
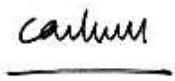



Tema 1

Generalidades sobre el gas

<p>Elaborado por:</p>  <p>M. Lombarte Responsable de Calidad Fecha: 12/11/2015</p>	<p>Revisado por:</p>  <p>C. Villalonga Director de Certificación Fecha: 12/11/2015</p>	<p>Aprobado por: Comisión Permanente</p>  <p>M. Margarit Secretaria General Fecha: 27/11/2015</p>
---	---	--

Sumario

1.	Propiedades de los gases	3
1.1.	Tipos de gases según su combustibilidad	3
1.2.	Densidad absoluta (ρ)	3
1.3.	Densidad relativa (d)	4
1.4.	Compresibilidad.....	5
1.5.	Poder calorífico (PC).....	5
1.6.	Potencia calorífica.....	6
1.7.	Presión.....	7
1.8.	Caudal	9
1.9.	Temperatura	9
2.	Propiedades relacionadas con la combustión del gas	10
2.1.	Temperatura teórica de combustión	10
2.2.	Temperatura de inflamación.....	10
2.3.	Límites de inflamabilidad	10
2.4.	Velocidad de propagación de la llama	11
3.	Intercambiabilidad y clasificación de los gases	11
4.	Odorización.....	13
5.	Características, transporte y distribución de los gases combustibles.....	13
5.1.	Características	13
5.1.1.	Gas natural	13
5.1.2.	Gases licuados del petróleo (GLP)	14
5.1.3.	Aire propanado	15
5.1.4.	Gases manufacturados.....	15
5.1.5.	Resumen de las principales características de los principales gases combustibles.....	15
5.2.	Transporte y distribución	16
5.2.1.	Gas natural	16
5.2.2.	Gases licuados del petróleo (GLP)	19
5.2.3.	Aire propanado	19

1. Propiedades de los gases

Los gases tienen forma y volumen variables, tendiendo a ocupar todo el recinto que los envuelve, y al contrario de los sólidos y los líquidos, son compresibles, por lo que siempre que se indica un volumen determinado de gas, deben precisarse la presión y la temperatura a las que se ha medido. El volumen de un gas depende por tanto de la presión y de la temperatura.

Los diferentes gases se caracterizan por diversas propiedades que les hacen aptos para distintos usos. Entre estas propiedades merecen indicarse las siguientes:

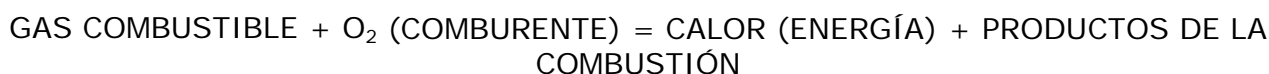
1.1. Tipos de gases según su combustibilidad

No todos los gases presentan la misma capacidad de combustión. Los gases llamados combustibles son aquellos gases que son capaces de reaccionar con el oxígeno del aire ambiente de forma rápida y con desprendimiento de energía térmica, es decir, calor, (proceso de combustión), y arder, tales como butano, propano, gas natural, acetileno, etc.

También se puede hablar de gases llamados comburentes, tales como el oxígeno, cloro, etc., necesarios para la combustión de otros gases, pero que por sí mismos no son combustibles.

Por último, existen aquellos otros gases que ni arden ni tampoco son necesarios para la combustión de otros gases, tales como el nitrógeno, anhídrido carbónico, gases nobles, etc., y a los que llamamos gases inertes.

Los gases combustibles son por tanto aquellos que combinados con el O₂ del aire (comburente) producen energía en forma de calor, durante el proceso de combustión:



1.2. Densidad absoluta (ρ)

La densidad absoluta o masa volumétrica de un cuerpo, se define como la masa contenida en la unidad de volumen.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

La unidad más habitual es el kg/m³(n).

El volumen que ocupa un gas se suele referir a sus condiciones normales (0°C y 1013,25 mbar). 1 m³ (n) es por tanto 1 m³ de gas medido en condiciones normales.

1.3. Densidad relativa (d)

La densidad relativa es la relación entre la densidad absoluta del gas y del aire en las mismas condiciones de presión y temperatura. El valor de esta propiedad indica si un gas es más o menos pesado que el aire ($\rho_{\text{aire}} = 1,293 \text{ kg/m}^3(\text{n})$).

$$d = \frac{\rho}{\rho_a}$$

donde:

ρ es la densidad del gas;

ρ_a es la densidad del aire a la misma presión y temperatura que el gas.

Los gases menos pesados que el aire ($d < 1$) tienden a ascender diluyéndose fácilmente en la atmósfera. En cambio, aquellos gases más pesados el aire ($d > 1$) se sitúan en las partes bajas del recinto o a ras del suelo, si bien con el tiempo van mezclándose y disipándose en la atmósfera.

