



Escuela de  
Ingeniería y Arquitectura  
Universidad Zaragoza

**GUIAR**  
*Grupo Universitario de Investigación Analítica de Riesgos*

# Naturaleza y peligros del gas natural – hipótesis accidentales

C. Nerín, B. Seco, A. Tena, M. Calvo

**GUIAR**

*Grupo Universitario de Investigación Analítica de Riesgos*



**Universidad**  
Zaragoza

1542

CURSO

Gestión de emergencias de Prot. Civil con gas natural.  
Academia Aragonesa de Bomberos.

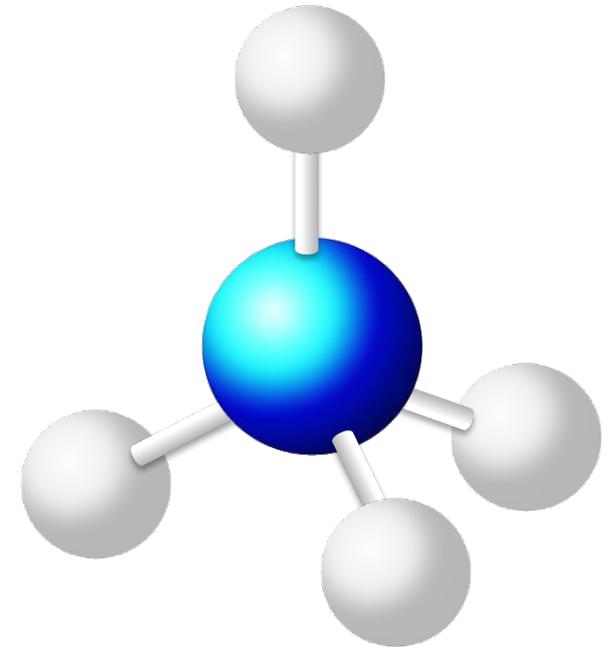
23 de noviembre de 2021

# ¿Qué es el GAS NATURAL?

## Hidrocarburo formado por:

80-90%	metano
<15%	nitrógeno
<12%	etano
<6%	propano
<2,5%	dióxido de carbono
<2%	butano
<2%	isobutano

metano



CH<sub>4</sub>

Fuente de energía muy importante

Combustible fósil más limpio que existe

Gas inodoro e incoloro

Tetrahidrotiofeno (THT)

<0,001%

# Principales propiedades

<b>Peso molecular</b>	<b>16,5 – 18,5 g/mol</b>
<b>Temperatura de fusión</b>	<b>-183 °C</b>
<b>Temperatura de ebullición</b>	<b>-161 °C</b>
<b>Densidad en estado líquido</b>	<b>422 kg/m<sup>3</sup></b>
<b>Densidad del gas</b>	<b>0,68 kg/m<sup>3</sup></b>
<b>Entalpía de vaporización</b>	<b>509,42 kJ/kg</b>
<b>Entalpía de combustión</b>	<b>50.020 kJ/kg</b>
<b>Flash point</b>	<b>-188 °C</b>
<b>Límite superior de inflamabilidad</b>	<b>17 %</b>
<b>Límite inferior de inflamabilidad</b>	<b>4,14 %</b>
<b>Temperatura de autoinflamación</b>	<b>600 °C</b>

## Clasificación NFPA

<b>Salud</b>	<b>2</b>
<b>Inflamabilidad</b>	<b>4</b>
<b>Reactividad</b>	<b>0</b>

# Principales propiedades

Temperatura de ebullición

-161 °C

Cuando se produce una fuga de GNL se forma una nube blanca, porque su baja temperatura condensa la humedad del aire que lo rodea. Los vapores son muy fríos (-160°C) y se comportan como un gas pesado (se extienden a ras del suelo) hasta que se calienta a unos -104°C. En este momento se hace más ligero que el aire.



# Principales propiedades

Temperatura de ebullición

-161 °C

Límite superior de inflamabilidad

17 %

Límite inferior de inflamabilidad

4,14 %

Si la mezcla de vapores del gas natural en el aire se encuentra en una concentración en volumen entre los límites de inflamabilidad y alcanza una fuente de ignición, el gas natural se inflamará

# Principales propiedades

Temperatura de ebullición

-161 °C

**Se considera una sustancia NO TÓXICA. Su peligro para la salud deriva de su poder asfixiante, no tóxico.**

Límite superior de inflamabilidad

17 %

Límite inferior de inflamabilidad

4,14 %

## Clasificación NFPA

Salud

2

Inflamabilidad

4

Reactividad

0



# Principales propiedades

Peso molecular	16,5 – 18,5 g/mol
Temperatura de fusión	-183 °C
Temperatura de ebullición	-161 °C
Densidad en estado líquido	422 kg/m <sup>3</sup>
Densidad del gas	0,68 kg/m <sup>3</sup>
Entalpía de vaporización	509,42 kJ/kg
Entalpía de combustión	50.020 kJ/kg
Flash point	-188 °C
Límite superior de inflamabilidad	17 %
Límite inferior de inflamabilidad	4,14 %
Temperatura de autoinflamación	600 °C

## Clasificación NFPA

Salud	2
Inflamabilidad	4
Reactividad	0



# GN v.s. GNL

## GNL

**gas natural licuado**

Gas natural en fase líquida, a una temperatura de  $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ , por lo que se considera un líquido **CRIOGÉNICO**

