

# “ANÁLISIS DE RIESGOS”

Guía de contenido mínimo para el Atlas Nacional de Riesgos para fenómenos químico-tecnológicos

---

Ing. Juana Lorena Mora Fonseca

26 NOVIEMBRE DE 2021

# Guía de contenido mínimo para la elaboración del ANR



GOBIERNO DE  
MÉXICO

SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CNPC  
COORDINACIÓN NACIONAL  
DE PROTECCIÓN CIVIL



CENAPRED  
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN  
DE DESASTRES

ACUERDO por el que se emite la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, **DOF 21 diciembre de 2016**

**Artículo Segundo.** La Guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos **es de observancia obligatoria para las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal** que, en el ámbito de sus atribuciones, **participen en coordinación con los tres órdenes de gobierno en materia de protección civil**, así como para aquéllos que realicen Atlas de Riesgos, conforme a lo establecido en la Ley General de Protección Civil y su Reglamento.



# Atlas de riesgos

- La Guía establece para cada fenómeno perturbador como se debe estimar el peligro, la vulnerabilidad y el riesgo.
- Los Atlas de Riesgos son sistemas que integran información sobre fenómenos perturbadores a los que esta expuesta una comunidad y su entorno.
- Con la finalidad de contar con un Atlas Nacional de Riesgos que contenga criterios homogéneos, todos los atlas de riesgos deberán integrar los componentes mínimos.
- Antes de elaborar cualquier atlas de riesgo se deberá realizar una Etapa de Planeación, la cual tendrá como objetivo asegurar que cuente con los componentes mínimos, como se establece la Guía.
- Es una herramienta para la prevención y atención de desastres naturales, así como antropogénicos



GOBIERNO DE  
MÉXICO

SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

CNPC  
COORDINACIÓN NACIONAL  
DE PROTECCIÓN CIVIL

CENAPRED  
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN  
DE DESASTRES

## ATLAS DE RIESGOS

¿Qué sabes del lugar donde habitas?

**¿Qué son?**  
Sistemas que integran información sobre fenómenos perturbadores a los que está expuesta una comunidad y su entorno.

**¿Quién los hace?**  
Por ley, las autoridades de Protección Civil de todos los niveles de gobierno deben desarrollar y actualizar su Atlas de Riesgos.

**Algunos fenómenos que se integran al Atlas son:**

- Geológicos**
  - Sismos
  - Erupciones volcánicas
  - Tsunamis
- Hidrometeorológicos**
  - Ciclones tropicales
  - Lluvias extremas
  - Inundaciones
- Químico-Tecnológicos**
  - Incendios
  - Explosiones
  - Fugas tóxicas
- Sanitario-Ecológicos**
  - Epidemias
  - Plagas
  - Contaminación del aire, agua y suelo
- Socioorganizativos**
  - Accidentes de tránsito
  - Suspensión de servicios vitales
  - Concentraciones o movimientos masivos de población

**¿Cuál es su estructura y contenido?**

Es una plataforma informática apoyada en:  
Sistemas de información geográfica y bases de datos

- ◆ Mapas de Peligros por Fenómenos Perturbadores
- ◆ Mapas de Susceptibilidad
- ◆ Inventario de Bienes Expuestos
- ◆ Inventario de Vulnerabilidades
- ◆ Mapas de Riesgos
- ◆ Escenarios de Riesgos

**El CENAPRED integra el Atlas Nacional de Riesgos a partir de los atlas estatales y municipales e información de instancias académicas y del Gobierno Federal**

**Consúltalos y toma decisiones de manera informada. Visualiza y descarga las capas de información en:**

**¡Recuerda! Es un sistema para la toma oportuna de decisiones, conócelo**

Centro Nacional de Prevención de Desastres / Atlas Nacional de Riesgos



GOBIERNO DE  
MÉXICO

SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

CNPC  
COORDINACIÓN NACIONAL  
DE PROTECCIÓN CIVIL

CENAPRED  
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN  
DE DESASTRES



gob.mx/cenapred | atlasnacionalderiesgos.gob.mx

# Fenómenos naturales y antropogénicos



GOBIERNO DE  
**MÉXICO**

SEGURIDAD  
SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



Naturales

Fenómenos

Antropogénicos

# Fenómenos Químico-Tecnológicos



GOBIERNO DE  
**MÉXICO**

**SEGURIDAD**  
SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

 **CNPC**  
COORDINACIÓN NACIONAL  
DE PROTECCIÓN CIVIL

 **CENAPRED**  
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN  
DE DESASTRES

Ley General de Protección Civil  
Artículo 2.

XXIV. **Fenómeno Químico-Tecnológico:**  
Agente perturbador que se genera por la acción violenta de diferentes sustancias derivadas de su interacción molecular o nuclear. Comprende fenómenos destructivos tales como: **incendios de todo tipo, explosiones, fugas tóxicas, radiaciones y derrames.**



# Fenómenos químico-tecnológicos

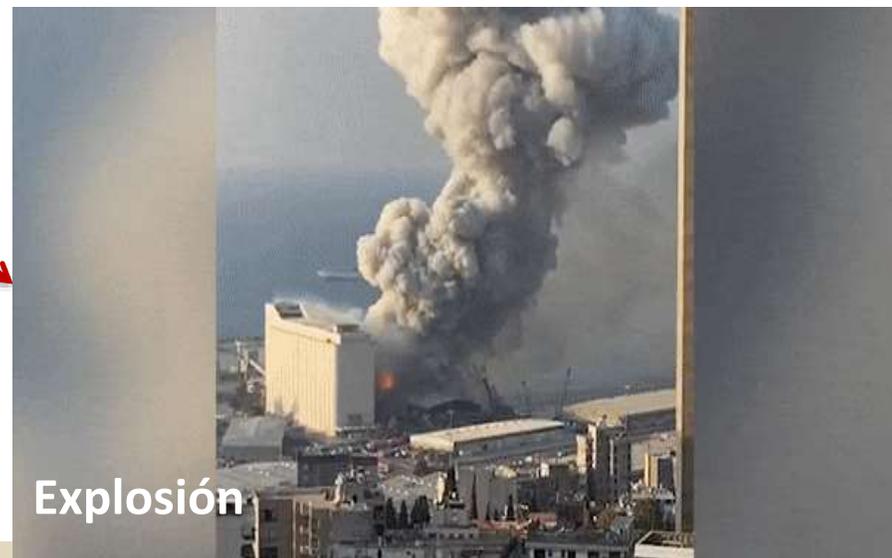


GOBIERNO DE  
**MÉXICO**

**SEGURIDAD**  
SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

**CNPC**  
COORDINACIÓN NACIONAL  
DE PROTECCIÓN CIVIL

**CENAPRED**  
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN  
DE DESASTRES



# Actividades donde se manejan sustancias peligrosas



GOBIERNO DE  
**MÉXICO**

SEGURIDAD  
SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CNPC  
COORDINACIÓN NACIONAL  
DE PROTECCIÓN CIVIL



CENAPRED  
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN  
DE DESASTRES

Almacenamiento

Riesgos Químicos

Transporte



# Actividades donde se almacenan sustancias peligrosas



GOBIERNO DE  
**MÉXICO**

SEGURIDAD  
SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

CNPC  
COORDINACIÓN NACIONAL  
DE PROTECCIÓN CIVIL

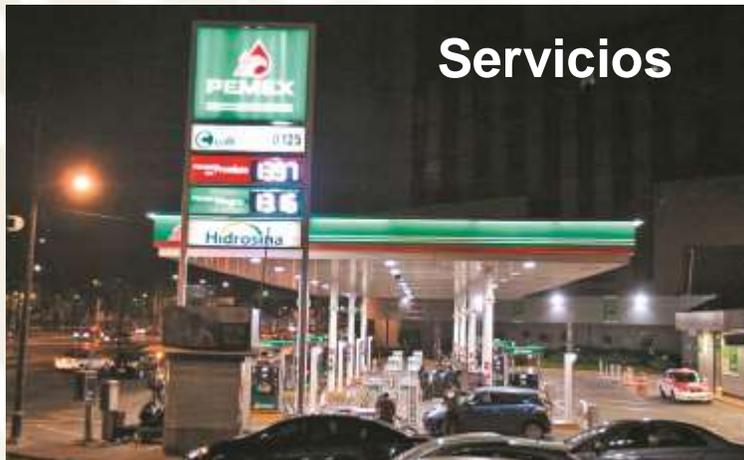
CENAPRED  
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN  
DE DESASTRES

## Industriales



## Comerciales

## Servicios



- Refinerías
- Instalaciones industriales
- Actividades altamente riesgosas
- Almacenamiento de gas LP
- Terminales de autotransporte de carga
- Plantas potabilizadoras de agua
- Plantas de tratamiento de aguas residuales
- Plantas de refrigeración
- Terminales de ferrocarriles
- Terminales marítimas y portuarias
- Aeropuertos
- Estaciones de carburación
- Almacén de materiales pirotécnicos

# Causas de los accidentes industriales



GOBIERNO DE  
MÉXICO

SEGURIDAD  
SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



- ✓ Fallas operativas
- ✓ Fallas mecánicas en los equipos
- ✓ Desviaciones de las condiciones normales de operación
- ✓ Falta de mantenimiento
- ✓ Falta de capacitación
- ✓ Errores humanos
- ✓ Causas premeditadas (sabotaje, terrorismo)
- ✓ Fenómenos naturales



**SABOTAJE**



# Afectaciones por eventos



GOBIERNO DE  
MÉXICO

SEGURIDAD  
SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



Los accidentes con sustancias químicas pueden tener efectos negativos sobre:

1. La población: provocando muerte lesión, invalidez, intoxicación o enfermedad, ya sea a corto, mediano o largo plazo.
2. El ambiente: produciendo contaminación del suelo, aire, agua superficial y agua subterránea.
3. Las construcciones: ocasionando daño a equipos, instrumentos, instalaciones industriales, casas y comercios.
4. La economía: debido a la suspensión de actividades productivas, pérdida de empleos, gastos de reconstrucción de viviendas y servicios públicos, así como gastos para el auxilio de la población afectada.



# Almacenamiento de sustancias peligrosas



GOBIERNO DE  
MÉXICO

SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CNPC

COORDINACIÓN NACIONAL  
DE PROTECCIÓN CIVIL



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN  
DE DESASTRES

**Peligro:** Capacidad intrínseca de una sustancia química de causar daño o afectación a las personas, a las propiedades y al ambiente. Esta definición de peligro no involucra periodos de retorno ni intensidades, sin embargo, el proceso de análisis de riesgo incluye la probabilidad de que suceda un accidente o evento determinado, así como las probabilidades de daño a la población.



*Tabla 18.1 Listado de actividades industriales y comerciales*

**1.** Localizar las instalaciones industriales, comerciales y de servicio que usan o almacenan sustancias químicas peligrosas .

Para realizar esta identificación se deberán tomar en cuenta las actividades e instalaciones considerando las disposiciones federales y estatales enlistadas en el Anexo 18 “Listado de actividades peligrosas considerando disposiciones federales”



Código	Clase de actividad
115111	Servicios de fumigación agrícola
211110	Extracción de petróleo y gas
212110	Minería de carbón mineral
212210	Minería de hierro
212221	Minería de oro
212222	Minería de plata
212231	Minería de cobre
212232	Minería de plomo y zinc
212291	Minería de manganeso
212292	Minería de mercurio y antimonio
212293	Minería de uranio y minerales radiactivos
212299	Minería de otros minerales metálicos
212311	Minería de piedra caliza
212312	Minería de mármol
212319	Minería de otras piedras dimensionadas
212321	Minería de arena y grava para la construcción
212322	Minería de tezontle y tepetate
212323	Minería de feldespato
212324	Minería de sílice
212325	Minería de caolín

311311	Elaboración de azúcar de caña
311411	Congelación de frutas y verduras
311412	Congelación de guisos y otros alimentos preparados
311421	Deshidratación de frutas y verduras
311520	Elaboración de helados y paletas
311811	Panificación industrial
311820	Elaboración de galletas y pastas para sopa
312113	Elaboración de hielo
312141	Elaboración de ron y otras bebidas destiladas de caña
312142	Elaboración de bebidas destiladas de agave
312143	Obtención de alcohol etílico potable
312149	Elaboración de otras bebidas destiladas
316110	Curtido y acabado de cuero y piel
321113	Tratamiento de la madera y fabricación de postes y durmientes
322121	Fabricación de papel en plantas integradas
322122	Fabricación de papel a partir de pulpa
322131	Fabricación de cartón en plantas integradas
322132	Fabricación de cartón y cartoncillo a partir de pulpa
324110	Refinación de petróleo
324120	Fabricación de productos de asfalto
324191	Fabricación de aceites y grasas lubricantes
324199	Fabricación de coque y otros productos derivados del petróleo refinado y del carbón mineral