Será pues importante conocer la densidad relativa del gas, ya que si en determinadas operaciones se produjera un escape al exterior, sabríamos de su facilidad para ascender a la atmósfera o bien de su acumulación en los puntos bajos, así como su mayor rapidez de dilución en el aire cuanto menor sea su densidad.

La tabla 1 muestra la densidad absoluta y relativa de los diferentes gases combustibles más importantes.

Tabla 1- Densidades de los gases combustibles.

Gas combustible	Densidad absoluta aproximada [$\text{kg/m}^3(\text{n})$]	Densidad relativa aproximada
Gas manufacturado	0,685	0,53
Aire propanado 5200 kcal/m ³ (n)	1,450	1,12
Gas natural Argelia (Huelva) Argelia (Barcelona) Argelia gasoducto Libia Conexión Francia	Aprox. 0,8	Aprox. 0,6
Propano comercial	2,09	1,62
Butano comercial	2,62	2,03

1.4. Compresibilidad

Los gases, tal como se ha expresado anteriormente, son compresibles, siendo ésta su propiedad característica, y consiguiéndose con la misma masa de gas variaciones importantes de volumen en función de las condiciones de almacenamiento.

Esta importante propiedad tiene una aplicación directa en el transporte de los gases a través de tuberías, ya que el volumen a vehicular se reduce considerablemente en función de la presión, y es la variación de presión entre las distintas secciones de la canalización lo que origina el movimiento del gas por su interior.

Sin embargo, es importante resaltar que no todos los gases se comportan de igual manera cuando se comprimen, y ello es consecuencia de un determinado valor de la temperatura llamado "temperatura crítica" (ésta se define como aquella a partir de la cual no se puede licuar un gas por compresión), lo que permite clasificarlos en dos grandes grupos:

- Gases que tienen una temperatura crítica muy baja (aire ambiental, oxígeno, nitrógeno, metano, etc.) muy por debajo de la temperatura ambiente. Ello implica que pueden comprimirse a cualquier presión, siempre que la temperatura esté por encima del valor crítico, sin que se produzca su licuación.

En consecuencia, pueden transportarse en recipientes adecuados en fase gaseosa con reducciones importantes de volumen, y por encima de aquel valor de temperatura crítica, o bien pueden vehicularse a través de tuberías a grandes presiones con también importante reducción de volumen, tal como se efectúa en la red de gasoductos nacional en la que el gas natural se transporta a 72 bar.

No obstante, estos gases con temperatura crítica baja, si además de comprimirlos, se enfrían convenientemente, sí que se consigue su licuefacción. Mediante una acción combinada de sucesivas compresiones, refrigeraciones y expansiones adiabáticas es posible alcanzar en el caso del gas natural temperaturas de -160°C y reducciones de volumen del orden de 600 veces, lo que facilita su transporte en buques metaneros o bien en camiones cisterna para distancias pequeñas.

- Gases que tienen una temperatura crítica superior a la temperatura ambiente (propano, butano, anhídrido carbónico, etc) los cuales al comprimirse condensan y por ello se pueden transportar en botellas y cisternas de acero en fase líquida. Las reducciones de volumen son también importantes a pesar de que las presiones necesarias son considerablemente más bajas que las empleadas en el otro grupo.

1.5. Poder calorífico (PC)

Cantidad de calor producido por la combustión completa, a una presión constante e igual a 1 013,25 mbar, de la unidad de volumen o de masa de gas, estando tomados los componentes de la mezcla combustible en las condiciones de referencia, y siendo conducidos los productos de la combustión en las mismas condiciones.

Se distinguen dos tipos de poder calorífico:

- El poder calorífico superior: El agua producida por la combustión está supuestamente condensada.

Símbolo: Hs

- El poder calorífico inferior: El agua producida por la combustión permanece supuestamente en estado de vapor.

Símbolo: Hi

Unidades:

- Megajulios por metro cúbico de gas seco tomado en las condiciones de referencia ($\text{MJ/m}^3(\text{ref})$).
- Megajulios por kilogramo de gas seco (MJ/kg).

La tabla 2 muestra los valores de poderes caloríficos de diferentes gases combustibles.

Tabla 2 - Poderes caloríficos de los gases combustibles.

Gas	PCS	PCI
Hidrógeno	3.050 kcal/m ³ (n)	2.750 kcal/m ³ (n)
Metano	9.530 kcal/m ³ (n)	8.570 kcal/m ³ (n)
Propano	24.350 kcal/m ³ (n)	22.380 kcal/m ³ (n)
n Butano	32.060 kcal/m ³ (n)	29.560 kcal/m ³ (n)
Gas ciudad	4.200 kcal/m ³ (n)	3.710 kcal/m ³ (n)
Gas natural	10.200 kcal/m ³ (n)	9.200 kcal/m ³ (n)
Propano comercial	12.050 kcal/kg	11.080 kcal/kg
Butano comercial	11.880 kcal/m ³ (n)	10.950 kcal/m ³ (n)

Las unidades habituales son, el kilovatio.hora (kWh) y el kilojulio (kJ). Como unidad en desuso existe la kilocaloría (kcal).

