Unidad 2

Propiedades de los combustibles gaseosos

Cambios:
Nuevo material poliamida
Conocimientos básicos sobre los gases renovables
Actualización de formatos, corrección de estilos.
Todo marcado en amarillo y verde

ENTRADA EN VIGOR CUANDO SE PUBLIQUEN EN LA WEB DE SEDIGAS

Elaborado por:	Revisado por: Comité Consultivo Distribución	Aprobado por: Naiara Ortiz de Mendíbil
M. Lombarte Responsable de Calidad Fecha: 14/10/2026	M. Lombarte Director de Certificación Fecha: 10/11/2026	Secretaria General Fecha: 11/11/2026

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

Unidad 2

Propiedades de los combustibles gaseosos

Objetivo

Conocer las principales propiedades de los distintos combustibles gaseosos distribuidos en España (gas natural, GLP, biometano e hidrógeno), en especial aquellas relacionadas con la seguridad en su utilización y en los trabajos de canalización y mantenimiento de redes, así como la cadena energética desde su producción hasta el suministro al usuario final.

Marco general

Se presentan primeramente en el módulo las propiedades de los gases divididas en tres secciones: propiedades generales, propiedades relacionadas con su combustión y propiedades relacionadas con la seguridad. Se presenta posteriormente una breve descripción informativa de los procesos de producción y distribución del gas natural, los GLP, el biometano y el hidrógeno.

Sumario

2.1. Estados de la materia 3
2.2. Los combustibles gaseosos 3
2.3. Propiedades de los gases 4
2.4. Propiedades de los gases relacionadas con su combustión 9
2.5. Intercambiabilidad de gases 12
2.6. Efectos fisiológicos sobre el organismo humano 15
2.7. Odorización 16
2.8. Producción, transporte y distribución de los diferentes tipos de gas 17
2.8.1. Gas natural, biometano e hidrógeno 17
2.8.2. Gases licuados del petróleo 21
2.8.3. Aire propanado 23

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

2.1. Estados de la materia

En general, la materia puede presentarse en tres estados:

- Estado sólido, en el que las moléculas constituyentes de la sustancia presentan una elevada cohesión entre sí, debido a que las fuerzas de atracción son superiores a las que originan los movimientos moleculares. La característica fundamental del estado sólido es que las sustancias mantienen una forma y volumen definidos.
- Estado líquido, en el que las fuerzas resultantes de los movimientos moleculares son lo suficientemente elevadas en relación con las fuerzas de atracción para permitir el movimiento de las moléculas entre sí, aunque manteniendo una relativa cohesión entre ellas, lo que les permite fluir y adaptarse a la forma del recipiente que las contiene. La característica fundamental del estado líquido es que las sustancias no poseen una forma definida, aunque mantienen un volumen determinado.
- Estado gaseoso, en el que las fuerzas resultantes de los movimientos moleculares son muy superiores a las fuerzas de atracción que ejercen entre sí las moléculas. Por ello, las moléculas de los gases se distancian ocupando todo el espacio disponible, por lo que sólo pueden conservarse en espacios cerrados, dado que en caso contrario se dispersarían por la atmósfera, con mayor o menor rapidez, según el grado de difusión del gas de que se trate. La característica fundamental del estado gaseoso es que las sustancias tienen forma y volumen variables y ejercen presión sobre las paredes del recipiente que las contiene. Al contrario de los sólidos y los líquidos, los gases son compresibles, por lo que siempre que se indique un volumen deberá precisarse la presión y la temperatura a que se ha medido.

Una misma sustancia puede presentarse en distintos estados en función de la presión y de la temperatura a la que se encuentre.

2.2. Los combustibles gaseosos

Fue a principios del siglo XVII cuando se comprobó que calentando distintos productos, como carbón o madera, en un crisol, se desprendía una sustancia capaz de arder, al que el alquimista flamenco Bautista Van Helmont, autor de la experiencia, denominó con la palabra “geest” (espíritu), de la que deriva el vocablo “gas” que se utiliza universalmente, con variaciones poco significativas en los distintos idiomas, para designar a este tipo de sustancias y, por extensión, a los combustibles gaseosos en general. Esta experiencia dio origen al desarrollo de los gases manufacturados distribuidos por canalización.