Se transporta y almacena así, ya que se reduce su volumen en 600 veces, por lo que es posible almacenar y transportar una mayor cantidad de sustancia que en fase gaseosa



**MISMO  
PRODUCTO,  
DISTINTA  
FASE**

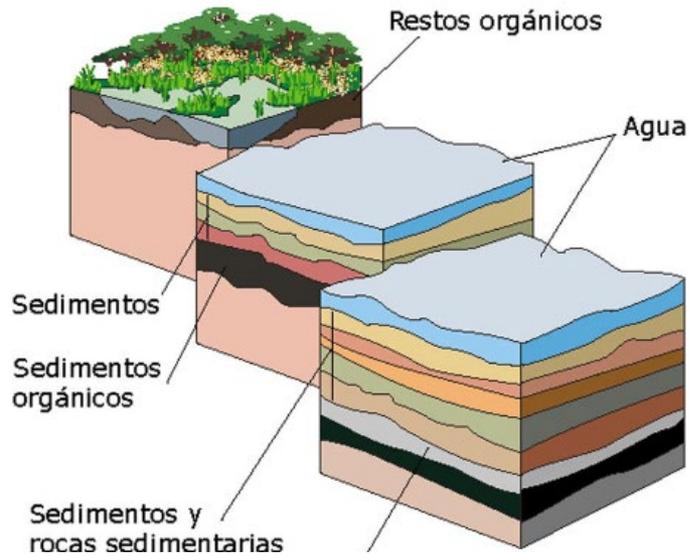
## GN

**gas natural comprimido**

Gas natural en estado gaseoso, a temperatura ambiente y a presión



# Formación del gas natural



Hace millones de años, se fueron depositando capas de materia orgánica entre los sedimentos del fondo de estuarios y pantanos, en un ambiente muy pobre en oxígeno.

Al mezclarse estos sedimentos con partículas arenosas y arcillosas y con restos de organismos vegetales, aumentó la presión y la temperatura y se formó el gas natural.

El gas natural que se creó, cuyas proporciones dependen de la temperatura y presión a que estuvieran sometidas, pugnaba entonces por ascender entre las capas de terreno permeable hasta que quedaba acumulado en lo que hoy llamamos yacimientos o reservas y que se van descubriendo hoy en día.

Estos yacimientos de gas natural son, por tanto, una acumulación de hidrocarburos, que pueden encontrarse saturando los poros o las fisuras de las rocas en las que se encuentran.



Proceso de extracción  
muy parecido al del  
petróleo

# Cadena del gas en España

## ¿Cómo llega el gas natural a España?

- ◆ En estado líquido (GNL), en buques metaneros (-160 °C) que descargan en las plantas de regasificación de GNL



**GNL**



- ◆ En estado gaseoso, a través de gasoductos
  - ◆ 2 conexiones internacionales con África, por Tarifa y Almería (gasoductos del Magreb y Medgaz, respectivamente)
  - ◆ 2 conexiones con Portugal, a través de Badajoz y Tui
  - ◆ 2 conexiones con Francia, por Irún y Larrau.

**GN**

# Cadena del gas en España



## Regasificación:

- ◆ En plantas de regasificación, mediante un proceso físico, para el que normalmente se utilizan vaporizadores con agua de mar, se aumenta la temperatura del gas natural licuado (GNL) y, de este modo, se transforma en estado gaseoso.



- ◆ A continuación, se mide y odoriza para que pueda ser detectado en caso de fuga (THT).

# Cadena del gas en España



## Transporte:

GN

### GASODUCTO

- ◆ Tubos de acero por donde circula el gas a presiones entre 16 y 72/80 bar.



- ◆ Infraestructuras necesarias:
  - ❖ estaciones de compresión, donde se eleva la presión del gas hasta 72 bar
  - ❖ válvulas de corte
  - ❖ estaciones de regulación y medida



GNL

### CAMIÓN CISTERNA

GN

- ◆ El gas natural va refrigerado, en estado líquido a  $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

223

1972



- ◆ El gas natural va comprimido a unos 250 bar.

23

1971



# Cadena del gas en España



## Almacenamiento:

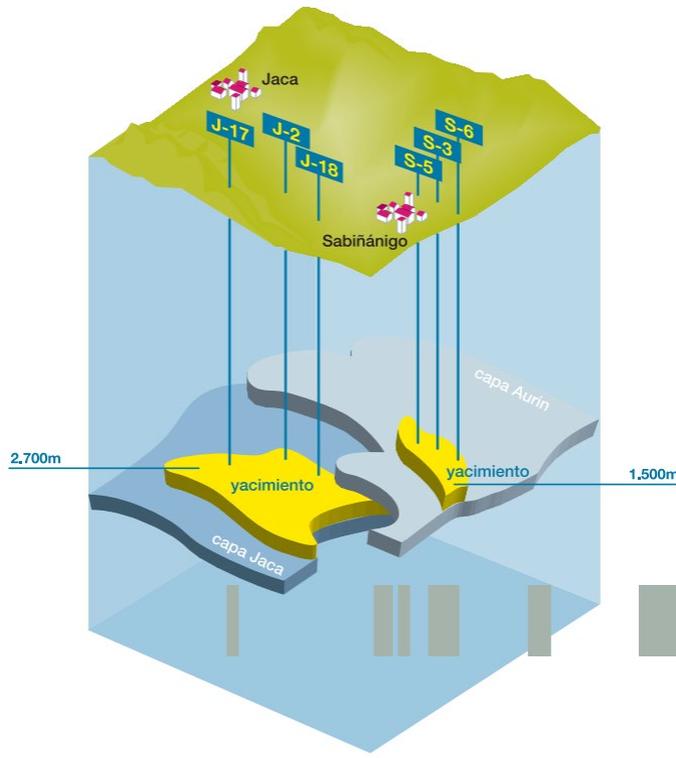
- ◆ Para ajustar la oferta a la demanda y hacer frente a las puntas de consumo motivadas por variaciones estacionales, entre otros escenarios, es necesario almacenar grandes cantidades de gas en localizaciones estratégicas habilitadas para ello.
- ◆ El gas, en estos casos, se almacena en el subsuelo aprovechando antiguos yacimientos o se inyecta en acuíferos profundos o en cavidades generadas en formaciones salinas.