Ejemplo de conversión: $1 \text{ kWh} = 3,6 \times 10^3 \text{ kJ} = 860,112 \text{ kcal}$

Si se expresa por unidad de volumen o de masa de gas, las unidades mas habituales son el kilovatio.hora por m³ (kWh/m^3), o el kilovatio.hora por kg (kWh/kg), utilizada para los GLP.

1.6. Potencia calorífica

Es la energía que se obtiene por unidad de tiempo en un aparato de gas como resultado de la combustión del gas.

(Potencia calorífica = Calor obtenido o energía calorífica obtenida / tiempo, o

Potencia calorífica = PCS del gas \times volumen consumido / tiempo).

Ejemplo de cálculo:

¿Qué potencia calorífica en kW, nos da una combustión de 1 litro de gas natural durante 1 minuto, tomando como referencia un PCS del gas de 11,63 kWh/m³?

$$\text{Potencia calorífica} = 11,63 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3} \cdot 1 \text{ L} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \cdot \frac{1}{1 \text{ min}} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 0,698 \text{ kW}$$

Las unidades más habituales son el kilovatio (kW), y en desuso la kilocaloría por hora (kcal/h).

La tabla 3 contiene la conversión entre estas unidades.

Tabla 3 - Conversión de unidades de potencia.

Unidades	kW	kcal/h
kW	1	860,5
kcal/h	$1,162 \times 10^{-3}$	1

Ejemplo de conversión: 860,5 kcal/h = 1kW.

1.7. Presión

El gas, cuando se encuentra dentro de los depósitos y tuberías, ejerce una fuerza sobre las paredes del recipiente que lo contiene en todas direcciones. Esta fuerza ejercida por unidad de superficie es la presión.

La presión puede medirse con relación a la presión atmosférica o respecto al vacío (presión absoluta). Es necesario pues precisar si se trata de presión relativa o absoluta. La diferencia entre ambas será siempre la presión atmosférica.

Las unidades más habituales son el bar y milímetros de columna de agua (mm cda).

No obstante la unidad internacional de medida es el Pascal (Pa). El kg/cm², ya en desuso, equivale aproximadamente a 1 bar.

La tabla 4 contiene la conversión entre estas unidades.

Tabla 4 - Conversión de unidades de presión.

Unidades	Pa	bar	mm cda
Pa	1	10×10^{-6}	$1,02 \times 10^{-1}$
bar	$0,1 \times 10^6$	1	$1,02 \times 10^4$
mm cda	9,804	$9,806 \times 10^{-5}$	1

Ejemplo de conversión: $1 \text{ bar} \approx 1 \text{ kg/cm}^2 \approx 10.000 \text{ mm cda} \approx 100.000 \text{ Pa}$.

Existen varias formas de expresar la presión, según puede verse a continuación:

- **Presión absoluta:** se mide con relación al cero absoluto de presión, y es la presión relativa más la presión atmosférica.
- **Presión relativa o manométrica:** que es la diferencia entre la presión absoluta y la atmosférica del lugar donde se realiza la medición. Hay que señalar que al aumentar o disminuir la presión atmosférica, disminuye o aumenta respectivamente la presión leída, si bien ello es despreciable al medir presiones elevadas. Caso de no especificar lo contrario, las presiones se entienden como relativas o manométricas.
- **Presión de referencia:** es la presión absoluta ejercida por la atmósfera terrestre, y que a nivel del mar equivale aproximadamente a 1 bar o 1 kg/cm^2 .
- **Presión diferencial:** es la diferencia entre dos presiones.

En relación al funcionamiento y servicio de cualquier instalación de gas, existe el concepto de la presión máxima de operación (**MOP**, según la nomenclatura inglesa), que es la máxima presión a la que una instalación se puede ver sometida de forma continuada en condiciones normales de operación.

Según la norma UNE 60670:2014 Parte 3, el diseño de los elementos de regulación y seguridad se debe de realizar de modo que se cumplan las relaciones de presiones indicadas en la tabla 5.

Tabla 5 – Rangos de presiones

MOP (bar)
$2 < \text{MOP} \leq 5$
$0,4 < \text{MOP} \leq 2$
$0,15 < \text{MOP} \leq 0,4$
$0,05 < \text{MOP} \leq 0,15$
$\text{MOP} \leq 0,05$

Los rangos de distribución del gas utilizados según la anterior reglamentación, se dividen en alta presión (AP), media presión (MP), y baja presión (BP) con los siguientes valores (presiones relativas):

AP (alta presión) $\left\{ \begin{array}{l} \text{APB a partir de 16 bar} \\ \text{APA a partir de 4 bar hasta 16 bar} \end{array} \right.$

MP (media presión)	{	MPB a partir de 0,4 bar hasta a 4 bar
		MPA a partir de 500 mm c.d.a. hasta a 0,4 bar
BP (baja presión)	{	a partir de 0 hasta 500 mm c.d.a.

