED. Características del impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México en el periodo 1980-1999. (2001).

25. García Arróliga, N. M., Méndez Estrada, K. M., Nava Sánchez, S. & Vázquez Bravo, F. Impacto Socieconómico de los Desastres en México durante 2019 Resumen Ejecutivo. *Cent. Nac. Prevención Desastr.* (2019).

26. Arcos, M. & Treviño, C. Identificación de peligros por almacenamiento de sustancias químicas en industrias de alto riesgo en México. *Cent. Nac. Prevención Desastr.* 280 (2003).