Posteriormente, otros científicos (Avogadro, Boyle, Gay-Lussac, Van der Waals, etc.) estudiaron más profundamente el comportamiento de las sustancias en estado gaseoso consiguiendo un conocimiento más amplio de las distintas características y propiedades de las mismas.

En la actualidad, además de los combustibles gaseosos de origen fósil tradicional, han adquirido una creciente relevancia los **gases renovables y descarbonizados**, entre los que destacan el **biogás**, el **biometano** y el **hidrógeno renovable**, debido a su contribución a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y a su papel en la transición energética.

El **biogás** es un gas combustible normalmente obtenido mediante la digestión anaerobia de materia orgánica de origen agrícola, ganadero, urbano o industrial. Está compuesto principalmente por metano y dióxido de carbono, junto con pequeñas cantidades de otros compuestos.

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

Mediante procesos de depuración y enriquecimiento del contenido en metano, el biogás puede transformarse en **biometano**, un combustible gaseoso renovable cuyas características son similares a las del **gas natural**. Cuando cumple las especificaciones de calidad exigidas, el biometano puede inyectarse en las redes de transporte y distribución de gas natural y utilizarse en las mismas aplicaciones.

Por su parte, el **hidrógeno** es un gas combustible que puede obtenerse a partir de diferentes procesos. Cuando se produce mediante electrólisis del agua utilizando electricidad procedente de fuentes renovables se denomina habitualmente **hidrógeno renovable**. Debido a sus propiedades físicas y de combustión, presenta características diferenciales respecto a los gases convencionales que deben tenerse en cuenta en su transporte, distribución y utilización.

Como se verá más adelante, los combustibles gaseosos se clasifican en tres grupos o familias:

- Primera familia: Gases manufacturados (obtenidos a partir de destilación de hulla, cracking de naftas, reforming de gas natural o mezclas de propano y aire).
- Segunda familia: Gas natural (extraído de yacimientos subterráneos), mezclas de propano y aire) y el biometano obtenido a partir del acondicionamiento del biogás
- Tercera familia: Gases licuados del petróleo o GLP (derivados de productos petrolíferos).
- Cuarta familia: Hidrógeno

2.3. Propiedades de los gases

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

Reactividad

Esta propiedad nos manifiesta la capacidad de reacción que presentan los gases. Así, se puede hablar de gases combustibles o sea gases que son capaces de arder tales como butano, propano, gas natural, acetileno, etc.; de otros *llamados comburentes*, necesarios para la combustión u oxidación de otras sustancias tales como el oxígeno, cloro, etc.; y, por último, de aquellos otros que ni arden ni son necesarios para la oxidación o combustión de otras sustancias tales como el nitrógeno, anhídrido carbónico, gases nobles, etc., a los que *llamamos gases inertes*.

Densidad absoluta (r)

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

$$\rho = m / v$$

Unidades: $kg/m^3(n)$

El volumen de un gas se suele referir a sus condiciones normales 0 °C y 1,01325 bar. 1 m^3 (n) es 1m^3 de gas medido en condiciones normales.

Densidad relativa (d)

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

La densidad relativa es la relación entre las masas volumétricas del gas y del aire en las mismas condiciones de presión y temperatura. El valor de esta propiedad indica cuantas veces es más o menos pesado un determinado gas con relación al aire:

$$d = \rho/\rho_a$$

donde: r es la densidad del gas.

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

Los gases menos densos que el aire tienden a ascender diluyéndose fácilmente en la atmósfera, en cambio aquellos cuya densidad es mayor que la del aire, 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 del gas que va a ser objeto de conducción por el interior de las canalizaciones, ya que en caso de que en determinadas fases de las operaciones propias de su construcción, 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 difusión en el aire cuanto menor sea su densidad.

La tabla 2.1 muestra la densidad absoluta y relativa de diferentes gases combustibles

Tabla 2.1 Densidades aproximadas de los combustibles gaseosos

Combustible gaseoso	Densidad absoluta kg/m³(n)	Densidad relativa
Gas manufacturado	0,685	0,53
Gas natural Argelia (Huelva) Argelia (Barcelona) Argelia gasoducto Libia Conexión Francia	 0,802 0,786 0,843 0,802 0,744	 0,621 0,607 0,652 0,620 0,576
Propano comercial Butano comercial	2,09 2,62	1,62 2,03
Biogás	1,2	0,8 a 0,9
Biometano	0,7 a 0,72	0,55 y 0,60
Hidrógeno	0,0899	0,07

Compresibilidad

Los gases tal como se ha expresado anteriormente son compresibles, consiguiéndose con la misma masa de gas variaciones importantes de volumen en función de las condiciones de presión y temperatura. Esta 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.