1.8. Caudal

El caudal es la cantidad de gas suministrado por unidad de tiempo. En ocasiones se emplean los términos de gasto y consumo como sinónimos de caudal.

Las unidades más habituales son el metro cúbico por segundo (m^3/s), metro cúbico por hora (m^3/h), el litro por hora (l/h), y el litro por minuto (l/min). La tabla 6 contiene la conversión entre estas unidades.

Tabla 6 - Conversión de unidades de caudal.

Unidades	m^3/s	m^3/h	m^3/min	l/h	l/min
m^3/s	1	3600	60	3600×10^3	60×10^3
m^3/h	$2,77 \times 10^{-4}$	1	0,016	1000	16,66
m^3/min	0,016	60	1	16,66	0,27
l/h	$2,77 \times 10^{-7}$	0,001	0,06	1	0,016
l/min	$1,66 \times 10^{-5}$	0,06	3,6	60	1

Ejemplo de conversión: $1 \text{ m}^3/\text{s} = 60 \text{ m}^3/\text{min} = 3.600 \text{ m}^3/\text{h} = 3.600.000 \text{ l/h} = 60.000 \text{ l/min}$.

1.9. Temperatura

La temperatura es una magnitud que nos indica el nivel de calor. No es lo mismo calor que temperatura.

Las escalas utilizadas para medir la temperatura son los grados Kelvin ($^{\circ}\text{K}$), o los grados centígrados o Celsius ($^{\circ}\text{C}$).

La equivalencia entre ellas es la siguiente:

$$T^{\circ}\text{K} = T^{\circ}\text{C} + 273$$

$$T^{\circ}\text{C} = T^{\circ}\text{K} - 273$$

Ejemplo de conversión: $25^{\circ}\text{C} = 298^{\circ}\text{K}$, $288^{\circ}\text{K} = 15^{\circ}\text{C}$

2. Propiedades relacionadas con la combustión del gas

Las propiedades de los gases combustibles que se reseñan a continuación tratan de aspectos relativos a la combustión de los gases.

2.1. Temperatura teórica de combustión

Esta temperatura se define como la máxima que teóricamente se puede alcanzar en la combustión perfecta de un gas, siendo para los gases combustibles las indicadas en la tabla 7.

Tabla 7 - Temperaturas teóricas de combustión.

Gas combustible	Temperatura teórica de combustión (°C)
Gas natural	1.950
Propano comercial	1.980
Butano comercial	2.005

2.2. Temperatura de inflamación

Esta temperatura es aquella a la que sin necesidad del concurso de un punto de ignición, llama o simplemente chispa, se inflama una mezcla de gas y aire. Los valores de la temperatura de inflamación para los gases combustibles más empleados son los indicados en la tabla 8.

Tabla 8 - Temperaturas de inflamación.

Gas combustible	Temperatura de inflamación (°C)
Gas natural	510
Propano	468
Butano	410

2.3. Límites de inflamabilidad

No todas las mezclas de gas combustible en el aire son adecuadas para arder ya que para iniciar y propagar la combustión de una mezcla gas-aire se precisa alcanzar una determinada "temperatura de inflamación" que garantice la continuidad de la combustión y ello no es posible cuando la mezcla es demasiado pobre o demasiado rica.

Se denominan pues "límites de inflamabilidad" a las composiciones en tanto por ciento de gas en la mezcla gas-aire, a presión y temperatura ambiente, para las que la mezcla es inflamable. Con porcentajes por debajo del "Límite inferior de inflamabilidad" o superiores al "Límite superior de inflamabilidad" no es posible mantener la combustión, defi-

niéndose en consecuencia el llamado "dominio de inflamabilidad" a aquellas composiciones comprendidas entre ambos límites.

En la tabla 9 se relacionan estos valores para los gases combustibles más corrientes.

Tabla 9 - Límites de inflamabilidad y máxima velocidad de propagación de combustión de gases combustibles.

Gas	Límite inferior de inflamabilidad (%)	Límite superior de inflamabilidad (%)
Propano	2,4	9,5
Butano	1,8	8,4
Gas natural	4,7	13,7
Gas ciudad	5,8	45,6

2.4. Velocidad de propagación de la llama

Cuando la mezcla aire y gas se encuentra dentro de los límites de inflamabilidad, la llama, es decir, la combustión, se propaga con una cierta velocidad. Este fenómeno se conoce como *deflagración*.