### Almacenamiento subterráneo de gas Serrablo

# Cadena del gas en España



## A.S. Serrablo



Formado por:

- ◆ Planta de tratamiento
- ◆ Dos yacimientos de gas, Aurín y Jaca
- ◆ Seis pozos de inyección/extracción
- ◆ Dos pozos de observación
- ◆ Dos gasoductos de transporte

Situado al norte de la provincia de Huesca, entre los términos municipales de Sabiñánigo y Jaca

# Cadena del gas en España



## Plantas satélite

- ◆ Almacenamiento de gas en estado licuado (GNL) a  $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Recepción y expedición en camión cisterna a  $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



## Gasineras



- ◆ Almacenamiento de GNL para suministro licuado o comprimido a 250 bar como combustible a vehículos.

# Cadena del gas en España



## Distribución:

- ◆ Además de los transportistas, dentro del sistema se encuentran también los distribuidores que son los titulares de instalaciones de distribución de gas natural (con presión menor o igual de 16 bares o que alimenten a un sólo consumidor), que tienen la función de distribuir gas natural, así como construir, mantener y operar las instalaciones de distribución destinadas a situar el gas en los puntos de consumo.

# Mapa de infraestructuras de ENAGÁS en España



(1) 50%  
 (2) 90% (ETN)  
 (3) 72,5%  
 (4) Pdte. tras RD-Ley 13/2012, Disposición Transitoria Tercera

- Gasoducto
- Tanque GNL
- Almacenamiento Subterráneo
- Centro de Transporte (CT)
- Conexión Internacional (CI)
- Punto de Interconexión Virtual (VIP)
- ✉ Estación de Compresión (EC)
- ✉ EC + CT
- ▲ Yacimiento
- Infraestructura de otros operadores

# Identificación de peligros



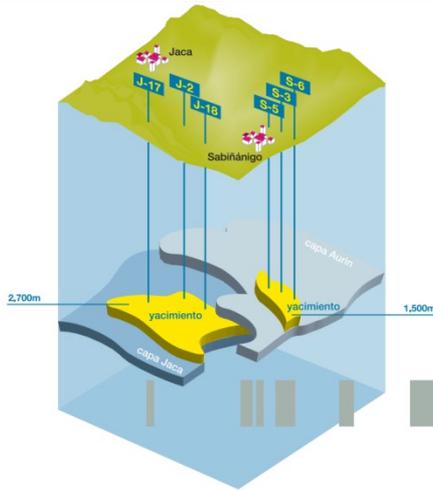
Riesgos  
internos

Procesos

Sustancias  
peligrosas

# GN: Riesgos asociados a los procesos

## ALMACENAMIENTO



### Riesgo prácticamente nulo

- ♦ La concentración de gas natural en el interior es tan elevada que supera con creces el límite superior de inflamabilidad del gas natural
- ♦ Las medidas de seguridad implantadas en los pozos permiten conocer la situación en el interior de los mismos y controlar los procesos de extracción/inyección de forma permanente

**Blow out  
o  
erupción incontrolada del pozo**

# Blow out

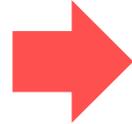
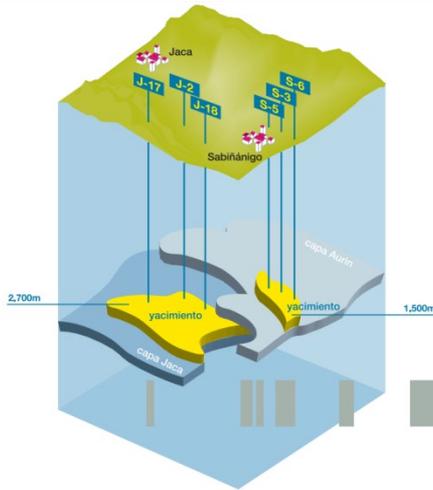


## Erupción incontrolada de pozo

A pesar de las medidas existentes para prevenir o controlar la llegada del gas a la cabeza de pozo, el flujo de fluidos se declara incontrolado y no es posible cortarlo con los medios presentes en la instalación

# GN: Riesgos asociados a los procesos

## ALMACENAMIENTO



### Riesgo prácticamente nulo

- ♦ La concentración de gas natural en el interior es tan elevada que supera con creces el límite superior de inflamabilidad del gas natural
- ♦ Las medidas de seguridad implantadas en los pozos permiten conocer la situación en el interior de los mismos y controlar los procesos de extracción/inyección de forma permanente