Esta característica resulta fundamental no solo para el transporte del gas natural, sino también para el biometano y para las futuras infraestructuras de hidrógeno, cuyo desarrollo se basa igualmente en la utilización de redes de transporte y distribución a presión.

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

Sin embargo, es importante resaltar que los gases pueden llegar a licuarse por compresión, pero 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", que se define como aquella que por encima de la cual no se puede licuar un gas por compresión, lo que permite clasificarlos en dos grupos:

Gases que tienen una temperatura critica muy baja **(aire, oxígeno, nitrógeno, metano, hidrógeno, etc.)** lo que implica que se pueden comprimir a cualquier presión, manteniendo la temperatura por encima de aquel 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 crítico; 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 hasta a 72 bar.

El biometano, por estar constituido mayoritariamente por metano y presentar propiedades muy similares a las del gas natural, comparte esencialmente el mismo comportamiento frente a la compresión y puede utilizar las infraestructuras gasistas existentes siempre que cumpla las especificaciones técnicas de calidad exigidas.

Por su parte, el hidrógeno presenta una temperatura crítica extremadamente baja (-240 °C aproximadamente), por lo que no puede licuarse únicamente mediante compresión a temperatura ambiente. Para obtener hidrógeno líquido es necesario combinar elevadas presiones con un enfriamiento intenso hasta temperaturas criogénicas. Asimismo, debido a su baja densidad, para transportar una misma cantidad de energía se requieren caudales volumétricos superiores a los del gas natural.

Los gases con temperaturas críticas bajas pueden licuarse por efecto de la presión y la temperatura enfriándolos por debajo de su temperatura crítica. Por ejemplo, el gas natural, y de forma análoga el biometano, puede licuarse a la presión atmosférica enfriándolo a 160 ºC bajo cero, con lo que se consigue una reducción de volumen del orden de 600 veces y permite su transporte a gran distancia en buques metaneros y a distancias medias en camiones cisterna.

Gases que tienen una temperatura crítica superior a la temperatura ambiente **(propano, butano, anhídrido carbónico, etc.),** los cuales al comprimirse se licuan y, por ello, se pueden transportar y almacenar, en fase líquida a la temperatura ambiente, en cisternas, depósitos y envases móviles a presión. Las reducciones de volumen son también importantes a pesar de que las presiones necesarias son considerablemente más bajas que las empleadas en el grupo anterior.

Un caso particular es el que se pone de manifiesto en los combustibles gaseosos tales como el gas ciudad (gas de hulla, gas de cracking, etc.), el biogás o aquellos obtenidos por mezcla del propano con aire, debido a que están formados por distintos gases y mientras unos tienen temperaturas críticas bajas (hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, etc.) otros presentan temperaturas críticas elevadas (propano, benceno, vapores de gasolina, etc.) que pueden condensar al comprimirse por encima de un determinados valores. Por ello estos gases deben tratarse considerando el comportamiento de cada uno de sus componentes y, en determinadas condiciones, no pueden transportarse a presiones elevadas sin que se produzcan fenómenos de condensación parcial.

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

Tabla 2.2: Temperaturas críticas

Tipo de gas	Temperatura crítica ° C
Gas natural/biometano	- 82,5
Propano comercial	96,8
Hidrógeno	-240

Comportamiento en expansiones y reducciones de presión

A diferencia del gas natural y del biometano, el hidrógeno presenta a temperatura ambiente un coeficiente Joule-Thomson negativo, por lo que una expansión a través de válvulas o elementos de regulación puede producir un ligero calentamiento del gas en lugar de un enfriamiento.

Poder calorífico (PC)

Es la cantidad de calor desprendida por combustión completa a la presión de 1,01325 bar (atmosférica) de la unidad de volumen o de masa de un gas tomando los reactivos y los productos de la combustión a la misma temperatura (normalmente 0 °C).

Se considera el poder calorífico superior (PCS) cuando el agua resultante de la combustión se supone líquida (condensada) en los productos de la combustión. Se considera el poder calorífico inferior (PCI) cuando el agua resultante de la combustión se supone en estado vapor con los demás productos de la combustión.