Este es un aspecto de extraordinaria importancia, pues la estabilidad de la llama de un quemador de gas es función de la velocidad de propagación de la llama y de la velocidad de salida de la mezcla aire-gas. Si la velocidad de salida es inferior a la de propagación, se produce un retroceso de la llama hacia el interior del quemador, y si es superior se tiene un desprendimiento de la misma que generalmente trae consigo su extinción.

3. Intercambiabilidad y clasificación de los gases

La intercambiabilidad de gases trata sobre las posibilidades de sustitución de un gas por otro en un mismo aparato o, más generalmente, en el conjunto de un parque de aparatos, conservando las condiciones correctas de funcionamiento.

Se dice que dos gases son intercambiables cuando, en los aparatos de un parque considerado, distribuidos bajo la misma presión, en la misma red, alimentando los mismos quemadores y sin cambios de regulación, producen equivalentes resultados de combustión, y permiten mantener a la vez:

- la misma potencia calorífica.
- la estabilidad de la llama: Esto es ausencia de desprendimiento de llama en todos los quemadores y además, ausencia de retroceso de llama en los quemadores de premezcla.

- la calidad de combustión manteniendo la misma por debajo de los umbrales máximos de emisiones (relación CO/CO₂), ausencia de formación de hollín, etc.

Los estudios de los problemas de intercambiabilidad han conducido a agrupar a los gases de características próximas en familias, siendo los gases de cada familia intercambiables entre sí.

El método más utilizado para definir la intercambiabilidad es el método de Delbourg, que emplea dos parámetros: índice de Woobe y potencial de combustión.

El índice de Woobe se define como el cociente del poder calorífico de un gas y la raíz cuadrada de la densidad relativa del gas con respecto al aire. Según se utilice el PCS o el PCI se hablara de índice de Wobbe superior (W_s) o índice de Wobbe inferior (W_i). El más utilizado es el primero.

$$W_s = \frac{PCS}{\sqrt{d}}$$

Al intercambiar dos gases entre sí alimentándolos a la misma presión, la condición para que no varíe el gasto calorífico del quemador es que el valor del índice Wobbe sea el mismo en ambos gases.

Se dice por tanto que dos gases son intercambiables cuando tienen el mismo índice de Wobbe.

En función del valor de W_s se clasifican los gases en tres familias (norma UNE EN 437, o UNE 60.002) (tabla 10).

Tabla 10 - Clasificación de gases en familias.

Familias de gases y grupos	Índice de Wobbe superior a 15 °C y 1 013,25 mbar (MJ/m ³)	
	mínimo	máximo
Primera familia	22,4	24,8
Segunda familia	39,1	54,7
Tercera familia	72,9	87,3

La **primera familia** incluye los gases manufacturados, gas de coquería y mezclas hidrocarburos-aire (aire propanado y aire metanado) de bajo poder calorífico (entre 4,65 y 5,5 kWh/m³(n)). Está actualmente en desuso.

La **segunda familia** incluye los gases naturales, gas natural sintético y las mezclas hidrocarburo-aire (aire propanado) de alto poder calorífico (entre 9,3 kWh/m³(n) y 14 kWh/m³(n)). El gas natural distribuido en España es del grupo H.

La **tercera familia** incluye los gases licuados de petróleo (GLP): propano y butano, con PCS entre $27,9 \text{ kWh/m}^3(\text{n})$ y $36 \text{ kWh/m}^3(\text{n})$.

Las presiones de uso o utilización según las familias del gas son aproximadamente las siguientes:

- 1ª Familia: de 8 a 12 milibares.
- 2ª Familia: de 18 a 22 milibares.
- 3ª Familia: butano a 28 milibares, y propano a 37 milibares.

4. Odorización

La presencia de algunos gases combustibles es detectable por su olor característico, otros en cambio son prácticamente inodoros, este es el caso del gas natural, por lo que para poder detectar cualquier posible fuga se le añade en la fase de tratamiento y antes de su emisión a través de la red de tuberías, un compuesto químico que aun en pequeñas cantidades le dota de un olor penetrante y característico, desapareciendo el mismo cuando se produce la combustión del gas.

Para el gas natural se utiliza el THT (tetrahidrotiofeno), y para los GLP el etilmercaptano.

5. Características, transporte y distribución de los gases combustibles

5.1. Características

5.1.1. Gas natural

Se denomina gas natural a una mezcla de gases cuyos componentes principales son hidrocarburos gaseosos (cuyo componente principal, el metano, está en una proporción superior al 70 %). El gas natural se encuentra en la naturaleza en las llamadas *bolsas de gas*, bajo tierra (figura 1), cubiertas por capas impermeables que impiden su salida al exterior.