**GOBIERNO DE  
MÉXICO**

**SEGURIDAD**  
SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



331419	Fundición y refinación de otros metales no ferrosos
332810	Recubrimientos y terminados metálicos
335910	Fabricación de acumuladores y pilas
336110	Fabricación de automóviles y camionetas
336120	Fabricación de camiones y tractocamiones
336310	Fabricación de motores y sus partes para vehículos automotrices
339994	Fabricación de velas y veladoras
434111	Comercio al por mayor de fertilizantes, plaguicidas y semillas para siembra
434222	Comercio al por mayor de productos químicos para la industria farmacéutica y para otro uso industrial
434226	Comercio al por mayor de pintura
434230	Comercio al por mayor de combustibles de uso industrial
468411	Comercio al por menor de gasolina y diesel
468412	Comercio al por menor de gas L.P. en cilindros y para tanques estacionarios
468413	Comercio al por menor de gas L.P. en estaciones de carburación
468419	Comercio al por menor de otros combustibles

## 2. Identificar la sustancias químicas que manejan y la cantidad almacenada

La selección de las **sustancias peligrosas** para las cuales se llevará a cabo el cálculo de las áreas de afectación se hará considerando aquellas que **tengan valor de 3 y 4 (1 y 2 en el Sistema Globalmente Armonizado)** en uno o más de los grados de peligro y comparar el volumen de almacenamiento de estas sustancias con las cantidades de reporte que se encuentran en el **primer y segundo listado de actividades altamente riesgosas**, publicados en el Diario Oficial de la Federación el 28 de marzo de 1990 y el 4 de mayo de 1992 respectivamente con el listado contenido en la **NOM-028-STPS-2012** “Sistema para la administración del trabajo-Seguridad en los procesos y equipos críticos que manejen sustancias químicas peligrosas” y los **listados que las autoridades estatales han emitido para regular las actividades riesgosas o de riesgo.**



GOBIERNO DE  
MÉXICO

SEGURIDAD  
SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

CNPC  
COORDINACIÓN NACIONAL  
DE PROTECCIÓN CIVIL

CENAPRED  
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN  
DE DESASTRES

### I. Cantidad de reporte: a partir de 1 kg.

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado gaseoso:

Ácido cianhídrico	Diborano	Ozono (2)
Ácido fluorhídrico-(fluoruro de hidrógeno)	Dióxido de nitrógeno	Oxido nítrico
Arsina	Flúor	Seleniuro de hidrógeno
Cloruro de hidrógeno	Fosgeno	Tetrafluoruro de azufre
Cloro (1)	Hexafluoruro de telurio	Tricloruro de boro

b) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

Acroleína	Clorometil metil éter	Isocianato de metilo
Alil amina	Cloruro de metacrililo	Metil hidracina
Bromuro de propargilo	Dioxolano	Metil vinil cetona
Butil vinil éter.	Disulfuro de metilo	Pentaborano
Carbonilo de níquel	Fluoruro cianúrico	Sulfuro de dimetilo
Ciclopentano	Furano	Tricloroetil silano

### II. Cantidad de reporte a partir de 3,000 kg.

a) En el caso de las siguientes en estado líquido:

Acetaldehído  
Acido cianhídrico  
Amileno (cis,trans)  
Colodión  
Disulfuro de carbono  
2-Metil-1-Buteno  
2-Metil-2-Buteno  
Oxido de propileno  
Pentano (Niso)  
1-Penteno  
1-Penteno  
Sulfuro de dimetilo

### IV. Cantidad de reporte a partir de 20,000 kg.

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

Acetato de etilo  
Acetato de metilo  
Acetato de vinilo  
Acetona  
Acrilato de metilo  
Acrilonitrilo  
Alcohol metílico  
Alcohol etílico  
Benceno  
1-Bromo-2-Buteno  
Butilamina (Niso,sec,ter)  
Ciclohexano

Sustancia química	Cantidad almacenada (kg)	Sistema Globalmente Armonizado Clasificación
Gas LP	250,000	Gas inflamable, categoría 1A
Alcohol etílico	10,000	Categoría 2
Cloro	907	Categoría 1A
Amoniaco	472	Categoría 1
Gasolina	5,000 bls	Categoría 2

Sustancia química	Cantidad almacenada (kg)	Cantidad de reporte	Es mayor a la cantidad de reporte
Gas LP	250,000	50,000	<b>SI</b>
Alcohol etílico	10,000	20,000	<b>NO</b>
Cloro	907	1	<b>SI</b>
Amoniaco	472	10	<b>SI</b>
Gasolina	5,000 bls	10,000 bls	<b>NO</b>

**PRIMERO.-** Se solicitará el estudio de riesgo ambiental para aquellos establecimientos industriales, comerciales y de servicios, en los que se manejen las sustancias señaladas en el siguiente listado, a partir de la capacidad total de almacenamiento en tanques y contenedores indicado:

NOMBRE DEL MATERIAL	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO	CARACTERISTICAS (NFPA)
1. Gasolinas	A partir de 10,000 litros	Tóxico, inflamable
2. Diesel	A partir de 10,000 litros	Inflamable
3. Gas L.P.	De 5,000 hasta 91,999.99 litros (49,999 kilogramos)	Tóxico, inflamable
4. Gas Natural	Recibido por medio de caseta de regulación. Instalaciones con las siguientes características: Volumen de gas natural en instalación menor a 500 Kg. Diámetros de Tubería menor a 4" Hasta 1,000 metros lineales de tubería a partir de la caseta de regulación al interior de las instalaciones. Presión de trabajo menor a 10 kilogramos /cm <sup>2</sup>	Tóxico, inflamable
5. Metano	Hasta 499.99 kilogramos	Tóxico, inflamable
6. Acetileno	De 100 a 499.99 Kilogramos	Tóxico, inflamable, reactivo
7. Acetona	De 1,000 hasta 19,999.99 kilogramos	Tóxico, inflamable
8. Alcohol Etilico	De 1,000 hasta 19,999.99 kilogramos	Inflamable
9. Alcohol Metílico	De 500 hasta 19,999.99 kilogramos	Inflamable
10. Amoniaco	Hasta 9.99 kilogramos	Tóxico, inflamable, reactivo
11. Diisocianato de Tolueno	Hasta 99.99 kilogramos	Tóxico
12. Tolueno	De 500 hasta 99,999 kilogramos	Tóxico, inflamable
13. Xileno	De 500 hasta 199,999 kilogramos	Inflamable
14. Gas Nafta	A partir de 500 kilogramos	Tóxico, inflamable
15. Thinner	De 500 hasta 19,999.99 kilogramos	Tóxico, inflamable
16. Aguarrás	A partir de 1,000 kilogramos	Tóxico, inflamable
<b>LAS DEMAS QUE DETERMINE ESTA SECRETARIA POR SUS CARACTERÍSTICAS CRETIB</b>		



DESCRIPCIÓN	GENERADOR
Congelación de frutas y verduras	Bajo riesgo
Congelación de alimentos preparados	Bajo riesgo
Deshidratación de frutas y verduras	Bajo riesgo
Conservación de frutas y verduras por procesos distintos a la congelación y la deshidratación	Bajo riesgo
Conservación de alimentos preparados por procesos distintos a la congelación	Bajo riesgo
Elaboración de leche líquida	Bajo riesgo
Elaboración de leche en polvo, condensada y evaporada	Mediano riesgo
Elaboración de derivados y fermentos lácteos	Mediano riesgo
Elaboración de helados y paletas	Bajo riesgo
Matanza de ganado, aves y otros animales comestibles	Bajo riesgo
Corte y empacado de carne de ganado, aves y otros animales comestibles	Bajo riesgo
Preparación de embutidos y otras conservas de carne de ganado, aves y otros animales comestibles	Bajo riesgo
Elaboración de manteca y otras grasas animales comestibles	Mediano riesgo
Preparación y envasado de pescados y mariscos	Bajo riesgo
Panificación industrial	Mediano riesgo
Panificación tradicional	Bajo riesgo
Elaboración de galletas y pastas para sopa	Mediano riesgo
Elaboración de tortillas de maíz y molienda de nixtamal	Bajo riesgo
Elaboración de botanas	Mediano riesgo
Beneficio del café	Bajo riesgo
Elaboración de café tostado y molido	Mediano riesgo
Elaboración de café instantáneo	Mediano riesgo
Preparación y envasado de té	Bajo riesgo
Elaboración de concentrados, polvos, jarabes y esencias de sabor para bebidas	Bajo riesgo
Elaboración de condimentos y aderezos	Bajo riesgo
Elaboración de gelatinas y otros postres en polvo	Mediano riesgo
Elaboración de levadura	Mediano riesgo
Elaboración de alimentos frescos para consumo inmediato	Bajo riesgo
Elaboración de otros alimentos	Bajo riesgo
Elaboración de refrescos y otras bebidas no alcohólicas	Mediano riesgo
Purificación y embotellado de agua	Bajo riesgo
Producción de hielo	Mediano riesgo
Beneficio del tabaco	Bajo riesgo
Elaboración de cigarros	Bajo riesgo
Elaboración de puros y otros productos de tabaco	Bajo riesgo
Preparación e hilado de fibras duras naturales	Bajo riesgo
Preparación e hilado de fibras blandas naturales	Bajo riesgo
Fabricación de hilos para coser y bordar	Bajo riesgo
Fabricación de telas anchas de trama	Bajo riesgo
Fabricación de telas angostas de trama y pasamanería	Bajo riesgo
Producción de telas no tejidas (comprimidas)	Bajo riesgo
Fabricación de telas de punto	Bajo riesgo
Acabado de productos textiles	Bajo riesgo

DESCRIPCIÓN	GENERADOR
Confección de disfraces y trajes típicos	Bajo riesgo
Confección de prendas de vestir sobre medida	Bajo riesgo
Confección en serie de otra ropa exterior de materiales textiles	Bajo riesgo
Confección de sombreros y gorras	Bajo riesgo
Confección de otros accesorios y prendas de vestir no clasificados en otra parte	Bajo riesgo
Curtido y acabado de cuero y piel	Mediano riesgo
Fabricación de calzado con corte de piel y cuero	Bajo riesgo
Fabricación de calzado con corte de tela	Bajo riesgo
Fabricación de calzado de plástico	Mediano riesgo
Fabricación de calzado de hule	Mediano riesgo
Fabricación de huaraches y calzado de otro tipo de materiales	Bajo riesgo
Fabricación de bolsos de mano, maletas y similares	Bajo riesgo
Fabricación de otros productos de cuero, piel y materiales sucedáneos	Bajo riesgo
Aserraderos integrados	Mediano riesgo
Aserrado de tablas y tablones	Mediano riesgo
Tratamiento de madera y fabricación de postes y durmientes	Mediano riesgo
Fabricación de laminados y aglutinados de madera	Mediano riesgo
Fabricación de productos de madera para la construcción	Bajo riesgo
Fabricación de productos para embalaje y envases de madera	Bajo riesgo
Fabricación de productos de materiales trenzables, excepto palma	Bajo riesgo
Fabricación de artículos y utensilios de madera para el hogar	Bajo riesgo
Fabricación de productos de madera de uso industrial	Bajo riesgo
Fabricación de otros productos de madera	Bajo riesgo
Fabricación de envases de cartón	Bajo riesgo
Fabricación de bolsas de papel y productos celulósicos recubiertos y tratados	Bajo riesgo
Fabricación de productos de papelería	Bajo riesgo
Fabricación de pañales desechables y productos sanitarios	Bajo riesgo
Fabricación de otros productos de cartón y papel	Bajo riesgo
Impresión de libros, periódicos y revistas	Bajo riesgo
Impresión de formas continuas y otros impresos	Bajo riesgo
Industrias conexas a la impresión	Bajo riesgo
Fabricación de artículos de alfarería, porcelana y loza	Bajo riesgo
Fabricación de muebles de baño	Bajo riesgo
Fabricación de ladrillos no refractarios	Bajo riesgo