**Blow out  
o  
erupción incontrolada del pozo**

## TRATAMIENTO DE GAS Y TRANSPORTE



Trasiego, almacenamiento, carga y descarga de los **productos peligrosos**



Transporte del gas por tubería: **perforaciones de tubería**

# GN: Identificación de peligros

## SUSTANCIAS PELIGROSAS

Sustancia

Reglamento 1272/2008 - CLP

Fase

Pictograma

Gas natural

Flam, Gas 1, H220  
Compress Gas, H280

Gas extrem. inflamable  
Contiene gas a presión;  
peligro de explosión en  
caso de calentamiento

Gas



Dardo de fuego

gas

Explosión



gas

Llamarada



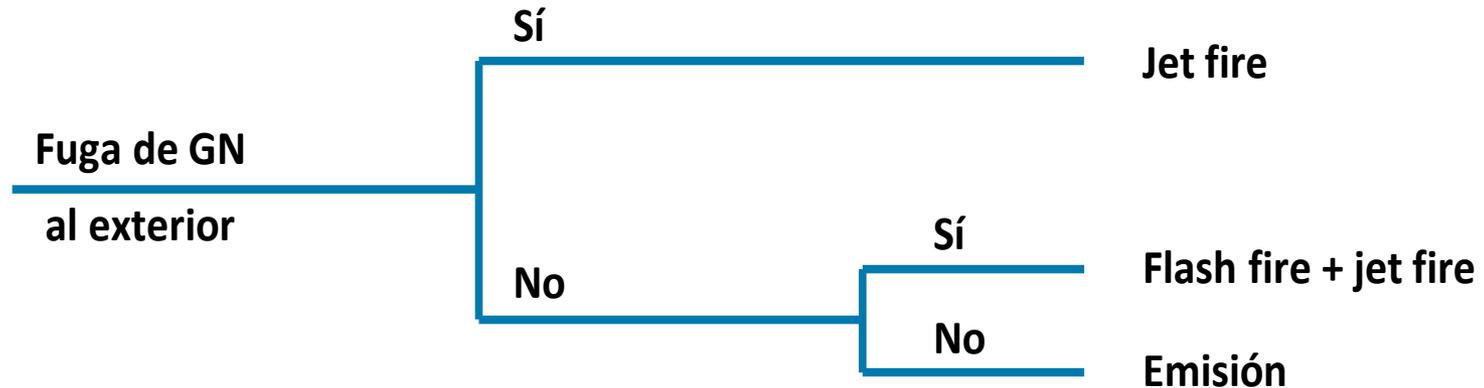
gas

# Tipos de accidentes

## Gas natural

<b>Gas</b>	<b>inflamable</b>	<b>fuga</b>	<b>incendio explosión</b>
------------	-------------------	-------------	-------------------------------

<b>Suceso iniciador</b>	<b>Ignición inmediata</b>	<b>Ignición retardada</b>	<b>Consecuencias</b>
-------------------------	---------------------------	---------------------------	----------------------



# GNL: Riesgos asociados a los procesos

## ALMACENAMIENTO



- ◆ Operaciones de descarga de cisterna
- ◆ Fugas en elementos asociados: tubería de salida del GNL, válvulas, etc.
- ◆ Fugas en tuberías de transporte hacia evaporación y consumo (GNL y GN)
- ◆ Posible formación de **BLEVE**, en caso de incendio en el exterior

## TRANSPORTE



- ◆ Operaciones de carga de cisterna
- ◆ Fugas en elementos asociados
- ◆ Posible formación de **BLEVE**, en caso de incendio en el exterior

# Identificación de peligros

## SUSTANCIAS PELIGROSAS

Sustancia

Reglamento 1272/2008 - CLP

Fase

Pictograma

Gas natural  
licuado

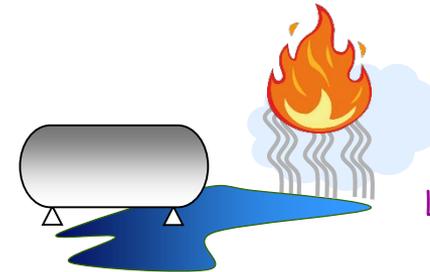
Flam, Gas 1, H220  
Refrig. Gas, H281

Gas extrem. inflamable  
Contiene gas refrigerado.  
Puede causar quemaduras o  
lesiones criogénicas