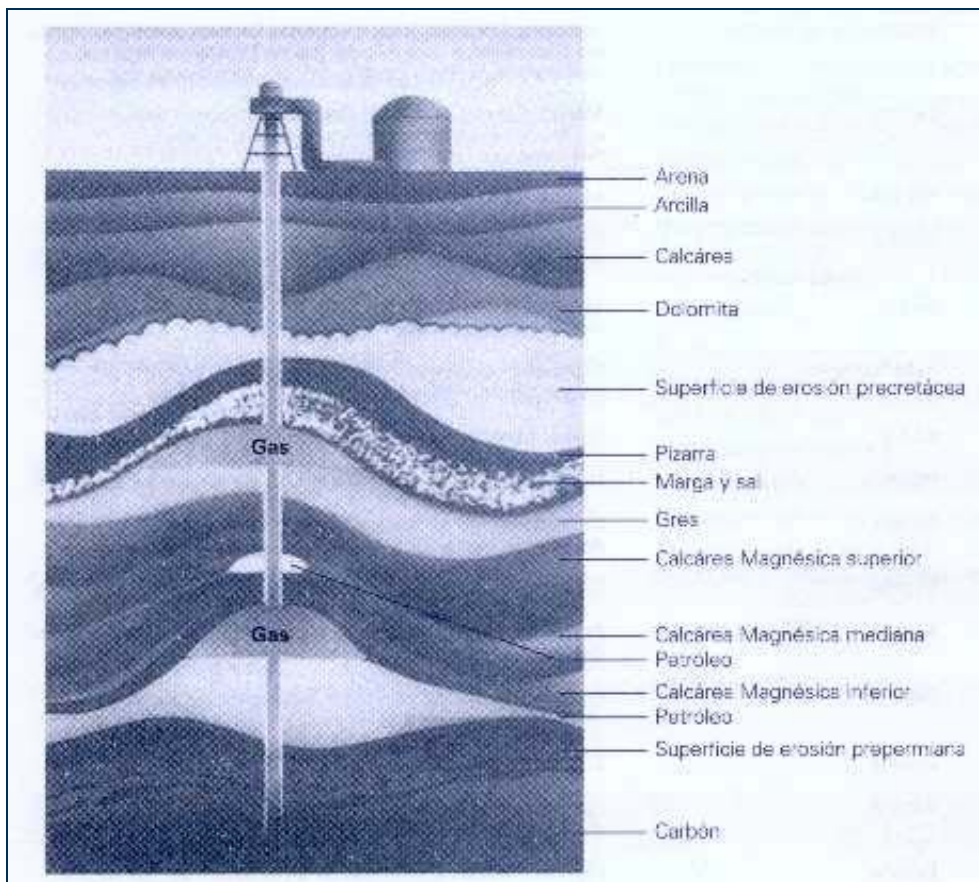


Figura 1 - Yacimiento de gas natural.

El gas natural se puede encontrar acompañando al crudo en pozos de petróleo (gas natural asociado) o bien en yacimientos exclusivos (gas natural no asociado). No existe una teoría rigurosa de su formación pero puede asegurarse que proviene de un proceso análogo al de la formación del petróleo.

Los otros componentes que acompañan al metano son hidrocarburos saturados (como etano, propano, butano, etc) y pequeñas proporciones de otros gases como anhídrido carbónico (CO_2), nitrógeno y en algún caso ácido sulfhídrico (SH_2), oxígeno e hidrógeno.

Su densidad relativa es menor que uno, por lo que es más ligero que el aire y tenderá a ascender. Es inodoro, incoloro, y no es tóxico al inhalarlo.

5.1.2. Gases licuados del petróleo (GLP)

Se denominan así el propano, butano y sus mezclas, que se almacenan y transportan a presión para mantenerlos en estado líquido.

Estos hidrocarburos están presentes en los crudos y en disolución con el resto de los componentes del petróleo. Se separan por destilación fraccionada. Su obtención viene pues asociada al proceso de tratamiento y refinado del petróleo.

También algunos gases naturales contienen propano y butano. En estos casos se suelen extraer antes de proceder a la distribución del gas natural por tuberías.

Los GLP sufren una desulfuración hasta alcanzar una concentración de azufre inferior a $0,1 \text{ g/m}^3(\text{n})$, y una separación en la que se obtienen sus dos productos más importantes: el butano y el propano comerciales, en los que el componente mayoritario da nombre al producto.

La tabla 11 muestra un ejemplo de composiciones típicas de propano y butano comerciales.

Tabla 11 - Composición típica de butano y propano comerciales.

Componente	Butano comercial (%)	Propano comercial (%)
Etano	0,5	0,6
Propano	9,1	87,5
Butano	90,4	11,9

Su densidad relativa es superior a uno, por lo que son más pesados que el aire.

5.1.3. Aire propanado

Recibe este nombre una mezcla de aire y propano comercial. La proporción de cada componente en la mezcla (y por tanto el poder calorífico y el índice de Wobbe) varía en función de su uso. Se utiliza en las zonas sin red de gas natural, en las que se ha dejado de producir gas manufacturado.