# Peligro



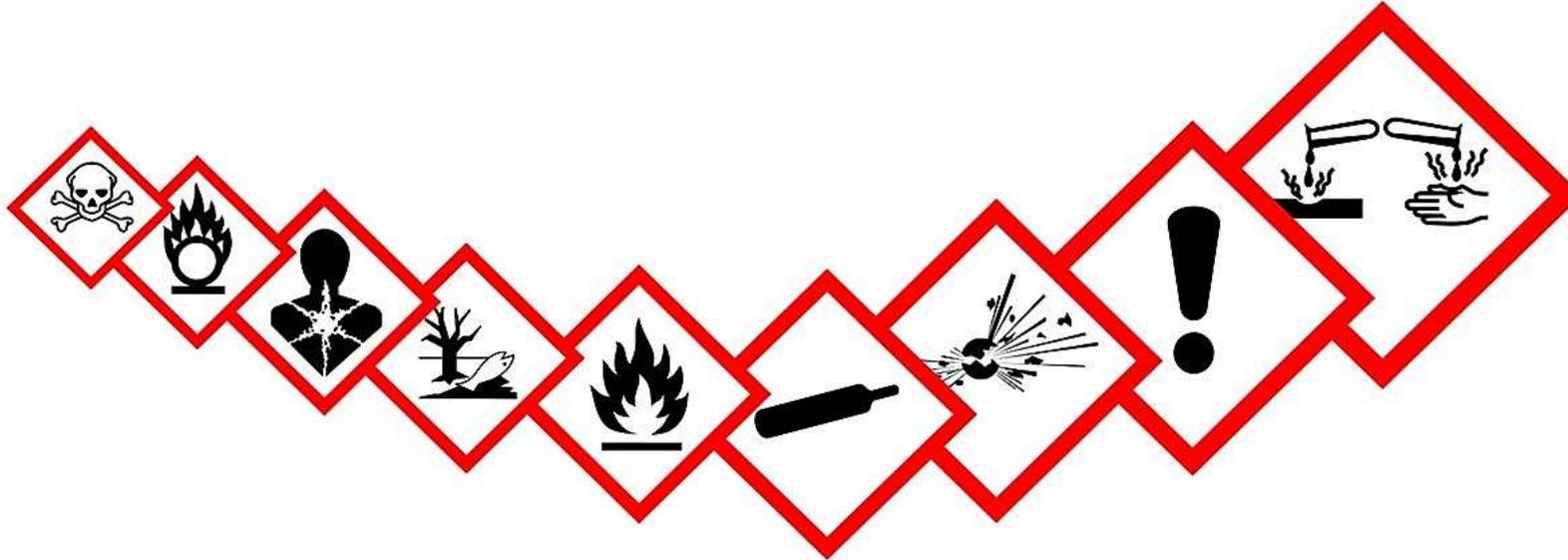
GOBIERNO DE  
MÉXICO

SEGURIDAD  
SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

CNPC  
COORDINACIÓN NACIONAL  
DE PROTECCIÓN CIVIL

CENAPRED  
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN  
DE DESASTRES

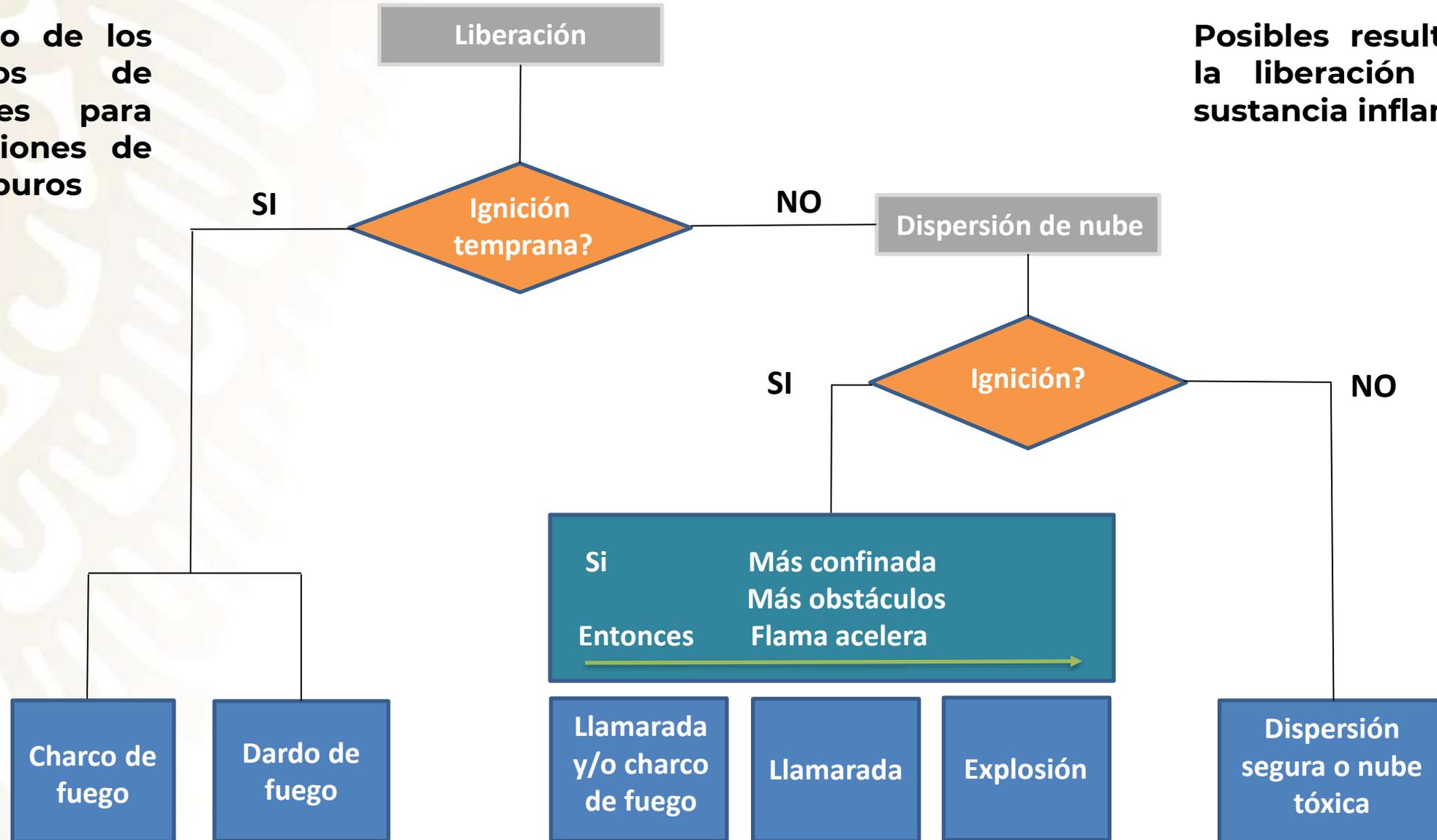
3. Identificar las propiedades físicas y químicas de las sustancias peligrosas y determinar sus características de peligrosidad.

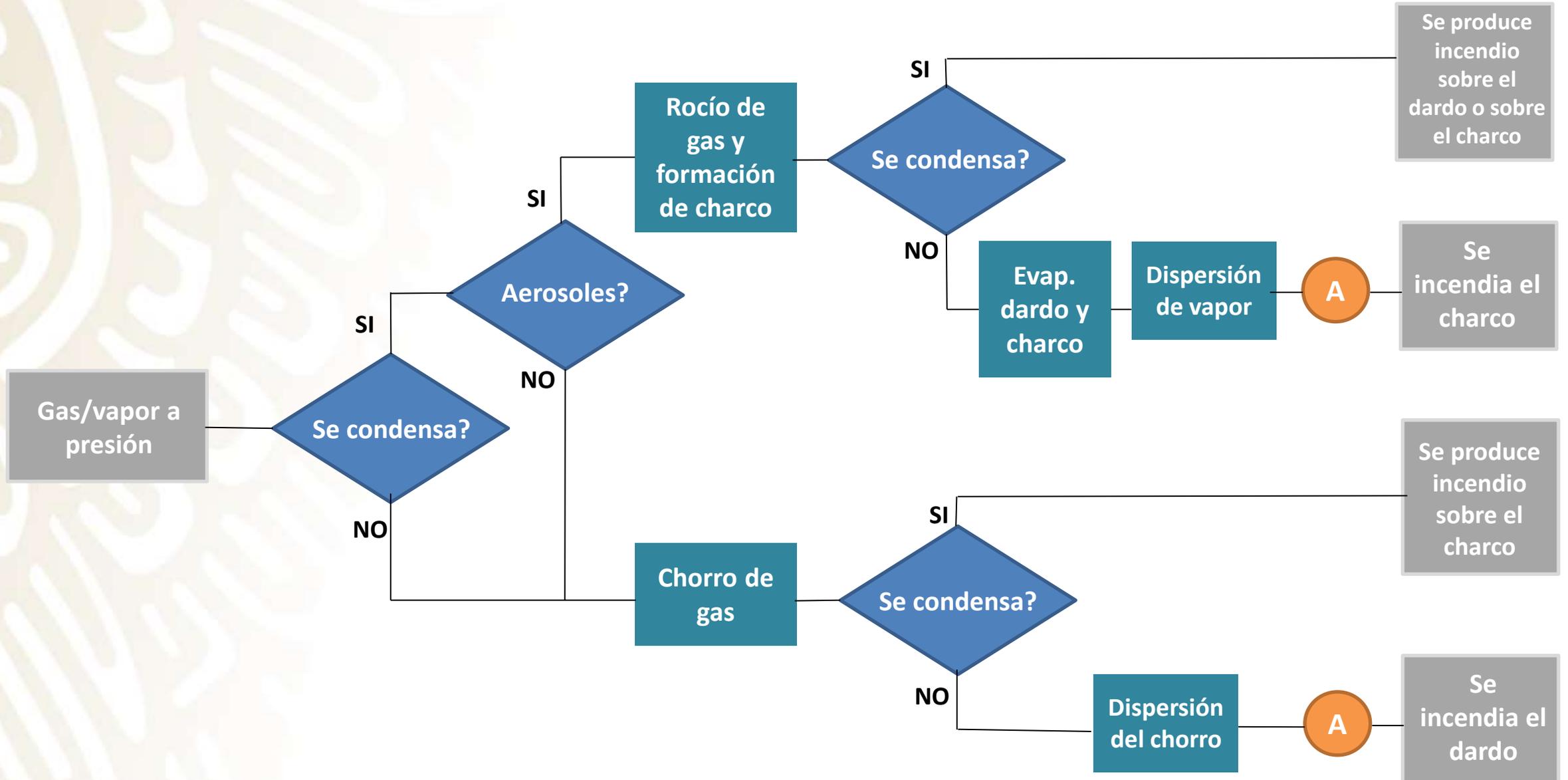


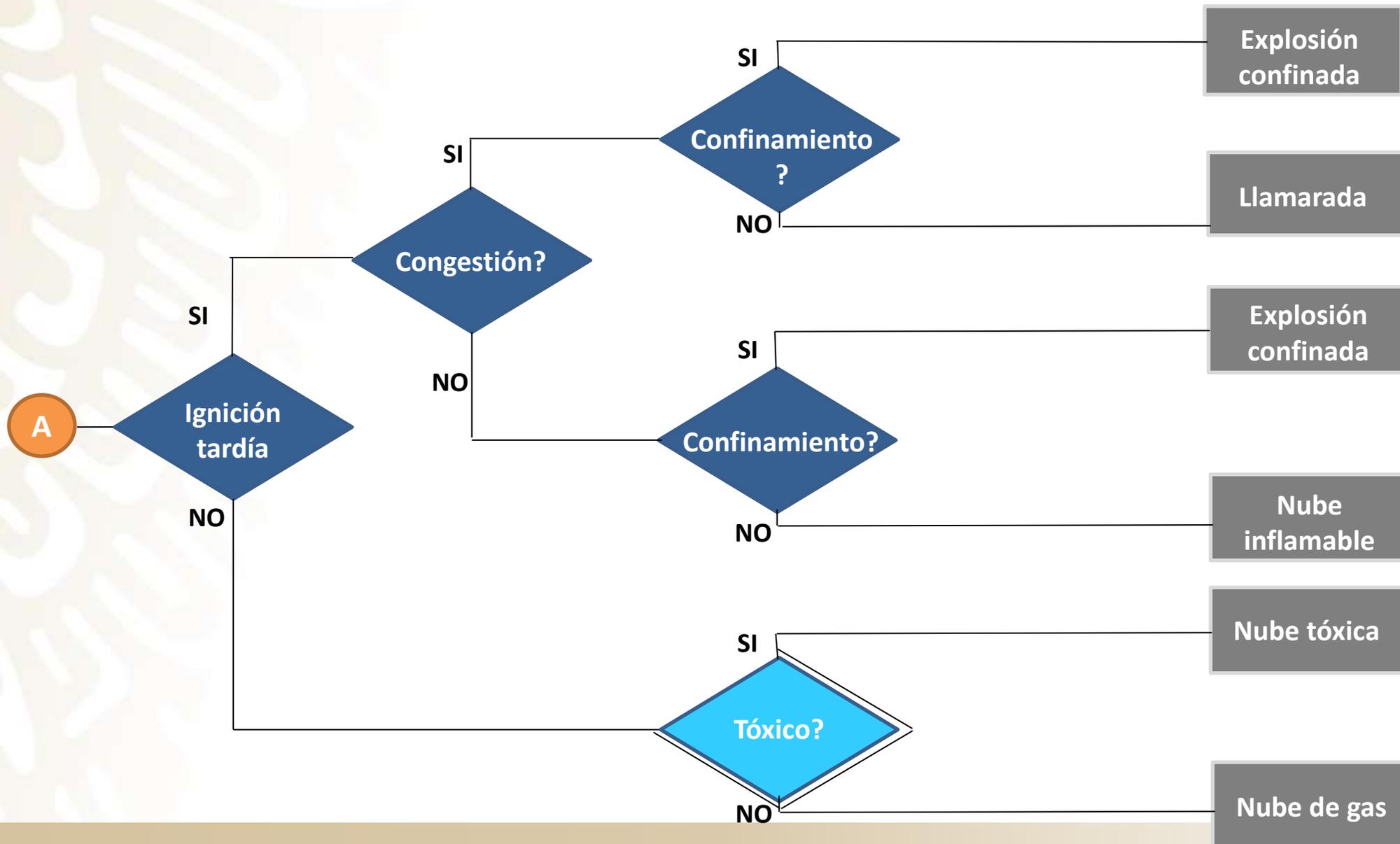
4. Determinar el tipo de evento que puede ocurrir como consecuencia de una liberación de material peligroso, tal como incendio, explosión o nube tóxica.