Líquido



Incendio de charco



Llamarada



BLEVE

# Tipos de accidentes

## Gas natural licuado

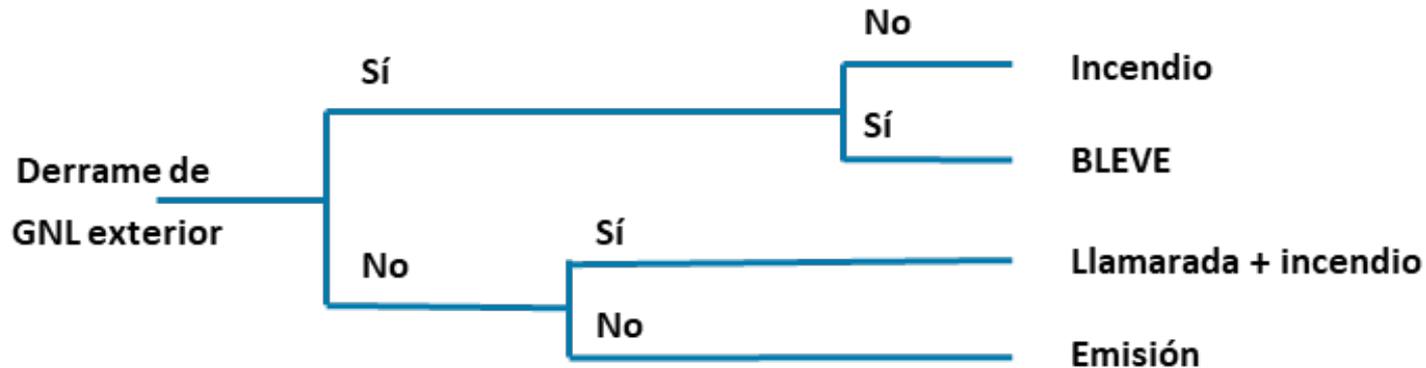
**Líquido**

inflamable

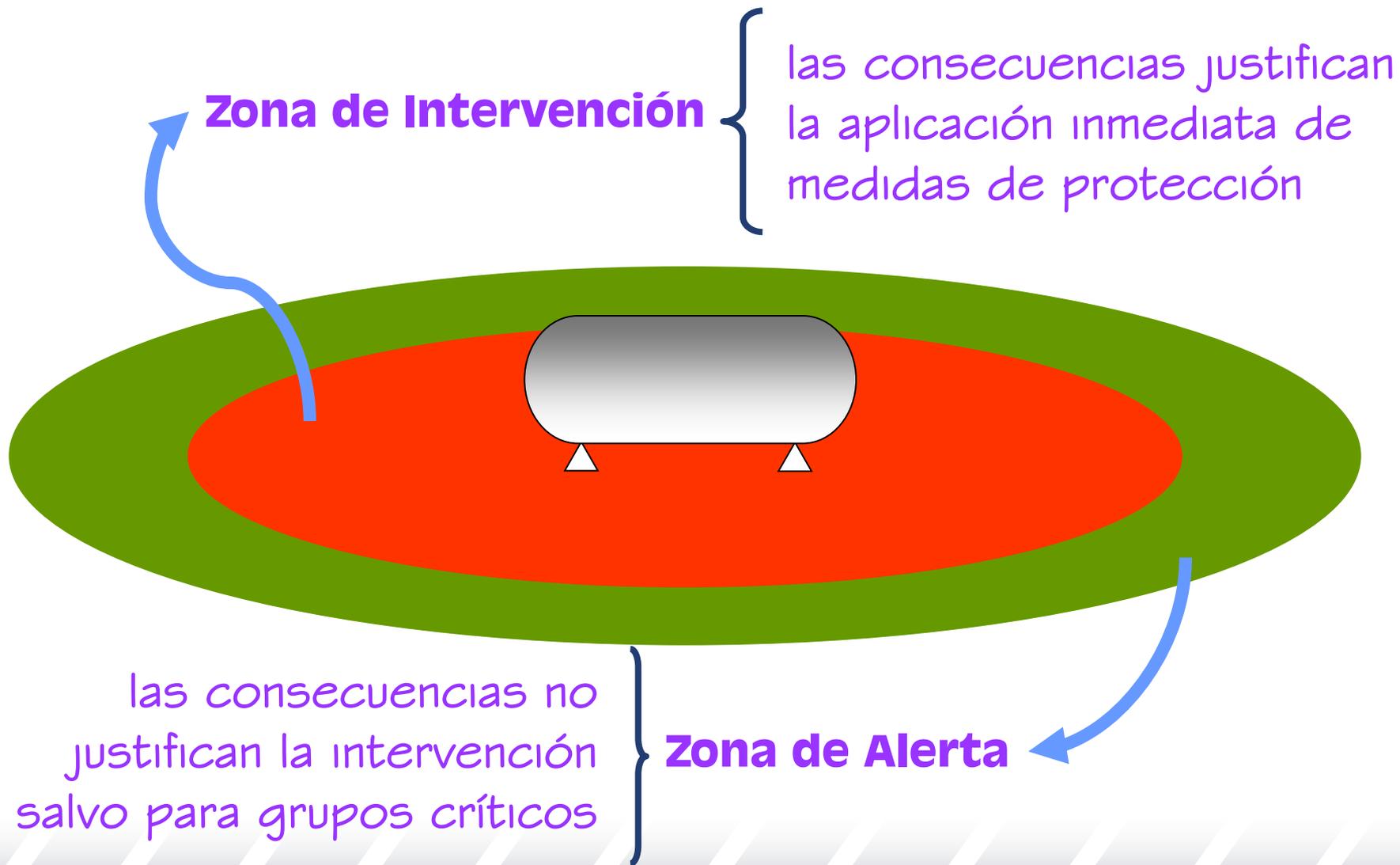
derrame

incendio  
llamarada

Suceso iniciador	Ignición inmediata	Ignición retardada	Llamas en recipiente	Consecuencias
------------------	--------------------	--------------------	----------------------	---------------