5.1.4. Gases manufacturados

Este tipo de gases está prácticamente en desuso y en vías de desaparición en nuestro país al haber sido sustituidos por el gas natural y el aire propanado.

5.1.5. Resumen de las principales características de los principales gases combustibles

A continuación, se expone una tabla resumen explicativa de las características de los principales gases combustibles.

Familia	Nombre Gas	Componente principal	Observaciones	Densidad relativa	PCS en vol kWh/m ³	PCS en masa kWh/kg	Índice de Wobbe MJ/m ³ (n)	Límites infl. (%)	Odorizante
1ª Familia	Gas manufacturado	Metano + H ₂ +...+CO	Tóxico, en desuso	<1	5,23	- - -	22,4 a 24,8	6 a 45	
2ª Familia	Gas Natural	Metano	No tóxico, inodoro, incoloro	<1	12,2	- - -	39,1 a 54,7	5 a 15	THT
3ª Familia	GLP	Propano	No tóxico, inodoro, incoloro	>1	27,9	14,0	72,9 a 87,3	2,4 a 9,5	Mercaptano
		Butano	No tóxico, inodoro, incoloro	>1	36,0	13,95		1,8 a 8,4	Mercaptano

5.2. Transporte y distribución

5.2.1. Gas natural

Se realiza de dos formas:

- mediante canalizaciones de gas.
- por transporte y almacenamiento en estado líquido.

En general, para distancias inferiores a 4.000 km es más barato el transporte por gasoductos.

La cifra anterior puede reducirse en caso de imperativos técnicos como son el cruce de mares profundos etc. los cuales pueden incidir en la utilización del GNL (gas natural líquido) como forma de transporte de gas natural.

Un esquema orientativo de las distintas formas de distribución por canalización aparece en la figura 2.

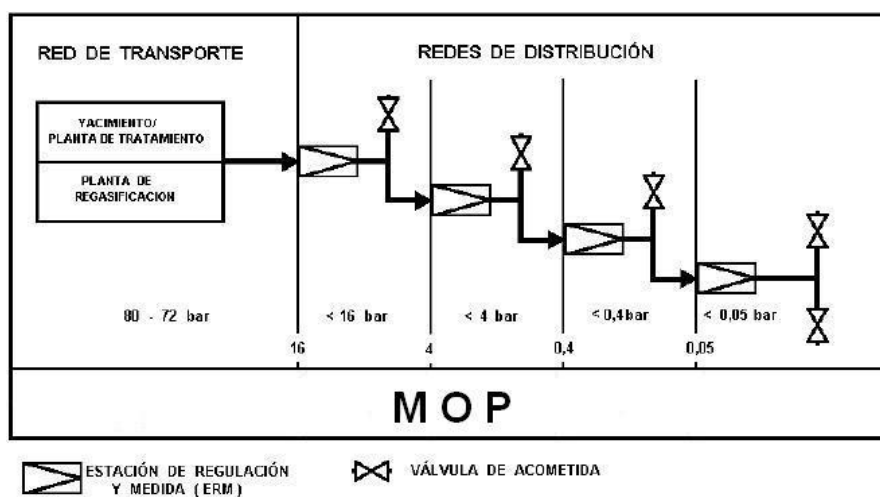


Figura 2

Para que el transporte se produzca en forma de GNL es necesaria la siguiente cadena:

- Planta de tratamiento y licuación de gas natural;
- Transporte de GNL en barcos metaneros;
- Terminal de recepción, almacenamiento y regasificación.

Licuefacción del gas natural: El GNL se transporta y almacena en unas condiciones próximas a la presión atmosférica y temperatura de $-163\text{ }^{\circ}\text{C}$ (estado criogénico). El proceso utilizado para la licuefacción consiste en enfriar el gas en etapas sucesivas mediante agentes frigoríficos y posterior subenfriamiento por expansión del gas, pues comprimiéndolo a temperatura ambiente no se podría licuar.

Se conoce por “estado criogénico” aquél en el que se encuentra un fluido a muy baja temperatura.

En el proceso anterior se obtiene GNL con una densidad aproximada de 455 kg/m^3 , lo cual equivale a reducir su volumen 600 veces respecto al gas en condiciones normales.

b) Terminal de recepción, almacenamiento y regasificación: Los buques metaneros descargan el GNL en la planta mediante bombas criogénicas. Una vez almacenado el GNL en depósitos criogénicos especialmente aislados térmicamente, para regasificarlos se siguen los siguientes pasos:

- Compresión del GNL mediante bombas centrífugas
- Vaporización del GNL comprimido en intercambiadores de calor

La figura 3 muestra el esquema de un terminal de regasificación que utiliza vaporizadores con agua de mar como fluido térmico para aumentar la temperatura.