Unidades:

MJ/m^3(n), kWh/m^3(n) o kcal/m^3(n). Estas unidades se utilizan normalmente para gas natural, aunque también pueden utilizarse para los GLP (propano y butano).

MJ/kg, kWh/kg o kcal/kg. Estas unidades se utilizan normalmente para los GLP (propano y butano).

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

Tabla 2.3: Poderes caloríficos de los combustibles gaseosos

Tipo de gas	PCS	PCI
Hidrógeno	12,77 MJ/m³(n) 3,55 kWh/m³(n) 3.050 kcal/m³(n)	11,51 MJ/m³(n) 3,20 kWh/m³(n) 2.750 kcal/m³(n)
Metano	39,90 MJ/m³(n) 11,08 kWh/m³(n) 9.530 kcal/m³(n)	35,88 MJ/m³(n) 9,97 kWh/m³(n) 8.570 kcal/m³(n)
Biometano	**≈ 39,5-42,0 MJ/m³(n) ≈ 11,0-11,7 kWh/m³(n) ≈ 9.400-10.000 kcal/m³(n)**	**≈ 35,5-37,8 MJ/m³(n) ≈ 9,9-10,5 kWh/m³(n) ≈ 8.500-9.000 kcal/m³(n)**
Biogás (60% CH_4)	**≈ 23-25 MJ/m³(n) ≈ 6,4-7,0 kWh/m³(n) ≈ 5.500-6.000 kcal/m³(n)**	**≈ 21-22 MJ/m³(n) ≈ 5,8-6,2 kWh/m³(n) ≈ 5.000-5.300 kcal/m³(n)**
Propano	101,95 MJ/m³(n) 28,32 kWh/m³(n) 24.350 kcal/m³(n)	93,70 MJ/m³(n) 26,03 kWh/m³(n) 22.380 kcal/m³(n)
Butano	134,23 MJ/m³(n) 37,29 kWh/m³(n) 32.060 kcal/m³(n)	123,76 MJ/m³(n) 34,38 kWh/m³(n) 29.560 kcal/m³(n)
Gas ciudad	17,58 MJ/m³(n) 4,88 kWh/m³(n) 4.200 kcal/m³(n)	15,53 MJ/m³(n) 4,31 kWh/m³(n) 3.710 kcal/m³(n)
Gas natural	42,70 MJ/m³(n) 11,86 kWh/m³(n) 10.200 kcal/m³(n)	38,52 MJ/m³(n) 10,70 kWh/m³(n) 9.200 kcal/m³(n)
Propano comercial	50,45 MJ/kg 14,01 kWh/kg 12.050 kcal/kg	46,39 MJ/kg 12,87 kWh/kg 11.080 kcal/kg
Butano comercial	49,74 MJ/kg 13,82 kWh/kg 11.880 kcal/kg	45,85 MJ/kg 12,73 kWh/kg 10.950 kcal/kg

Biometano: presenta valores de PCS y PCI muy similares a los del gas natural, dependiendo de su composición y grado de depuración.

Biogás: sus propiedades energéticas dependen de la proporción de metano y dióxido de carbono, por lo que los valores indicados corresponden a un biogás tipo con aproximadamente un 60 % de metano.

Hidrógeno: aunque su PCS y PCI por unidad de volumen son significativamente inferiores a los del gas natural, su poder calorífico por unidad de masa es muy superior.

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

Técnicamente, el dato más importante que resalta esta tabla es que el biometano es prácticamente equivalente al gas natural, mientras que el hidrógeno tiene aproximadamente un tercio de la energía por metro cúbico, aspecto que condiciona el dimensionamiento de redes y equipos.

Presión

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

Unidades:

Megapascal (MPa), bar, kg/cm^2, atmósferas (atm), milímetros de columna de mercurio (mm Hg), milímetros de columna de agua (mm cda).

La tabla 2.4 contiene la conversión entre estas unidades.