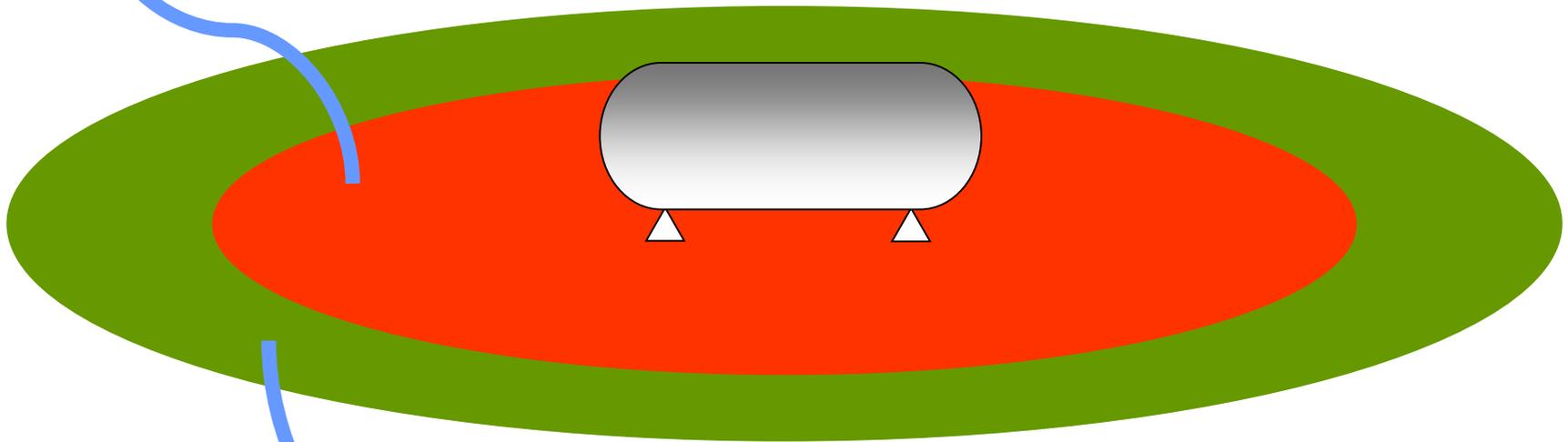


# Zonas Objeto de Planificación



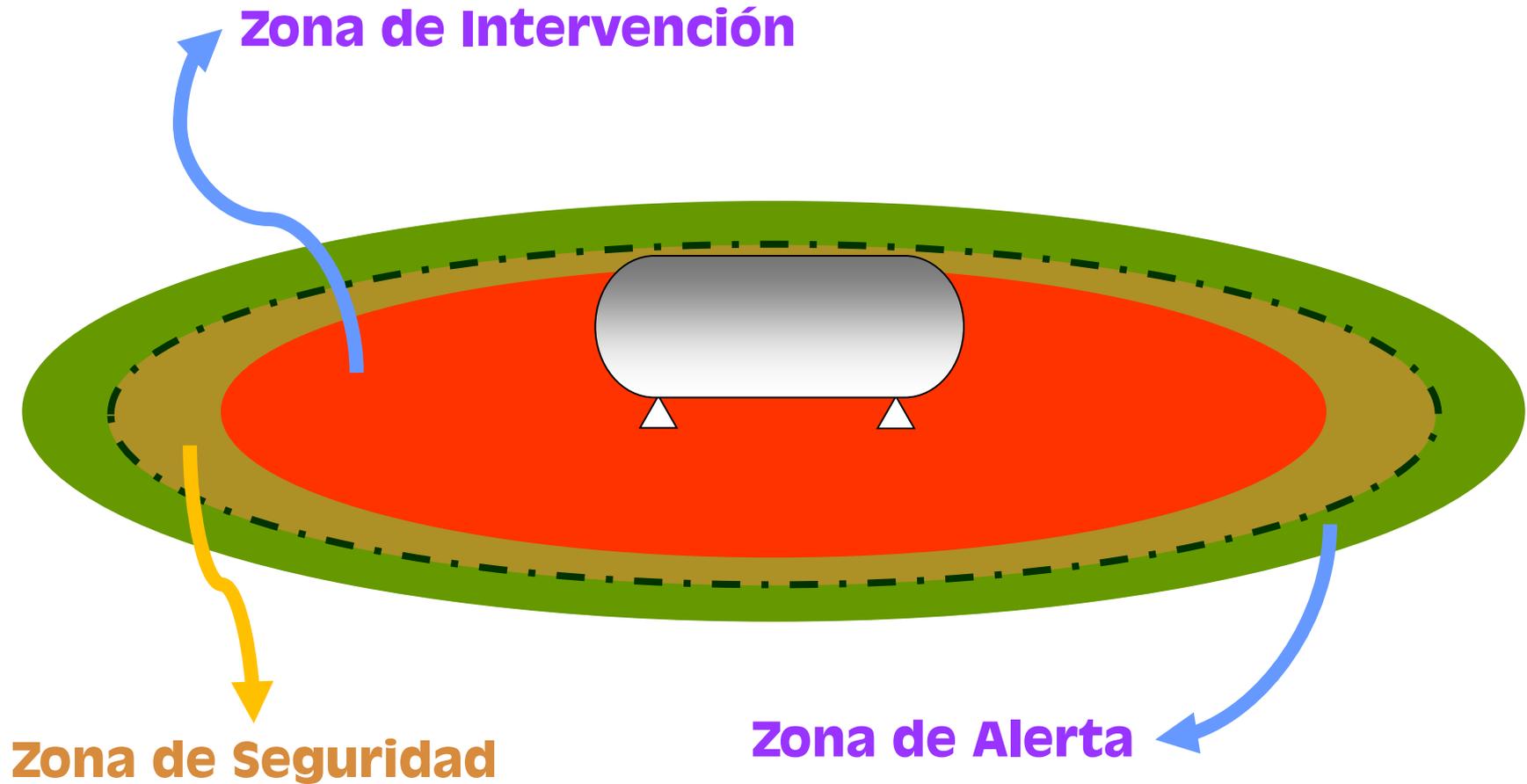
# Valores umbral

Incendio:  $250 \text{ (kW/m}^2\text{)}^{4/3} \cdot \text{s}$   
Explosión: 125 mbar  
Proyectil: 95% - 10 mbar·s  
Nube tóxica: AEGL-2, ERPG-2, TEEL-2