Como alternativa a la regasificación en la terminal, queda como opción el transporte de GNL mediante camiones cisterna criogénicos hasta una pequeña planta de almacenamiento próxima a los puntos de consumo. En esta planta tiene lugar un proceso similar al de la terminal.

La figura 4 muestra el esquema de la red nacional de gasoductos de transporte de gas natural.

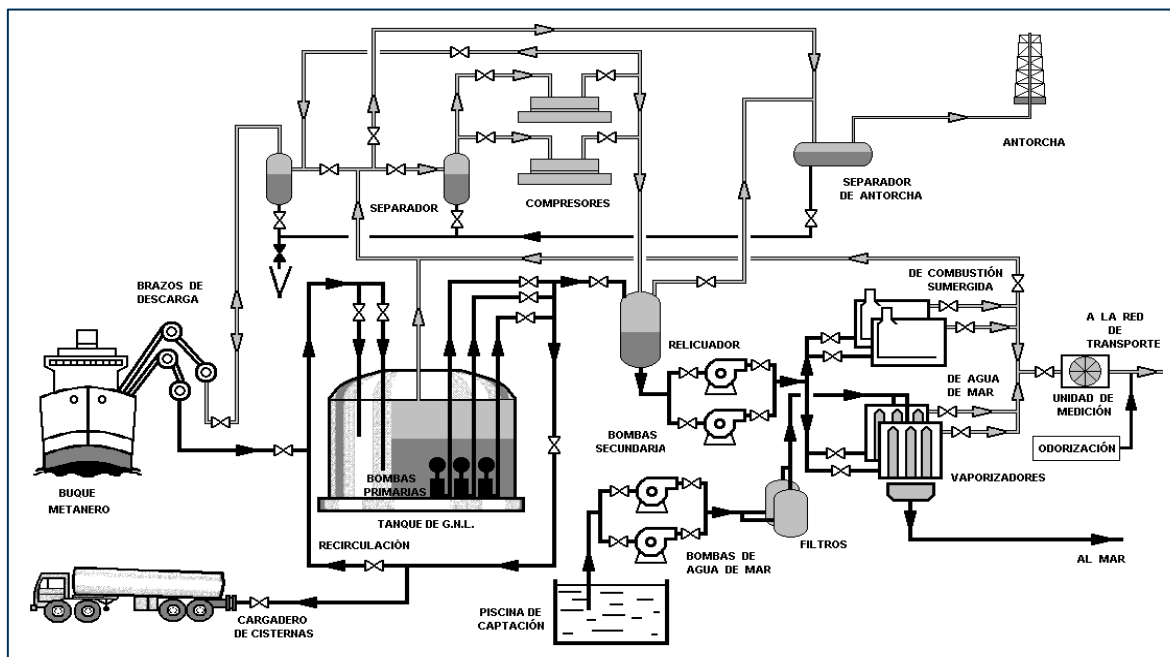


Figura 3 – Esquema de un terminal de regasificación de GNL.



Figura 4 - Red nacional de gasoductos de transporte de gas natural.

5.2.2. Gases licuados del petróleo (GLP)

El transporte y distribución se puede efectuar de varias formas, viniendo condicionada por su muy superior temperatura crítica, y poderse por tanto licuar a temperatura ambiente con solo aumentar su presión.

Los GLP se transportan desde los centros de producción en estado líquido hasta las factorías, donde se distribuye envasado o a granel.

La distribución se realiza mediante:

a) Recipientes móviles: Son recipientes cilíndricos de acero con cargas útiles de:

- 12,5 kg de butano comercial (envase normalizado UD-125). Se utiliza en el mercado doméstico fundamentalmente;
- 6 kg de butano comercial (envase normalizado UD-60). Orientada igualmente al mercado doméstico de cocción fundamentalmente;
- 11 kg de propano comercial (envase normalizado UD-110). Se utiliza en el mercado doméstico y en el mercado comercial de pequeño consumo;
- 35 kg de propano comercial (envase normalizado I-350). Se utiliza principalmente en el mercado doméstico para grandes consumos (calefacción + agua caliente + cocina) y en el mercado comercial;

b) Depósitos fijos: Tienen distintos volúmenes en función de las necesidades y se recargan periódicamente mediante camiones cisterna con propano comercial. Se usan en el mercado doméstico (viviendas individuales y comunidades), mercado comercial e industrial y para automoción.

c) Redes de distribución: A partir de un depósito fijo o un conjunto de ellos, donde se almacena en estado líquido, se realiza la distribución a cada usuario doméstico, comercial o industrial, mediante una red de canalizaciones de distribución en MPB de características similares al gas natural.

5.2.3. Aire propanado

Una vez realizada la mezcla en una planta, el gas se distribuye hasta los puntos de consumo mediante canalizaciones similares a las utilizadas para el resto de gases combustibles.