Tabla 2.4: Conversión de unidades de presión

Unidades	MPa	bar	Kg/cm^2	atm	mm Hg	mm cda
MPa	1	10	10,197	9,87	7500,6	1,02 × 10^5
bar	0,1	1	1,0197	0,987	750,06	1,02 × 10^4
kglcm^2	0,0981	0,981	1	0,9678	735,56	10^4
atm	0,1013	1,013	1,033	1	760	1,03 × 10^4
mm Hg	1,333 × 10^{-4}	1,333 × 10^{-3}	1,359 ×10^{-3}	1,316 × 10^{-3}	1	13,595
mm cda	9,804 × 10^{-6}	9,806 × 10^{-5}	10^{-4}	9,678 × 10^{-5}	0,07355	1

Ejemplo: 1 bar = 1,0197 kglcm^2 = 1,02x10^4 mm cda.

2.4. Propiedades de los gases relacionadas con su combustión

La combustión es una reacción química en la que interviene un combustible (en este caso un combustible gaseoso) y un comburente (el oxígeno del aire). Para que se inicie la reacción, es necesaria la presencia de ambos reactivos y que en un punto se alcance la temperatura de inflamación.

En toda reacción química los reactivos deben encontrarse en unas proporciones cuantitativas determinadas para que aquella tenga lugar. Cuando las proporciones son justamente las que corresponden a la ecuación de la reacción se denominan estequiométricas. Se dice que la reacción es completa y perfecta cuando todo el combustible reacciona con todo el comburente. Para ello es necesario que las proporciones sean las estequiométricas. En caso contrario, existe un defecto o un exceso de alguno de los reactivos y, en estas condiciones, en los productos de la combustión pueden encontrarse inquemados (combustible que no ha reaccionado) o/y oxígeno debido a un exceso de aire.

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

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

Temperatura teórica de combustión

Esta temperatura se define como la máxima que teóricamente se puede alcanzar en la combustión perfecta y completa de un gas (estequiométrica), siendo para los gases combustibles las indicadas en la tabla 2.5. Esta temperatura sería la que tendrían los productos de la combustión si el calor desprendido en la reacción se empleara exclusivamente para su calentamiento.

Tabla 2.5: Temperaturas teóricas de combustión

Tipo de gas	Temperatura teórica de combustión (°C)
Gas natural/Biometano	1.950
Hidrógeno	2.040
Propano comercial	1.980
Butano comercial	2.005

Temperatura de inflamación

Esta temperatura es aquella a la que sin necesidad del concurso de un punto de ignición o llama se inflama una mezcla estequiométrica gas-aire. Los valores de la temperatura de inflamación para los combustibles gaseosos más empleados son los indicados en la tabla 2.6.

Tabla 2.6: Temperaturas de inflamación

Tipo de gas	Temperatura de inflamación (°C)
Gas natural/Biometano	510
Hidrógeno	560
Propano	468
Butano	410

Las temperaturas de inflamación indicadas son valores orientativos que pueden variar ligeramente en función de la composición exacta del gas, la presión, la humedad y las condiciones de ensayo.

Conviene destacar que, aunque el hidrógeno presenta una temperatura de inflamación superior a la del gas natural, su energía mínima de ignición es considerablemente menor y su rango de inflamabilidad es mucho más amplio, lo que requiere medidas de seguridad específicas durante su manipulación y utilización.

Esto ayuda a evitar una interpretación errónea de la tabla, ya que alguien podría pensar que el hidrógeno es "menos inflamable" por tener una temperatura de inflamación (autoignición) más alta, cuando en la práctica ocurre justamente lo contrario desde el punto de vista operativo.

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

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 el inicio y 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 el aire, entre las que, a presión y temperatura ambiente, 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, definiéndose en consecuencia el llamado "dominio de inflamabilidad" a aquellas composiciones comprendidas entre ambos límites.

Velocidad de propagación de la llama

Cuando la mezcla aire-gas se encuentra dentro de los límites de inflamabilidad, la llama, es decir la combustión, se propaga con una cierta velocidad. El mecanismo fundamental de propagación es la conducción entre el tramo en curso de combustión y el tramo vecino, llevando el primero al segundo a la temperatura de ignición. Este fenómeno se conoce como deflagración, la combustión se realiza mediante una llama que avanza de forma acelerada pero siempre a una velocidad subsónica.

Para cada gas se define la "Máxima velocidad inicial de propagación de la llama" como aquella a la que se inicia la deflagración de una mezcla estequiométrica gas-aire. La velocidad de propagación de la llama es prácticamente nula en composiciones de mezclas gas-aire correspondientes a los límites de inflamabilidad, alcanzando su mayor valor en el correspondiente a las mezclas estequiométricas (aquellas en las que el contenido de oxigeno es exactamente el necesario para la combustión completa del gas.