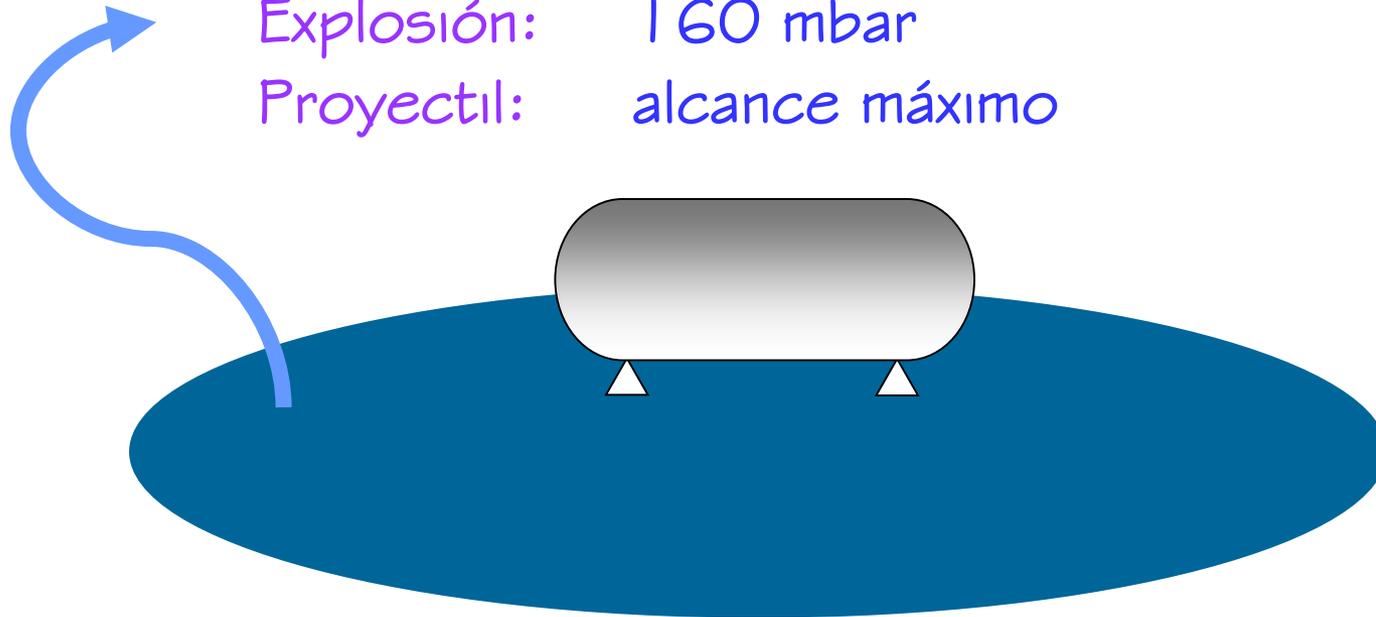
Incendio:  $115 \text{ (kW/m}^2\text{)}^{4/3} \cdot \text{s}$   
Explosión: 50 mbar  
Proyectil: 99% - 10 mbar·s  
Nube tóxica: AEGL-1, ERPG-1, TEEL-1