Desarrollo de los escenarios de accidentes para las emisiones de hidrocarburos

Posibles resultados de la liberación de una sustancia inflamable







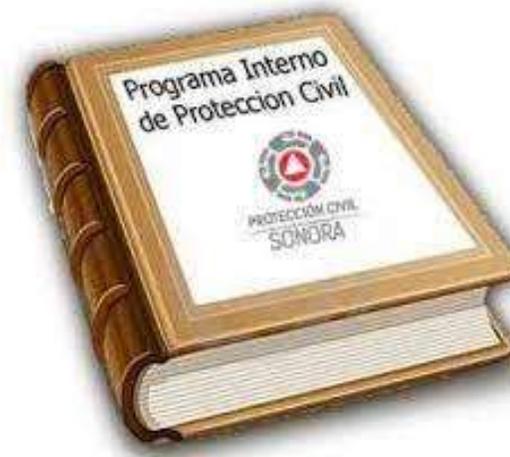


**5.** Se deberá elaborar mapas con las posibles áreas de afectación en caso de que se presente un accidente que implique la liberación de una sustancia peligrosa, para cada tipo de evento: nubes tóxicas, incendio y explosión, para lo cual pueden considerarse las siguientes opciones.

- Emplear los **radios de afectación** reportados por las industrias consideradas altamente riesgosas, contenidos en los **programas de prevención de accidentes y los estudios de riesgo** presentados ante la **SEMARNAT**.
- Emplear los radios de afectación contenidos en el **análisis de riesgo y/o en los programas internos de protección civil o su equivalente**, que las autoridades de protección civil estatales y municipales solicitan a las empresas que **almacenan, producen, comercializan, utilizan o disponen sustancias y materiales peligrosos**.
- Realizar las **modelaciones de los escenarios** seleccionados.

**SEMARNAT**

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**ASEA**

AGENCIA DE SEGURIDAD,  
ENERGÍA Y AMBIENTE

6. Los criterios para definir las zonas de riesgo y amortiguamiento en los alrededores de la instalación son: concentración (toxicidad), inflamabilidad y sobrepresión

**Zona de riesgo** es el área donde se pueden presentar concentraciones de sustancias químicas, ondas de sobrepresión o de radiación térmica, que pueden producir efectos serios a la salud de la población, a los bienes o al ambiente, o que impidan la posibilidad de llevar a cabo acciones de escape.

**Zona de amortiguamiento** es el área en la cual se presentan concentraciones de sustancias químicas, ondas de sobrepresión o de radiación térmica, que no producen efectos serios en la población, los bienes o el ambiente, o que impidan a las personas llevar a cabo acciones de escape.



# Programas de simulación



GOBIERNO DE  
**MÉXICO**

SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



**CNPC**  
COORDINACIÓN NACIONAL  
DE PROTECCIÓN CIVIL



**CENAPRED**  
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN  
DE DESASTRES

7. Para el cálculo de estas áreas de afectación se deberán emplear programas de cómputo para la modelación del peligro como son:

1. **PHAST** (Computer Aided Management Emergency Operations).
2. **TRACE** (Toxic Release Analysis Chemical Emissions).
3. **SCRI** (Simulación de Contaminación y Riesgos en Industrias).
4. **ARCHIE** (Automated Resource for Chemical Hazard Incident Evaluation).
5. **ALOHA** (Aerial Locations of Hazardous Atmospheres).
6. **TSCREEN** (A Model for Screening Toxic Air Pollutant Concentrations).

**SCRI**

**SCRI FUEGO**

Modelos de Simulación para el  
Análisis de Consecuencias por  
Fuego y Explosiones

**SCRI MODELOS**

Modelos Atmosféricos para  
Simulación de Contaminación y  
Riesgos en Industrias

## PHAST

**JET FIRE REPORT** Unique Audit Number: 38216

Study Folder: GAS SILZA S.A DE C.V PLANTA TLJUANA Phast 7.01

GAS SILZA S.A DE C.V PLANTA TLJUANA

PLANTA TLJUANA

ESCENARIO ERP/Caso más Probable: El 01. Fuga de Gas LP en un tanque bróncos en línea, debido al bloqueo de válvulas de globo, con posible incendio, presentando daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.

Base Case

Date:

Weather: Weather folder/Category 1.12/D

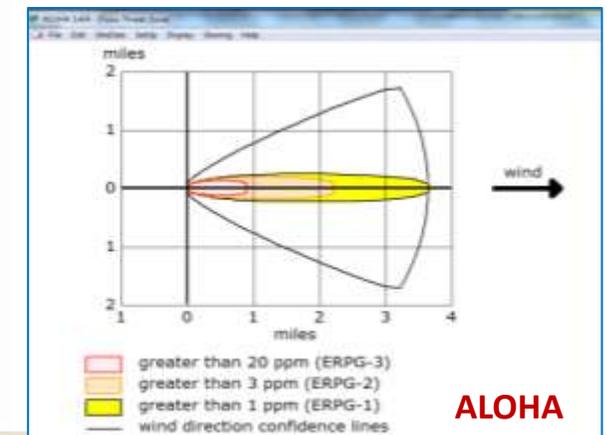
Speed: 1.12 m/s Stability: D

GAS SILZA S.A DE C.V PLANTA TLJUANA/PLANTA TLJUANA/ESCENARIO ERP/Caso más Probable

Flame Data

User-Defined Quantities

Model Correlation Type	Case model - DNV recommended	Units	Output
Material	GAS LP		
Ambient Temperature	23.00	degC	
Ambient Relative Humidity	0.46	fraction	
Ambient Pressure	1.01	bar	
Ambient Wind Speed	1.12	m/s	
Maximum Exposure Distance	20.00	m	
Elevation	0.80	m	
Expanded Temperature		degC	
Ballistic Rate	1.51	kg/s	
Liquid Fraction	0.66	fraction	
Jet Angle from Horizontal	0.00	deg	
Coaxial Angle	0.00	deg	
Flame Emission Power		kW/m2	
Fraction of Instability	0.42	fraction	
Expanded Radius	0.03	m	
Jet Velocity	75.55	m/s	
Flame Length	23.61	m	
Flameless Lift Off Distance	0.15	m	
Flameless Length	23.26	m	
Flameless Base Width	0.23	m	
Flameless Tip Width	7.75	m	
Flame Length in Still Air	18.72	m	
Flame to Flame Angle	0.00	deg	
Flame Angular Rotation	0.00	deg	



# Criterios generales para establecer escenarios de liberación



GOBIERNO DE  
MÉXICO

SEGURIDAD  
SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



Deberá considerar dos escenarios para cada evento de accidente que son el peor caso y el caso alternativo o más probable, los cuales se definen en el Anexo 19 "Metodología para la generación de escenarios por riesgos químicos"

ESCENARIO PARA EL PEOR CASO	ESCENARIO ALTERNATIVO
<b>Niveles de interés</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Para sustancias explosivas o inflamables que formen nubes de vapor explosivas, el nivel de sobrepresión para determinar la zona de riesgo es de 1 lb/pulg<sup>2</sup> y para la zona de amortiguamiento es 0.5 lb/pulg<sup>2</sup>.</li><li>• Para sustancias inflamables el nivel de radiación térmica para determinar la zona de riesgo es 5 kW/m<sup>2</sup> o 1500 BTU/ft<sup>2</sup>h y para la zona de amortiguamiento 1.4 kW/m<sup>2</sup> o 440 BTU/ft<sup>2</sup>h.</li><li>• Para sustancias tóxicas el nivel de concentración a emplear para determinar la zona de riesgo es el valor del AEGL-2 (por sus siglas en inglés Acute Exposure Guideline Levels) y para la zona de amortiguamiento el AEGL-1.</li></ul>	
<b>Estabilidad y velocidad del viento</b>	
Estabilidad F y velocidad del viento de 1.5 m/s. Puede utilizarse una velocidad del viento mayor y una atmósfera menos estable, siempre y cuando se demuestre que los datos están de acuerdo a mediciones meteorológicas locales.	Debe utilizarse la velocidad del viento promedio anual y estabilidad de acuerdo a mediciones meteorológicas locales. En caso de no contar con estos valores se deberá emplear estabilidad D y velocidad del viento de 3.0 m/s.

# Criterios generales para establecer escenarios de liberación



GOBIERNO DE  
MÉXICO

SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CNPC

COORDINACIÓN NACIONAL  
DE PROTECCIÓN CIVIL



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN  
DE DESASTRES

ESCENARIO PARA EL PEOR CASO	ESCENARIO ALTERNATIVO
<b>Temperatura ambiente y humedad</b>	
Temperatura de 25°C (77°F) y 50% de humedad. Cuando se tienen registros confiables puede utilizarse la temperatura máxima diaria y la humedad promedio para los últimos 3 años.	Deben emplearse la temperatura y humedad de acuerdo con los registros meteorológicos locales. Si no se dispone de estos valores deberá emplearse temperatura de 25°C (77°F) y 50% de humedad.
<b>Altura de la liberación</b>	
Para sustancias tóxicas considerar nivel del suelo.	Manejar a nivel del suelo o bien establecer la altura de liberación para el escenario.
<b>Rugosidad de la superficie</b>	
Utilizar área urbana (terreno con obstáculos) o área rural (terreno plano) según corresponda.	
<b>Temperatura a la que la sustancia es liberada</b>	
Para líquidos diferentes a gases licuados por refrigeración, considerar que la liberación ocurre a la temperatura ambiente máxima diaria de acuerdo a registros meteorológicos. Para gases licuados por refrigeración considerar el punto de ebullición.	Utilizar lo establecido para el peor caso o considerar la temperatura a la cual está almacenada la sustancia o la temperatura del proceso o la temperatura ambiente.

# Simulación de escenarios

Se deben de establecer las condiciones de 5 aspectos:

- 1. Ubicación geográfica** (coordenadas latitud y longitud).
- 2. Sustancia química** liberada.
- 3. Condiciones atmosféricas** (temperatura, presión, velocidad y dirección del viento, estabilidad, humedad relativa, etc.)
- 4. Fuente de emisión** donde proviene la fuga o derrame (capacidad del tanque, diámetro y longitud del tanque, cantidad de masa almacenada, velocidad de emisión, tamaño del orificio de fuga, altura en la que esta localizada, etc.).



GOBIERNO DE  
**MÉXICO**

SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



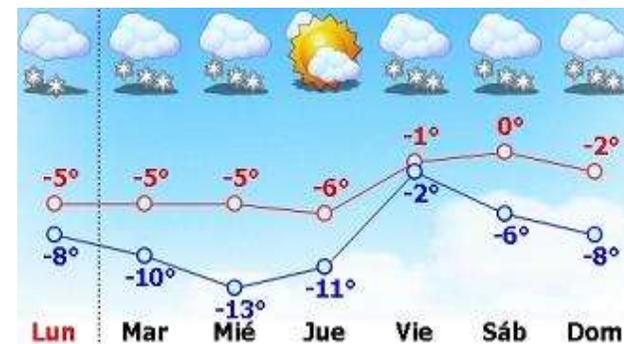
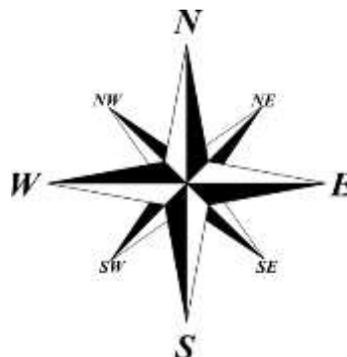
CNPC

COORDINACIÓN NACIONAL  
DE PROTECCIÓN CIVIL



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN  
DE DESASTRES



## 5. Parámetros para el cálculo de áreas de afectación



GOBIERNO DE  
MÉXICO

SEGURIDAD  
SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CNPC  
COORDINACIÓN NACIONAL  
DE PROTECCIÓN CIVIL



CENAPRED  
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN  
DE DESASTRES

Zona	Toxicidad (ppm)	Incendio (Radiación Térmica)	Explosión sobrepresión)
Zona de Riesgo	IDLH	5.0 kw/m <sup>2</sup> o 1500 BTU/ft <sup>2</sup> h	1 lb/pulg <sup>2</sup>
Zona de amortiguamiento	TLV8	1.4 kw/m <sup>2</sup> o 440 BTU/ft <sup>2</sup> h	0.5 lb/pulg <sup>2</sup>

Guía para la presentación del Estudio de Modalidad Análisis de Riesgo (**SEMARNAT**)

**Tabla 19.1 Criterios generales para establecer escenarios de liberación “Niveles de interés”**

Zona	Toxicidad (ppm)	Incendio (Radiación Térmica)	Explosión (sobrepresión)
Zona de Riesgo	AEGL-2	5.0 kw/m <sup>2</sup> o 1500 BTU/ft <sup>2</sup> h	1 lb/pulg <sup>2</sup>
Zona de amortiguamiento	AEGL-1	1.4 kw/m <sup>2</sup> o 440 BTU/ft <sup>2</sup> h	0.5 lb/pulg <sup>2</sup>