En la combustión de una mezcla estequiométrica, el desprendimiento de calor es muy superior al necesario para mantener la temperatura de inflamación, y en consecuencia el proceso se va acelerando, e igualmente la velocidad también sufre variaciones por lo que tan solo se define normalmente la velocidad inicial.

Además de la composición de la mezcla aire-gas, otro factor que modifica la velocidad de propagación de la llama es la temperatura de la mezcla (al aumentarla se incrementa la velocidad de propagación de la llama).

En la tabla 2.7 se relacionan estos valores para los combustibles gaseosos más corrientes.

Tabla 2.7: Límites de inflamabilidad y máxima velocidad de propagación de combustión de gases combustibles

Gas	Límite inferior de inflamabilidad %	Límite superior de inflamabilidad %	Máxima velocidad inicial propagación llama (cm/s)
Propano	2,4	9,5	40
Butano	1,8	8,4	40
Gas natural/Biometano	4,7	13,7	35
Hidrógeno	4,0	75,0	270
Gas ciudad	5,8	45,6	70

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

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.

El biometano presenta límites de inflamabilidad y velocidades de propagación de llama muy similares a las del gas natural, debido a su elevado contenido en metano. Por el contrario, el hidrógeno posee un rango de inflamabilidad extraordinariamente amplio y una velocidad de propagación de llama muy superior a la de los combustibles gaseosos convencionales, características que requieren consideraciones específicas de seguridad en su gestión operativa.

Nota sobre el hidrógeno: Dependiendo de la bibliografía utilizada, podemos encontrar valores de velocidad de llama entre 265 y 325 cm/s. Para una tabla didáctica como ésta, 270 cm/s es un valor representativo y coherente.

Además, esta tabla permite destacar una conclusión muy útil:

- Biometano ≈ Gas natural (comportamiento prácticamente equivalente).
- Hidrógeno ≠ Gas natural (rango de inflamabilidad mucho mayor y velocidad de llama entre 7 y 8 veces superior).

Poder comburivoro o "aire teórico"

Es la mínima cantidad de aíre necesaria para asegurar la combustión completa de un metro cúbico de gas. Este valor es útil para los estudios de ventilación y evacuación de gases quemados. Se expresa por la relación de m^3 de aire por m^3 de gas.

Aproximadamente se precisan:

- 10,1 m^3 (n) de aire por m^3 (n) de gas natural/biometano
- 24,6 m^3 (n) de aire por m^3 (n) de propano comercial
- 30,2 m^3 (n) de aire por m^3 (n) de butano comercial
- 2,4 m^3(n) de aire por m^3(n) de hidrógeno

El biometano, al estar compuesto mayoritariamente por metano y presentar propiedades muy similares a las del gas natural, posee un poder comburívoro prácticamente equivalente al de éste. Por el contrario, el hidrógeno requiere una cantidad de aire significativamente menor para su combustión estequiométrica, si bien presenta características de combustión específicas, como una elevada velocidad de propagación de llama y un amplio rango de inflamabilidad, que deben tenerse en cuenta en el diseño y operación de las instalaciones.

2.5. Intercambiabilidad de 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 permite mantener a la vez:

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

- 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/CO_2), ausencia de formación de hollín, etc.;

La intercambiabilidad adquiere una especial relevancia en la actualidad debido al desarrollo de los **gases renovables**, especialmente el **biometano**, y a la incorporación progresiva del **hidrógeno** en las infraestructuras gasistas. Mientras que el biometano presenta unas características muy similares a las del gas natural y puede considerarse generalmente intercambiable con éste cuando cumple las especificaciones de calidad de red, el hidrógeno posee propiedades físicas y de combustión significativamente diferentes, por lo que su utilización requiere estudios específicos de compatibilidad de equipos e instalaciones.

Se han propuesto varios métodos para definir la intercambiabilidad. El más corriente hoy es el método de Delbourg que emplea dos parámetros, el índice de Wobbe y el potencial de combustión:

Índice de Wobbe (W)

Se define como la relación entre el poder calorífico del gas por unidad de volumen y la raíz cuadrada de su densidad relativa. Según se utilice el PCS o el PCI se hablará de índice de Wobbe superior (Ws) o índice de Wobbe inferior (Wi). Normalmente se utiliza el índice de Wobbe superior.