# Zonas Objeto de Planificación



# Efecto dominó

Incendio: 8 kW/m<sup>2</sup>  
Explosión: 160 mbar  
Proyectil: alcance máximo

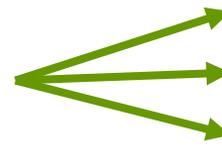


# AR: Vulnerabilidad

**Incendios**



Muertes por exposición a la radiación térmica



probabilidad 99%  
probabilidad 50%  
probabilidad 1%

**Explosión**



Hemorragia pulmonar



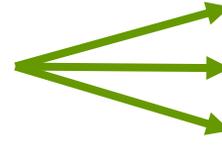
Rotura tímpanos



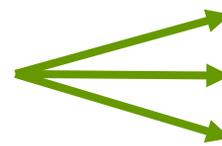
Daños en estructuras



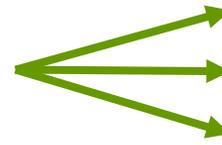
Rotura cristales



probabilidad 99%  
probabilidad 50%  
probabilidad 1%



total demolición  
daños irre recuperables  
daños graves reparables

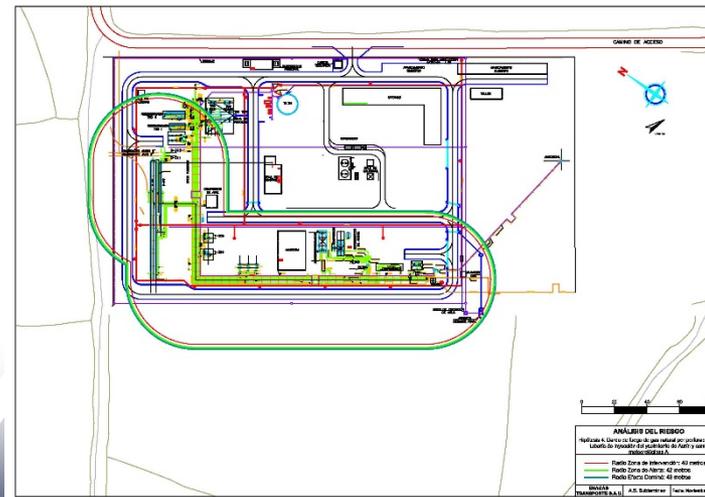
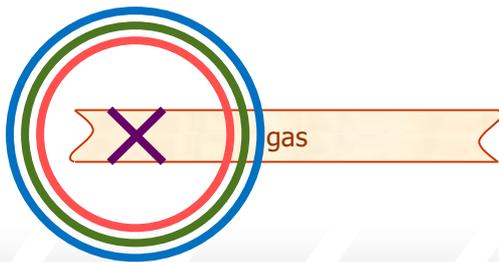


probabilidad 99%  
probabilidad 50%  
probabilidad 1%

# Análisis de riesgos

**Hipótesis: fuga de gas natural por perforación del 10% del diámetro de la tubería de transporte**

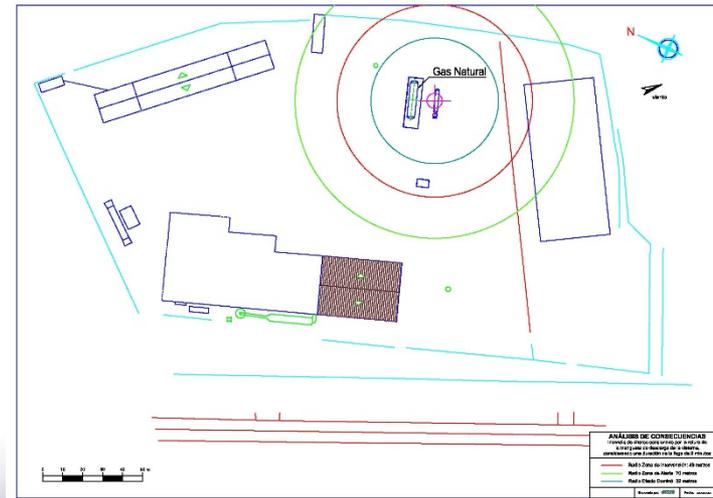
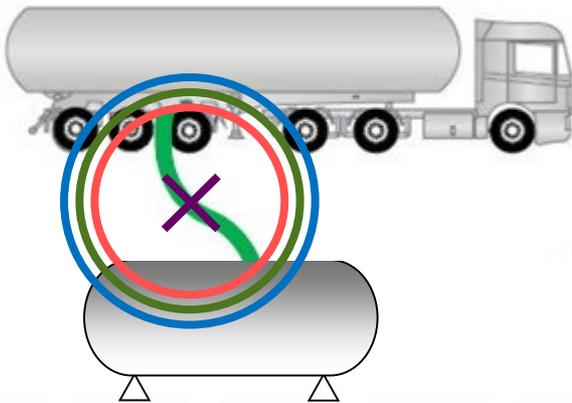
Iniciador	Condiciones	Accidente	Efecto calculado	ZI (m)	ZA (m)	ED (m)
Rotura parcial del 10% del diámetro de la tubería de transporte de GN	$P = 80 \text{ bar}$ $T^a = \text{amb.}$ Sust. = GN $\Phi_{\text{Tubería}} = 8''$ $t_{\text{fuga}} = 10 \text{ min}$	Dardo de fuego	Radiación térmica	40	42	43
		Llamarada	Radiación térmica	24	24	31



# Análisis de riesgos

**Hipótesis:** fuga de gas natural licuado por rotura de la manguera de descarga de la cisterna

Iniciador	Condiciones	Accidente	Efecto calculado	ZI (m)	ZA (m)	ED (m)
Rotura total manguera de descarga	$T^a = -160\text{ }^\circ\text{C}$ Sust. = GNL $\Phi_{\text{manguera}} = 3''$ $t_{\text{fuga}} = 2\text{ min}$	Incendio de charco	Radiación térmica	49	70	32



# Accidentes con GNL

Tivissa (Tarragona), 2002

**Explosión de una cisterna de GNL**



**Incendio y posterior explosión**  
**Conductor fallecido**

# Accidentes con GNL

Tivissa (Tarragona), 2002

**Explosión de una cisterna de GNL**

Zarzalico (Murcia), 2011

**Explosión de una cisterna de GNL**



**Incendio y posterior explosión**  
**Conductor fallecido**



Escuela de  
Ingeniería y Arquitectura  
Universidad Zaragoza

**GUIAR**  
*Grupo Universitario de Investigación Analítica de Riesgos*

# Naturaleza y peligros del gas natural – hipótesis accidentales

C. Nerín, B. Seco, A. Tena, M. Calvo

**GUIAR**

*Grupo Universitario de Investigación Analítica de Riesgos*



**Universidad**  
Zaragoza

1542

CURSO

Gestión de emergencias de Prot. Civil con gas natural.  
Academia Aragonesa de Bomberos.

23 de noviembre de 2021