Anexo 19 de la Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración del Atlas Nacional de Riesgos (**CENAPRED**)

**Tabla 31. Parámetros para la determinación de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento para el Análisis de Riesgo**

Zona	Zona de Alto Riesgo por daño a equipos	Zona de Alto Riesgo	Zona de Amortiguamiento
Toxicidad (concentración)	-	IDLH (ppm)	TLV (8 h, TWA) o TLV (15 min, STEL) (ppm)
Inflamabilidad (radiación térmica)	Rango de 12.5 kw/m <sup>2</sup> a 37.5 kw/m <sup>2</sup>	5.0 kw/m <sup>2</sup> o 1500 BTU/ft <sup>2</sup> h	1.4 kw/m <sup>2</sup> o 440 BTU/ft <sup>2</sup> h
Explosividad (sobrepresión)	Rango de 3 lb/in <sup>2</sup> a 10 lb/in <sup>2</sup>	1 lb/in <sup>2</sup> (0.070 kg/cm <sup>2</sup> )	0.5 lb/in <sup>2</sup> (0.035 kg/cm <sup>2</sup> )

Guía para la elaboración del Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos (**ASEA**)

# Efectos de la Radiación Térmica



GOBIERNO DE  
MÉXICO

SEGURIDAD  
SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



kW/m <sup>2</sup>	Efecto esperado u observado
37.5	Suficiente para causar daño en equipos de proceso (Banco Mundial).
25	Intensidad de energía mínima requerida para provocar la ignición de la madera en exposiciones prolongadas, no requiriéndose fuente de ignición alterna (Banco Mundial).
12.5	Intensidad de energía mínima requerida para fundición de conductos de plástico (Banco Mundial).
9.5	El umbral del dolor se alcanza con 8 seg. de exposición; las quemaduras de segundo grado se presentan con períodos de exposición de 20 seg. (Banco Mundial).
6.31	Intensidad en áreas donde acciones de emergencia, con duración hasta de un minuto, pueden ser realizadas con equipo apropiado (API 521).
4	Suficiente para causar dolor al personal, en caso de que éste no se resguarde en 20 seg; sin embargo, es probable la formación de ampollas en la piel (Banco Mundial).
1.4	No se presentan molestias, aunque durante largos periodos de exposición equivale a la intensidad del sol de verano a medio día.

# Efectos de la Sobrepresión



GOBIERNO DE  
MÉXICO

SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CNPC

COORDINACIÓN NACIONAL  
DE PROTECCIÓN CIVIL



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN  
DE DESASTRES

psi	Efecto esperado u observado
0.5	Destrucción de ventanas, con daño a los marcos y bastidores, Daños menores a techos de casa. Daños estructurales menores.
0.725	Zona de alerta. Daños estructurales de pequeña magnitud en casa.
1	Demolición parcial de casas, que quedan inhabitables. Daños estructurales menores, comparables a los daños ocasionados por una tormenta, fallas en estructuras o paredes de madera. Rompimiento de ventanas. El techo de los tanques de almacenamiento sufren un colapso. Falla de paneles y mamparas de madera, aluminio, etc. Conexiones o uniones de aluminio o acero muestran fallas.
1.81	Zona de Intervención. Dislocación / colapso de paneles, paredes y techos.
7.25	Colapso parcial de paredes y techos de casas. Destrucción de paredes de cemento de 20 a 30 cm. de grosor. Destrucción del 50 % de la obra de ladrillo en edificaciones. 25% de todas las paredes muestran fallas. Las paredes hechas de bloques de concreto se colapsan. Daños menores de marcos de acero en ventanas y puertas. Deformación de paredes y puertas, falla de juntas. Se desprende el recubrimiento de las paredes. Daños serios al resto de los elementos de soporte. Umbral (1%) de ruptura de tímpano.
14.50	Desplazamiento de los tanques de almacenamiento cilíndrico. Daño a columnas de fraccionamiento. La estructura de soporte de un tanque de almacenamiento redondo se colapsa. Daños severos y desplazamiento de maquinaria pesada (3 500 kg). Falla de las conexiones de tuberías y demolición total de edificios. Colapso total de casas habitación tipo o estilo Americano. Umbral de letalidad (1%) de muerte por hemorragia pulmonar y efectos directos de la sobrepresión sobre el cuerpo humano.

AICHE, "Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis"

# Ejemplo de un escenario de accidente



GOBIERNO DE  
MÉXICO

SEGURIDAD  
SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



En un pequeño parque industrial en Iztapalapa, se ubica un *tanque horizontal con diámetro de 0.762 m y longitud de 3.032 m*, el cual contiene *907 kg. de cloro líquido*. Un guardia de seguridad descubre que el tanque tiene una *fuga de gas cloro de 1.27 centímetros* ubicado en parte de arriba del tanque.

En el lugar donde se presenta el evento la temperatura ambiental es de 25 ° C, con viento del suroeste a 3 m/s (medido a una altura de 10 metros por una torre meteorológica fija en el sitio). El cielo está parcialmente nublado y la humedad es de alrededor del 60%. No hay inversión de bajo nivel. Hay varios edificios en el parque industrial y un gran campo de césped se encuentra al noreste del parque industrial.

## Determinar el radio de afectación y el radio de amortiguamiento

**AEGL-1:** Concentración a/o por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles pero excluyendo los hipersusceptibles, puede experimentar una incomodidad notable. Concentraciones por debajo del AEGL-1 representan niveles de exposición que producen ligero olor, sabor u otra irritación sensorial leve.

**AEGL-2:** Concentración a/o por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles pero excluyendo los hipersusceptibles, puede experimentar efectos a largo plazo serios o irreversibles o ver impedida su capacidad para escapar. Concentraciones por debajo del AEGL-2 pero por encima del AEGLs 1 representan niveles de exposición que pueden causar notable malestar.

**AEGL-3:** Es la concentración a/o por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles pero excluyendo los hipersusceptibles, podría experimentar efectos amenazantes para la vida o la muerte. Concentraciones por debajo de AEGL-3 pero por encima de AEGL 2 representan niveles de exposición que pueden causar efectos a largo plazo, serios o irreversibles o impedir la capacidad de escapar.

# Dispersión de Nube Tóxica de cloro



GOBIERNO DE  
MÉXICO

SEGURIDAD  
SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

CNPC  
COORDINACIÓN NACIONAL  
DE PROTECCIÓN CIVIL

CENAPRED  
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN  
DE DESASTRES

## ALOHA 5.4.7 - [Text Summary]

File Edit SiteData SetUp Display Sharing Help

### SITE DATA:

Location: IZTAPALAPA, MEXICO  
Building Air Exchanges Per Hour: 0.42 (unsheltered single storied)  
Time: September 20, 2021 1638 hours ST (using computer's clock)

### CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CHLORINE  
CAS Number: 7782-50-5 Molecular Weight: 70.91 g/mol  
AEGL-1 (60 min): 0.5 ppm AEGL-2 (60 min): 2 ppm AEGL-3 (60 min): 20 ppm  
IDLH: 10 ppm  
Ambient Boiling Point: -40.0° C  
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm  
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

### ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 3 meters/second from SW at 10 meters  
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths  
Air Temperature: 25° C Stability Class: C  
No Inversion Height Relative Humidity: 60%

### SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank  
Non-flammable chemical is escaping from tank  
Tank Diameter: 0.762 meters Tank Length: 2.032 meters  
Tank Volume: 0.93 cubic meters  
Tank contains liquid Internal Temperature: 25° C  
Chemical Mass in Tank: 907 kilograms  
Tank is 70% full  
Circular Opening Diameter: 1.27 centimeters  
Opening is 0.76 meters from tank bottom  
Release Duration: 46 minutes  
Max Average Sustained Release Rate: 11.9 kilograms/min  
(averaged over a minute or more)  
Total Amount Released: 181 kilograms  
Note: The chemical escaped from the tank as a gas.

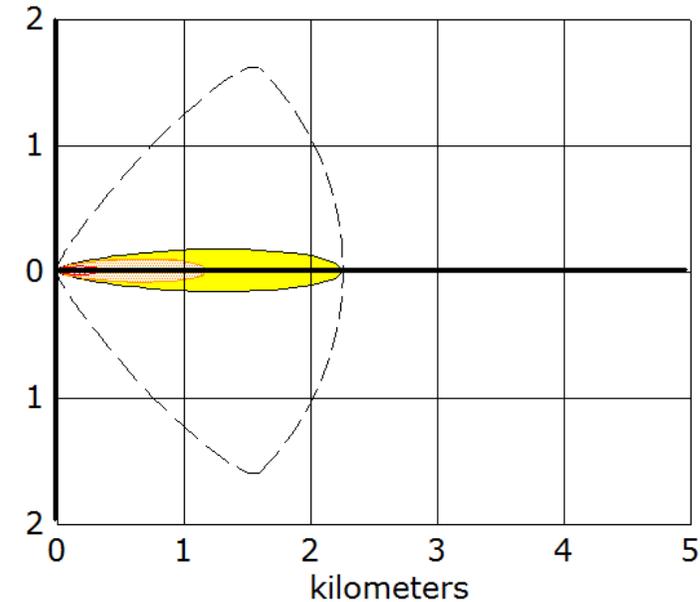
### THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas  
Red : 352 meters --- (20 ppm = AEGL-3 [60 min])  
Orange: 1.2 kilometers --- (2 ppm = AEGL-2 [60 min])  
Yellow: 2.3 kilometers --- (0.5 ppm = AEGL-1 [60 min])

## ALOHA 5.4.7 - [Toxic Threat Zone]

File Edit SiteData SetUp Display Sharing Help

kilometers



- greater than 20 ppm (AEGL-3 [60 min])
- greater than 2 ppm (AEGL-2 [60 min])
- greater than 0.5 ppm (AEGL-1 [60 min])
- wind direction confidence lines

# Dardo de fuego de propano



GOBIERNO DE  
MÉXICO

SEGURIDAD  
SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CNPC  
COORDINACIÓN NACIONAL  
DE PROTECCIÓN CIVIL



CENAPRED  
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN  
DE DESASTRES

ALOHA 5.4.5 - [Text Summary]

File Edit SiteData SetUp Display Sharing Help

## SITE DATA:

Location: AGUASCALIENTES, MEXICO  
Building Air Exchanges Per Hour: 0.79 (unsheltered single storied)  
Time: June 18, 2019 1328 hours ST (using computer's clock)

## CHEMICAL DATA:

Chemical Name: PROPANE Molecular Weight: 44.10 g/mol  
AEGL-1 (60 min): 5500 ppm AEGL-2 (60 min): 17000 ppm AEGL-3 (60 min): 33000 ppm  
IDLH: 2100 ppm LEL: 21000 ppm UEL: 95000 ppm  
Ambient Boiling Point: -47.1° C  
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm  
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

## ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

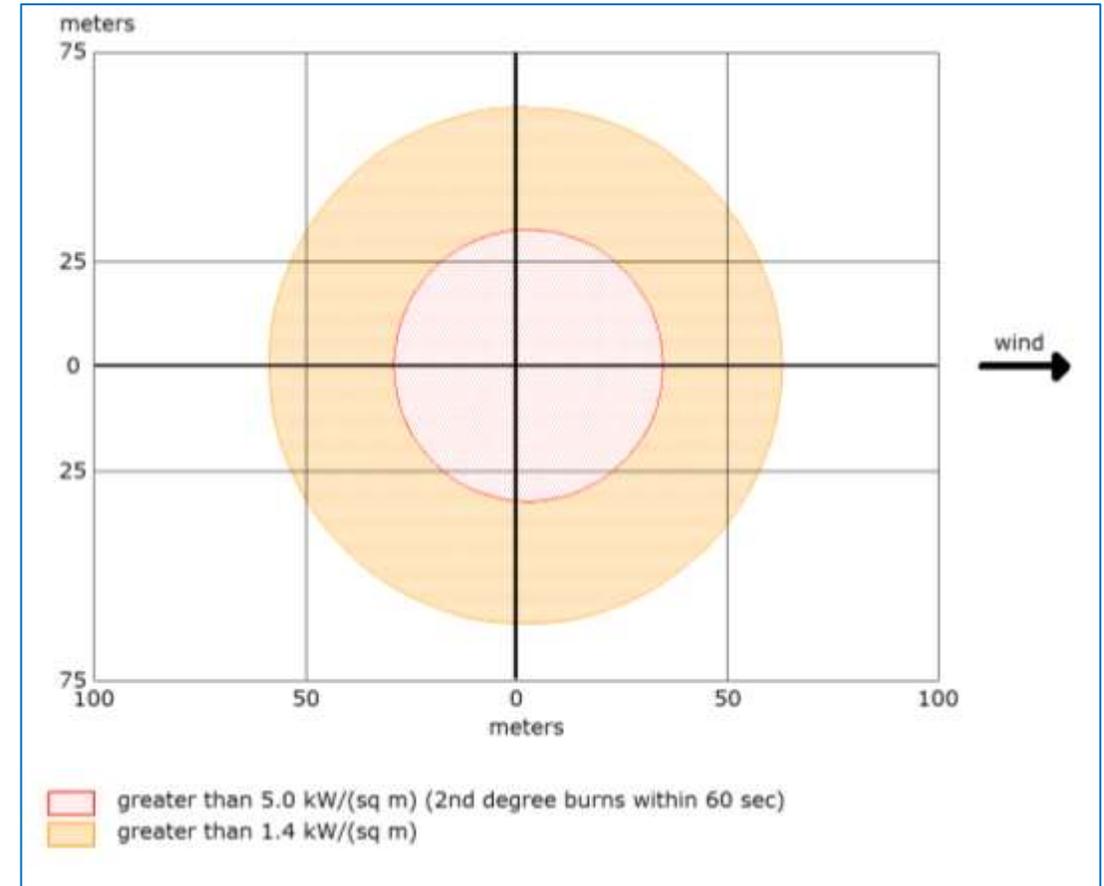
Wind: 4.5 meters/second from NE at 10 meters  
Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths  
Air Temperature: 26.3° C  
Stability Class: D (user override)  
No Inversion Height Relative Humidity: 52%

## SOURCE STRENGTH:

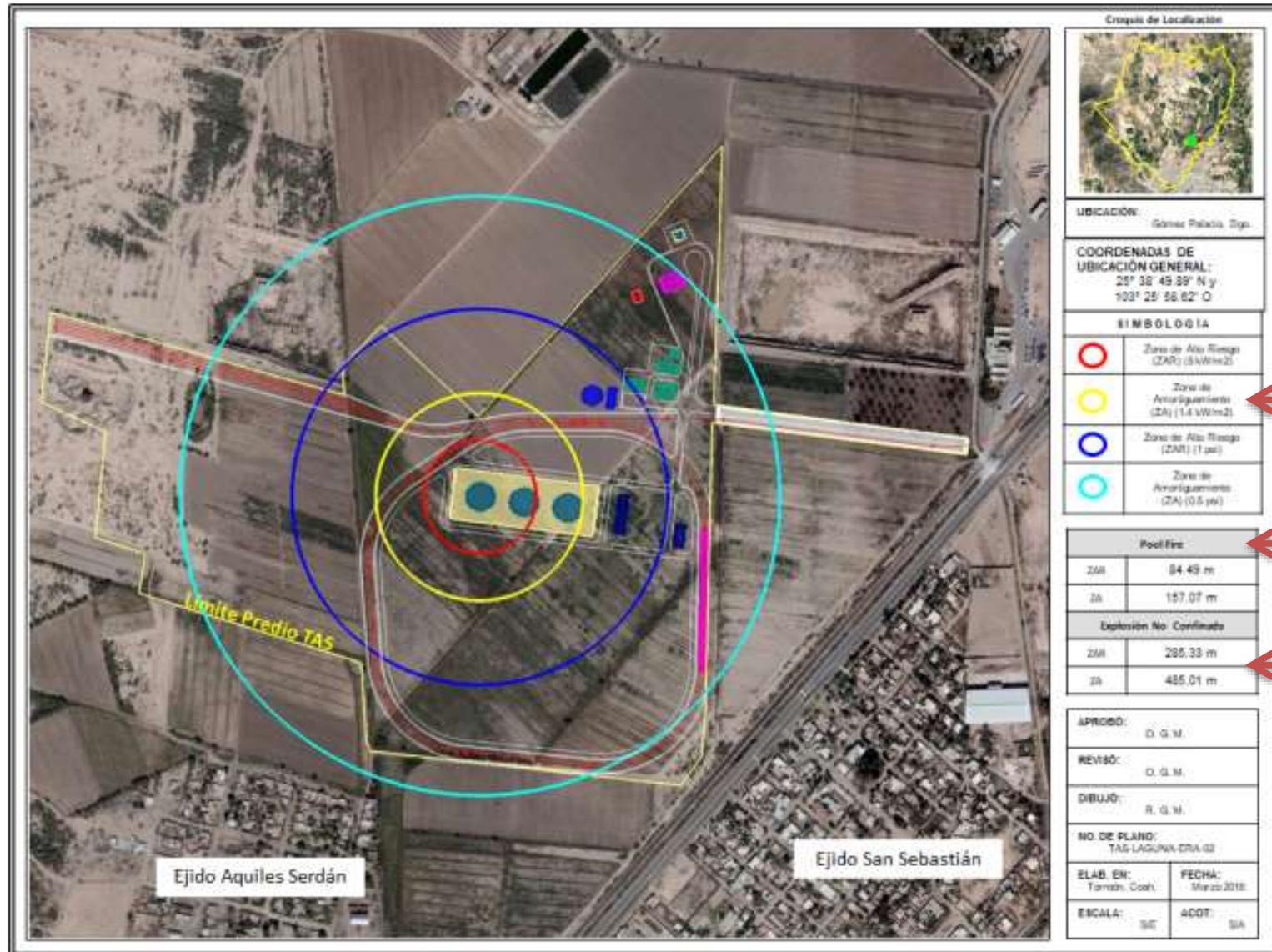
Leak from hole in horizontal cylindrical tank  
Flammable chemical is burning as it escapes from tank  
Tank Diameter: 1.16 meters Tank Length: 5.04 meters  
Tank Volume: 5.33 cubic meters  
Tank contains liquid Internal Temperature: 26.3° C  
Chemical Mass in Tank: 2,106 kilograms  
Tank is 80% full  
Circular Opening Diameter: 1 inches  
Opening is 0.48 meters from tank bottom  
Max Flame Length: 15 meters Burn Duration: 9 minutes  
Max Burn Rate: 552 kilograms/min  
Total Amount Burned: 2,036 kilograms  
Note: The chemical escaped from the tank and burned as a jet fire.

## THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from jet fire  
Red : 35 meters --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)  
Orange: 63 meters --- (1.4 kW/(sq m))



Deberá ubicarse en un mapa por cada municipio y en un mapa estatal, las empresas georeferenciadas que almacenen sustancias químicas peligrosas y trazar las zonas de afectación obtenidas como consecuencia de una nube tóxica, incendio o explosión.



## Radios de afectación

**Zona de Riesgo (5 kW/m<sup>2</sup>)**  
**Zona de amortiguamiento (1.4 kW/m<sup>2</sup>)**

**Evento (Pool fire)**

**Zona de Riesgo (distancia en metros)**  
**Zona de amortiguamiento (distancia en metros)**

Cronograma de Localización	
<b>UBICACION:</b> Gómez Palacio, Zaco.	
<b>COORDENADAS DE UBICACION GENERAL:</b> 25° 38' 49.39" N y 103° 25' 56.62" O	
<b>SIMBOLOGIA</b>	
	Zona de Alto Riesgo (ZAR) (5 kW/m <sup>2</sup> )
	Zona de Amortiguamiento (ZA) (1.4 kW/m <sup>2</sup> )
	Zona de Alto Riesgo (ZAR) (1 psi)
	Zona de Amortiguamiento (ZA) (0.5 psi)
<b>Pool fire:</b>	
ZAR	84.49 m
ZA	157.07 m
<b>Explosión No. Confinada:</b>	
ZAR	285.33 m
ZA	485.01 m
<b>APROBO:</b> D. G. N.	
<b>REVISO:</b> D. G. N.	
<b>DIBUJO:</b> R. G. N.	
<b>NO. DE PLANO:</b> TAS-LAGUNERA-02	
<b>ELAB. EN:</b> Tarrón, Coah.	<b>FECHA:</b> Marzo 2018
<b>ESCALA:</b> 1:500	<b>ACOT:</b> S/A

# Radios de afectación

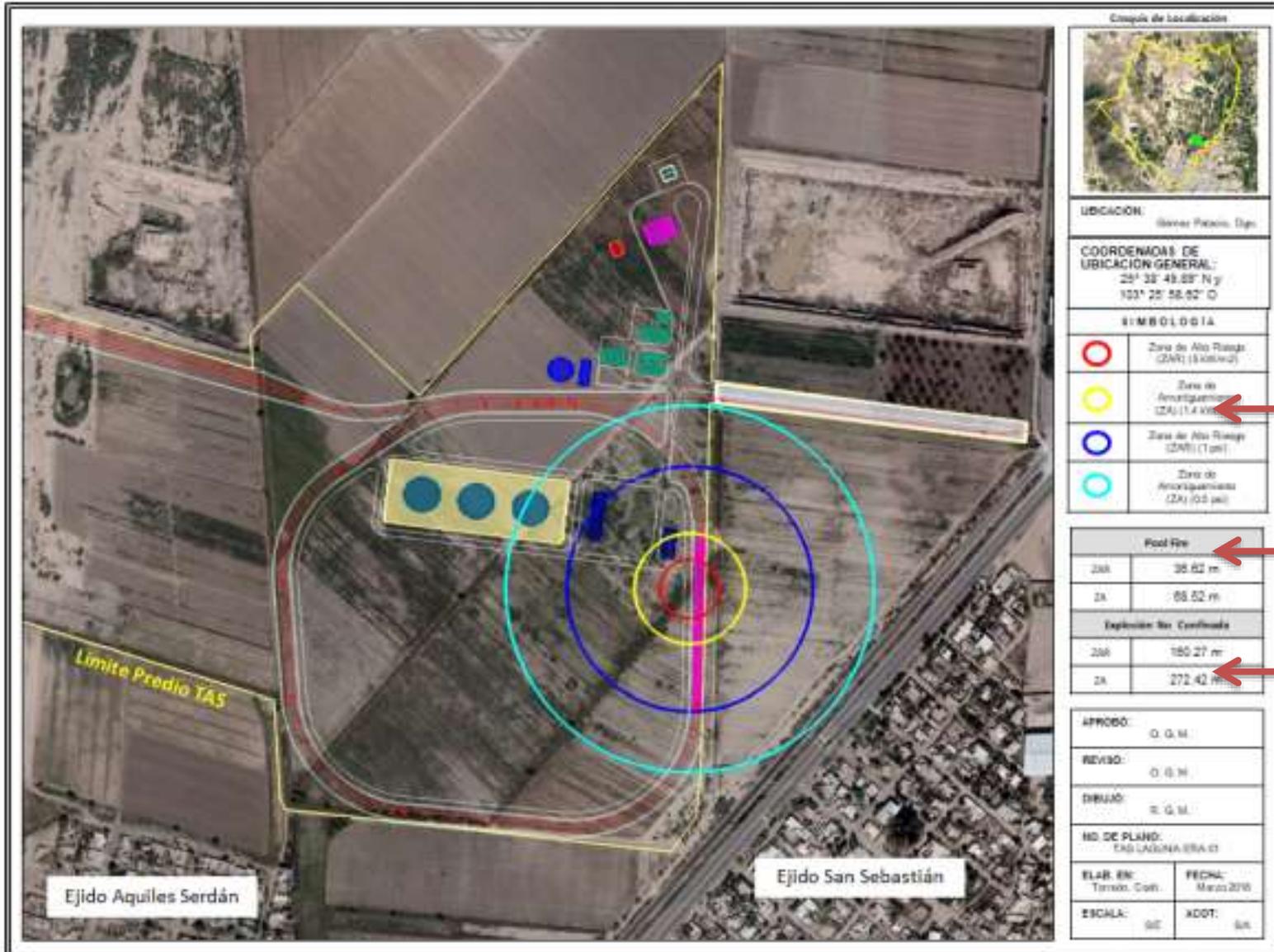


GOBIERNO DE  
**MÉXICO**

SEGURIDAD  
SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

CNPC  
COORDINACIÓN NACIONAL  
DE PROTECCIÓN CIVIL

CENAPRED  
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN  
DE DESASTRES



**Zona de Riesgo (5 kW/m<sup>2</sup>)**  
**Zona de amortiguamiento (1.4 kW/m<sup>2</sup>)**

**Evento (Pool fire)**

**Zona de Riesgo (distancia en metros)**  
**Zona de amortiguamiento (distancia en metros)**

Vulnerabilidad o evaluación de la vulnerabilidad, determinar el daño y la cuantificación de las personas e instalaciones afectadas debido a un evento no deseado con sustancias y materiales peligrosos.

- a) Para establecer la vulnerabilidad de los sistemas expuestos por el **almacenamiento**, autotransporte, transporte ferroviario y a través de ductos de sustancias, materiales y residuos peligrosos, se desarrollará exclusivamente la vulnerabilidad de las personas, la cual se establecerá considerando la susceptibilidad a sufrir un daño por fenómenos de tipo mecánico (ondas de sobre presión, impulso, proyectiles), de tipo térmico (radiación térmica) y de tipo químico (concentraciones de la sustancia química en el aire). Las ecuaciones empleadas (método **Probit**) deberán establecer una relación dosis-efecto (respuesta).
- b) Para cada uno de los escenarios de accidentes incluidos en los mapas de peligro, se deberá realizar lo siguiente:
  1. Analizar y determinar la población e instalaciones dentro de las áreas y distancias de riesgo (aislamiento) y amortiguamiento (evacuación).
  2. Incluir un mapa para cada escenario de accidente considerado en los mapas de peligro.

```
ALOHA 5.4.7 - [Text Summary]
File Edit SiteData SetUp Display Sharing Help
SITE DATA:
Location: IZTAPALAPA, MEXICO
Building Air Exchanges Per Hour: 0.42 (unsheltered single storied)
Time: September 20, 2021 1638 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:
Chemical Name: CHLORINE
CAS Number: 7782-50-5 Molecular Weight: 70.91 g/mol
AEGL-1 (60 min): 0.5 ppm AEGL-2 (60 min): 2 ppm AEGL-3 (60 min): 20 ppm
IDLH: 10 ppm
Ambient Boiling Point: -40.0° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
Wind: 3 meters/second from SW at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 25° C Stability Class: C
No Inversion Height Relative Humidity: 60%

SOURCE STRENGTH:
Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Non-flammable chemical is escaping from tank
Tank Diameter: 0.762 meters Tank Length: 2.032 meters
Tank Volume: 0.93 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 25° C
Chemical Mass in Tank: 907 kilograms
Tank is 70% full
Circular Opening Diameter: 1.27 centimeters
Opening is 0.76 meters from tank bottom
Release Duration: 46 minutes
Max Average Sustained Release Rate: 11.9 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 181 kilograms
Note: The chemical escaped from the tank as a gas.

THREAT ZONE:
Model Run: Heavy Gas
Red : 352 meters --- (20 ppm = AEGL-3 [60 min])
Orange: 1.2 kilometers --- (2 ppm = AEGL-2 [60 min])
Yellow: 2.3 kilometers --- (0.5 ppm = AEGL-1 [60 min])
```

## Ecuación general

$$Pr = a + b \ln V$$

Donde:

**Pr:** “Probit” o función de probabilidad de daño sobre la población expuesta; constante que depende del tipo de lesión y tipo de carga de exposición.

**a:** constante dependiente del tipo de lesión y tipo de carga de exposición.

**b:** constante dependiente del tipo de carga de exposición.

**V:** variable que representa la carga de exposición.

# Método Probit



GOBIERNO DE  
MÉXICO

SEGURIDAD  
SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

CNPC  
COORDINACIÓN NACIONAL  
DE PROTECCIÓN CIVIL

CENAPRED  
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN  
DE DESASTRES

De manera general la ecuación Probit para la inhalación de una sustancia tóxica tiene la forma siguiente:

$$probit = a + b \ln(C^n t)$$

a, b y n: constantes de la sustancia.

C: concentración en ppm o mg/m<sup>3</sup>, según lo establezca la ecuación probit utilizada.

t: tiempo de exposición, en minutos.

Para cloro se tienen los siguientes valores de acuerdo a la tabla :

**a = -8.29**

**b = 0.92**

**n = 2**

Tabla 3. Constantes de toxicidad letal para las ecuaciones Probit.

Sustancia	a (C en ppm)	b (C en ppm)	n (en minutos)
Acilonitrilo <sup>3</sup>	-29.42	3.009	1.43
Acilonitrilo <sup>2</sup>	-24.422	3.008	1.43
Acroleína <sup>2,3</sup>	-9.931	2.049	1
Acido sulfhídrico <sup>2,3</sup>	-31.42	3.008	1.43
Alcohol alílico <sup>1, 2</sup>	-4.22	1	1
Amoniaco <sup>2,3</sup>	-35.9	1.85	2
Benceno <sup>2,3</sup>	-109.78	5.3	2
Bromo <sup>2,3</sup>	-9.04	0.92	2
Bromuro de metilo <sup>2,3</sup>	-56.81	5.27	1
Cianuro de hidrógeno (ácido cianhídrico) <sup>2,3</sup>	-29.42	3.008	1.43
Cloro <sup>2,3</sup>	-8.29	0.92	2
Cloruro de hidrógeno (ácido clorhídrico) <sup>2,3</sup>	-16.85	2.0	1.0
Dióxido de azufre <sup>2,3</sup>	-15.67	2.10	1
Dióxido de carbono <sup>1</sup>	-46.56	4.2	1
Dióxido de nitrógeno <sup>2,3</sup>	-13.69	1.4	2
Fluoruro de hidrógeno (ácido fluorhídrico) <sup>2,3</sup>	-35.87	3.354	1
Formaldehído <sup>2,3</sup>	-12.24	1.3	2
Fosgeno <sup>2,3</sup>	-19.27	3.686	1
Fosfamidón <sup>1</sup>	-3.14	1	0.7
Fosfina <sup>1</sup>	-2.25	1	1
Isocianato de metilo <sup>2,3</sup>	-5.642	1.637	0.653
Monóxido de carbono <sup>2,3</sup>	-37.98	3.7	1
Oxido de etileno <sup>1</sup>	-6.19	1	1
Oxido de propileno <sup>2,3</sup>	-7.415	0.509	2
Paration <sup>1</sup>	-2.25	1	1
Sulfuro de hidrógeno <sup>2,3</sup>	-31.42	3.008	1.43
Tetracloruro de carbono <sup>2,3</sup>	-6.29	0.408	2.5
Tetraetil de plomo <sup>1</sup>	-1.50	1.00	1.0

# Método Probit



GOBIERNO DE  
MÉXICO

SEGURIDAD  
SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

CNPC  
COORDINACIÓN NACIONAL  
DE PROTECCIÓN CIVIL

CENAPRED  
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN  
DE DESASTRES

$$probit = a + b \ln(C^n t)$$

$$Probit = -8.29 + 0.92 \ln(200^2 * 10)$$

$$Probit = 3.58$$

De acuerdo a la tabla 1, el valor de probit corresponde a: Porcentaje = 8

Personas que pueden morir debido al accidente =  $300 (0.08) = 24$

**Tabla 1 Transformación de Probit (unidades de probabilidad) a porcentajes**

%	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-	2.67	2.95	3.12	3.25	3.36	3.45	3.52	3.59	3.66
10	3.72	3.77	3.82	3.87	3.92	3.96	4.01	4.05	4.08	4.12
20	4.16	4.19	4.23	4.26	4.29	4.33	4.36	4.39	4.42	4.45
30	4.48	4.50	4.53	4.56	4.59	4.61	4.64	4.67	4.69	4.72
40	4.75	4.77	4.80	4.82	4.85	4.87	4.90	4.92	4.95	4.97
50	5.00	5.03	5.05	5.08	5.10	5.13	5.15	5.18	5.20	5.23
60	5.25	5.28	5.31	5.33	5.36	5.39	5.41	5.44	5.47	5.50
70	5.52	5.55	5.58	5.61	5.64	5.67	5.71	5.74	5.77	5.81
80	5.84	5.88	5.92	5.95	5.99	6.04	6.08	6.13	6.18	6.23
90	6.28	6.34	6.41	6.48	6.55	6.64	6.75	6.88	7.05	7.33
%	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
99	7.33	7.37	7.41	7.46	7.51	7.58	7.65	7.75	7.88	8.09

Fuente: NTP 291: Modelos de vulnerabilidad de las personas por accidentes mayores: método Probit, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo; *Chemical Process Quantitative Risk Analysis*, AICHE

# Ecuaciones probit para radiación térmica



Para establecer las consecuencias de los flujos de energía térmica radiante se han desarrollado diversas ecuaciones probit, que establecen la probabilidad de daño en función de la dosis térmica.

Tipo de daño o afectación	Ecuación probit	Comentario
Primer grado (TNO)	Probit=-39.83 + 3.0186 ln ( $I^{4/3} t$ )	Basada en el modelo de Eisenberg pero para radiación infrarroja
Segundo grado (TNO)	Probit=-43.14 + 3.0186 ln ( $I^{4/3} t$ )	Basada en el modelo de Eisenberg pero para radiación infrarroja
Segundo grado (TNO Green Book)	Probit = -15.34 + 3.02 ln (V)	Desarrollada con base en el modelo de Tsao y Perry; donde la Dosis térmica $V= I^{4/3} t$ , se expresa en $(kW/m^2)^{4/3} s$
Muerte (TNO, Opschoor, van Loo, and Pasman, 1992)	Probit=-37.23 + 2.56 ln ( $I^{4/3} t$ )	Modificación del modelo de Tsao y Perry considerando la ropa (14%). Usando vestimenta normal.
Muerte (Eisenberg)	Probit=-38.48 + 2.56 ln ( $I^{4/3} t$ )	Basada en datos nucleares para Hiroshima y Nagasaki (radiación ultravioleta)
Muerte (Tsao y Perry)	Probit=-36.28 + 2.56 ln ( $I^{4/3} t$ )	Basada en el modelo de Eisenberg modificada para radiación infrarroja (factor 2.23)
Muerte (Lees)	Probit=-29.02 + 1.99 ln ( $F I^{4/3} t$ )*	Considerando ropa, basado en experimentos con piel porcina utilizando fuente de luz ultravioleta para determinar el daño a la piel, usando información sobre mortalidad por quemadura

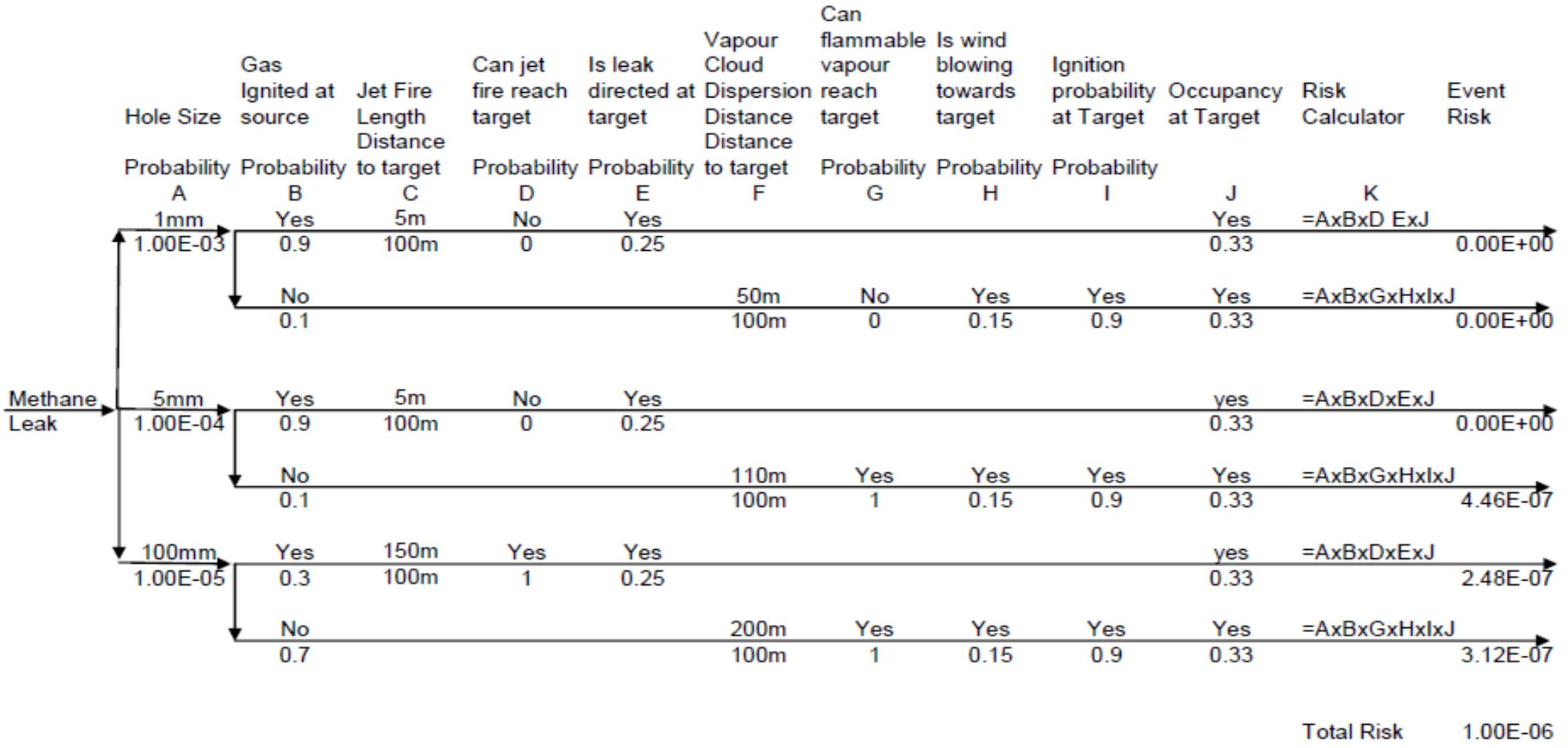
$I^{4/3} t =$  Dosis térmica en  $(W/m^2)^{4/3} s$

$I$ : intensidad de la radiación, en  $W/m^2$ ;  $t$ : tiempo efectivo de exposición, en segundos

\*  $F= 0.5$  para población vestida normalmente y 1.0 cuando ocurre la ignición de la ropa

Fuente: Development of uniform harm criteria for use in quantitative risk analysis of the hydrogen infrastructure; LD50m equivalent effect thermal radiation.pdf pag 15 de 30

# Ejemplo: Árbol de eventos para una evaluación de riesgos simple



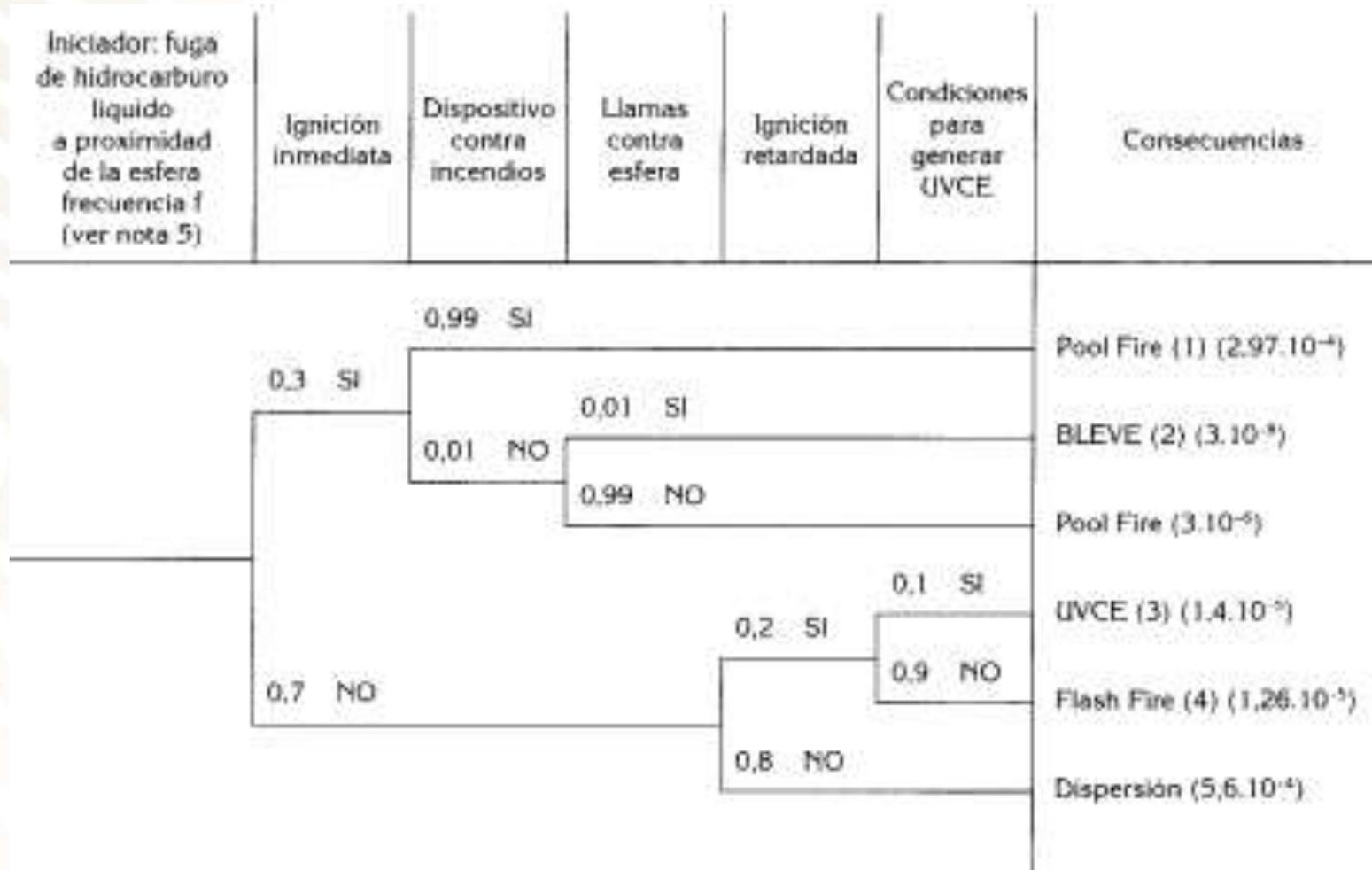


TABLA 7. Para estimar la frecuencia de ocurrencia de los eventos.

Clasificación	Tipo	Descripción de la frecuencia de ocurrencia
6	Muy Frecuente	Ocurre una o más veces por año
5	Frecuente	Ocurre una vez en un periodo entre 1 y 3 años
4	Poco frecuente	Ocurre una vez en un periodo entre 3 y 5 años
3	Raro	Ocurre una vez en un periodo entre 5 y 10 años
2	Muy raro	Ocurre solamente una vez en la vida útil de la planta.
1	Extremadamente raro	Evento que es posible que ocurra, pero que a la fecha no existe ningún registro.

TABLA 8. Matriz para la estimación del índice de riesgo.<sup>48</sup>

Consecuencia

	1	2	3	4	5	6
6	C	B	A	A	A	A
5	C	B	B	A	A	A
4	C	C	B	A	A	A
3	C	C	C	B	B	A
2	C	C	C	C	B	A
1	C	C	C	C	B	B

Daños al personal

Consecuencia

	1	2	3	4	5	6
6	C	B	A	A	A	A
5	C	B	B	A	A	A
4	C	B	B	B	A	A
3	C	C	C	B	A	A
2	C	C	C	C	B	A
1	C	C	C	C	C	B

Impacto Ambiental

Consecuencia

	1	2	3	4	5	6
6	C	B	A	A	A	A
5	C	B	A	A	A	A
4	C	B	A	A	A	A
3	C	B	A	A	A	A
2	C	B	A	A	A	A
1	C	C	B	A	A	A

Daños a la población

Consecuencia

	1	2	3	4	5	6
6	B	B	A	A	A	A
5	C	B	B	A	A	A
4	C	C	B	B	A	A
3	C	C	C	B	B	A
2	C	C	C	C	B	A
1	C	C	C	C	C	B

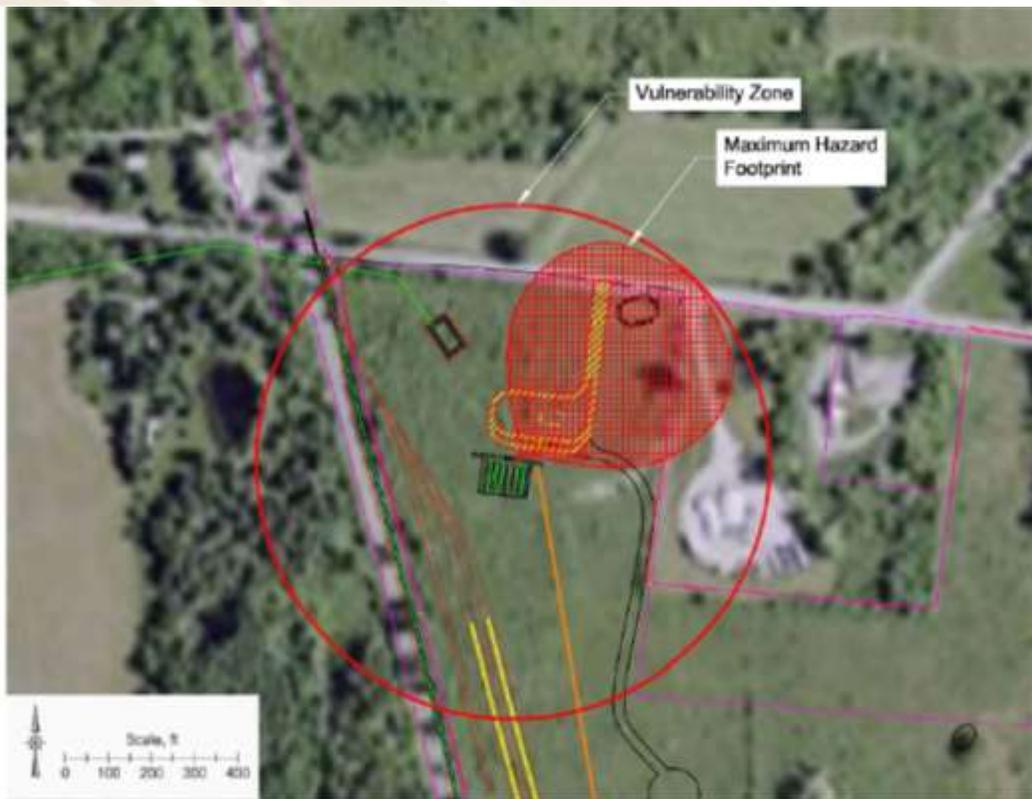
Daños a la instalación/producción

TABLA 9. Clasificación de riesgos.<sup>49</sup>

ÍNDICE DE RIESGO	CLASIFICACIÓN
A	Región de Riesgo No Tolerable
B	Región de Riesgo ALARP (As Low As Reasonably Practicable)
C	Región de Riesgo Tolerable

TABLA 6. Clasificación de riesgos por sus consecuencias potenciales.

Categoría de consecuencia	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto ambiental	Pérdida de producción [Millones de USD]	Daños a la instalación [Millones de USD]
6	Heridas o daños físicos que pueden resultar en más de 15 fatalidades	Heridas o daños físicos que pueden resultar en más de 100 fatalidades	Fuga o derrame externo que no se pueda controlar en una semana	Mayor de 50	Mayor de 50
5	Heridas o daños físicos que pueden resultar de 4 a 15 fatalidades	Heridas o daños físicos que pueden resultar de 15 a 100 fatalidades	Fuga o derrame externo que se pueda controlar en una semana	De 15 a 50	De 15 a 50
4	Heridas o daños físicos que pueden resultar en hasta 3 fatalidades	Heridas o daños físicos que pueden resultar de 4 a 15 fatalidades	Fuga o derrame externo que se pueda controlar en un día	De 5 a 15	De 5 a 15
3	Heridas o daños físicos que generan incapacidad médica	Heridas o daños físicos que pueden resultar en hasta 3 fatalidades. Evento que requiere de hospitalización a gran escala	Fuga o derrame externo que se pueda controlar en algunas horas	De 0.500 a 5	De 0.500 a 5
2	Heridas o daños físicos reportables v/o que se atienden con primeros auxilios	Evento que requiere de evacuación. Ruidos, olores e impacto visual que se pueden detectar	Fuga o derrame externo que se pueda controlar en menos de una hora (incluyendo el tiempo para detectar)	De 0.250 a 0.500	De 0.250 a 0.500
1	No se esperan heridas o daños físicos	No se esperan heridas o daños físicos. Ruidos, olores e impacto visual imperceptibles	No hay fuga o derrame externo	Hasta 0.250	Hasta 0.250



**Figure 5-2**

**Example Hazard Footprint and Vulnerability Zone for a Flammable Vapor Cloud**

**Risk Level Terminology and Numerical Values**

Numerical Value	Shorthand Notation	Chance per Year of Fatality
$1.0 \times 10^{-3}$	$10^{-3}$	One chance in 1,000 of being killed per year
$1.0 \times 10^{-4}$	$10^{-4}$	One chance in 10,000 of being killed per year
$1.0 \times 10^{-5}$	$10^{-5}$	One chance in 100,000 of being killed per year
$1.0 \times 10^{-6}$	$10^{-6}$	One chance in 1,000,000 of being killed per year
$1.0 \times 10^{-7}$	$10^{-7}$	One chance in 10,000,000 of being killed per year
$1.0 \times 10^{-8}$	$10^{-8}$	One chance in 100,000,000 of being killed per year



**Figure 5-3**

**Example of Location-Specific Risk Contours for the Butane Booster Pump Discharge Header**

Tomado de: Quantitative risk analysis for the finger lakes LPG storage facility. Quest Consultants Inc .



Buscar dirección o lugar



Sistemas Reguladores

Atlas Nacional de Riesgos  
por Inundación (ANRI)

Eventos

Escenarios

Escenarios  
de Cambio Climático

Estados

Municipios

Región Noroeste

Región Noreste

Región Occidente

Región Centro

Región Sureste

Análisis

Cargar Información





Buscar dirección o lugar



Capas

Estados

Municipios

Región Noroeste

Región Noreste

Región Occidente

Región Centro

Región Sureste

Análisis

Cargar Información



Noroeste

- Baja California
- Baja California Sur
- Chihuahua
- Sinaloa
- Sonora





Buscar dirección o lugar



Región Noroeste

Región Occidente

Región Centro

Región Sureste

Análisis

Cargar Información



Noroeste

- Baja California
- Baja California Sur
- Chihuahua
- Sinaloa
- Culiacán
  - Hidrometeorológicos
  - Geológicos
  - Químico tecnológicos
  - Obras propuestas
- Elota
- Escuinapa
- Guasave
- Los Mochis
- Mazatlán
- Navolato
- Rosario



Buscar dirección o lugar



Cargar Información

- Noroeste
- Baja California
- Baja California Sur
- Chihuahua
- Sinaloa
- Culiacán
- Hidrometeorológicos
- Geológicos
- Químico tecnológicos
  - Incendios, intensidad
    - Q ↓
  - Explosiones, intensidad
    - Q ↓
  - Derrames y fugas, intensidad
    - Q ↓
  - Radiaciones, intensidad
    - Q ↓

- Muy alto
- Alto
- Medio
- Bajo
- Muy bajo
- Sin peligro aparente

¡GRACIAS!

Ing. Juana Lorena Mora Fonseca

---

Jefa de Departamento

(55) 11036000 ext. 72112

[jlmoraf@cenapred.unam.mx](mailto:jlmoraf@cenapred.unam.mx)