Unidades:

Megajulio por metro cúbico de gas seco tomado en las condiciones de referencia.

La densidad es la relación entre las masas de volúmenes iguales de gas y aire secos tomados en las mismas condiciones de temperatura y presión (densidad relativa).

Las condiciones de referencia se fijan en 15 ºC y 1013,25 mbar.

En función del valor de Ws se clasifican los gases en tres familias (norma UNE 60002) (ver tabla 2.8).

Los gases de la primera familia son gases manufacturados (fabricados a partir de cracking de naftas o reforming de gas natural), aire metanado (mezcla de aire - gas natural) y el aire propanado, con un índice de Wobbe superior comprendido entre 19,13 MJ/m^3 (4.570 kcal//m^3) y 27,64 MJ//m^3 (6.600 kcal//m^3), en condiciones de referencia. Los gases de esta familia han dejado de distribuirse en España.

Los gases de la segunda familia son el gas natural, el biometano y el aire propanado con un Índice de Wobbe superior comprendido entre 39,1 MJ/ m^3 (9.340 kcal/ m^3) y 54,7 MJ/ m^3 (13.065 kcal/ m^3), en condiciones de referencia. El biometano, obtenido mediante la depuración y enriquecimiento del biogás, puede ser inyectado en las redes gasistas y utilizado en los mismos aparatos que el gas natural siempre que cumpla las especificaciones técnicas y de calidad exigidas. En España se distribuyen únicamente gases del grupo H.

Los gases de la tercera familia son los gases licuados del petróleo (GLP) con un Índice de Wobbe superior comprendido entre 72,9 MJ/ m^3 (17.400 kcal/ m^3) y 87,3 MJ/ m^3 (20.850 kcal/ m^3), en condiciones de referencia.

El **hidrógeno** no se encuentra incluido en la clasificación tradicional de familias establecida para los gases combustibles distribuidos convencionalmente, ya que presenta una densidad, velocidad de llama, energía de ignición e índice de Wobbe significativamente diferentes de los del gas natural y los GLP. Por este motivo, la sustitución total o parcial del gas natural por hidrógeno requiere estu-

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

dios específicos de intercambiabilidad, compatibilidad de materiales y adecuación de los aparatos de consumo. No obstante, la mezcla de hidrógeno con gas natural en determinados porcentajes constituye una de las principales líneas de desarrollo para la descarbonización de las redes gasistas.

Tabla 2.8: Clasificación de gases en familias de acuerdo a la UNE-EN 437

Familias de gases y grupos	Índice de Wobbe superior, gas seco a 15 °C y 1 013,25 mbar (MJ/m³)	
	mínimo	máximo
Primera familia Grupo a	22,4	24,8
Segunda familia Grupo H Grupo L Grupo E	39,1 45,7 39,1 40,9	54,7 54,7 44,8 54,7
Tercera familia Grupo B/P Grupo P Grupo B	72,9 72,9 72,9 81,8	87,3 87,3 76,8 87,3

De acuerdo con las decisiones adoptadas por el CEN/TC 238 “Test gases, test pressures and categories of appliances”, comité responsable de la norma EN 437:

- el hidrógeno puro es 4ª familia.
- Las mezclas de H2 y GN hasta ciertos porcentajes son 2ª familia.
- El biometano es 2ª familia.
- Respecto al biogás, dependerá de su composición y del índice de Woobe. Al final es este parámetro el que determina la familia en la que encuadrar cada tipo de gas.

La actual UNE-EN 437 aún no ha incorporado nada sobre el hidrógeno.

Potencial de combustión (C)

Es un valor proporcional a la velocidad de propagación de combustión que se adopta ante la imposibilidad de fijar ésta, por depender de muchos factores (naturaleza del gas, temperatura, etc.). El valor de la velocidad de combustión ha de estar en equilibrio con el de la velocidad de salida de la mezcla aire-gas para que no haya ni desprendimiento ni retroceso de llama.

La figura 2.1 reproduce un diagrama de intercambiabilidad en el que, conocidos los índices de un gas, se puede determinar a qué familia pertenece y los fenómenos de combustión que puede presentar.

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

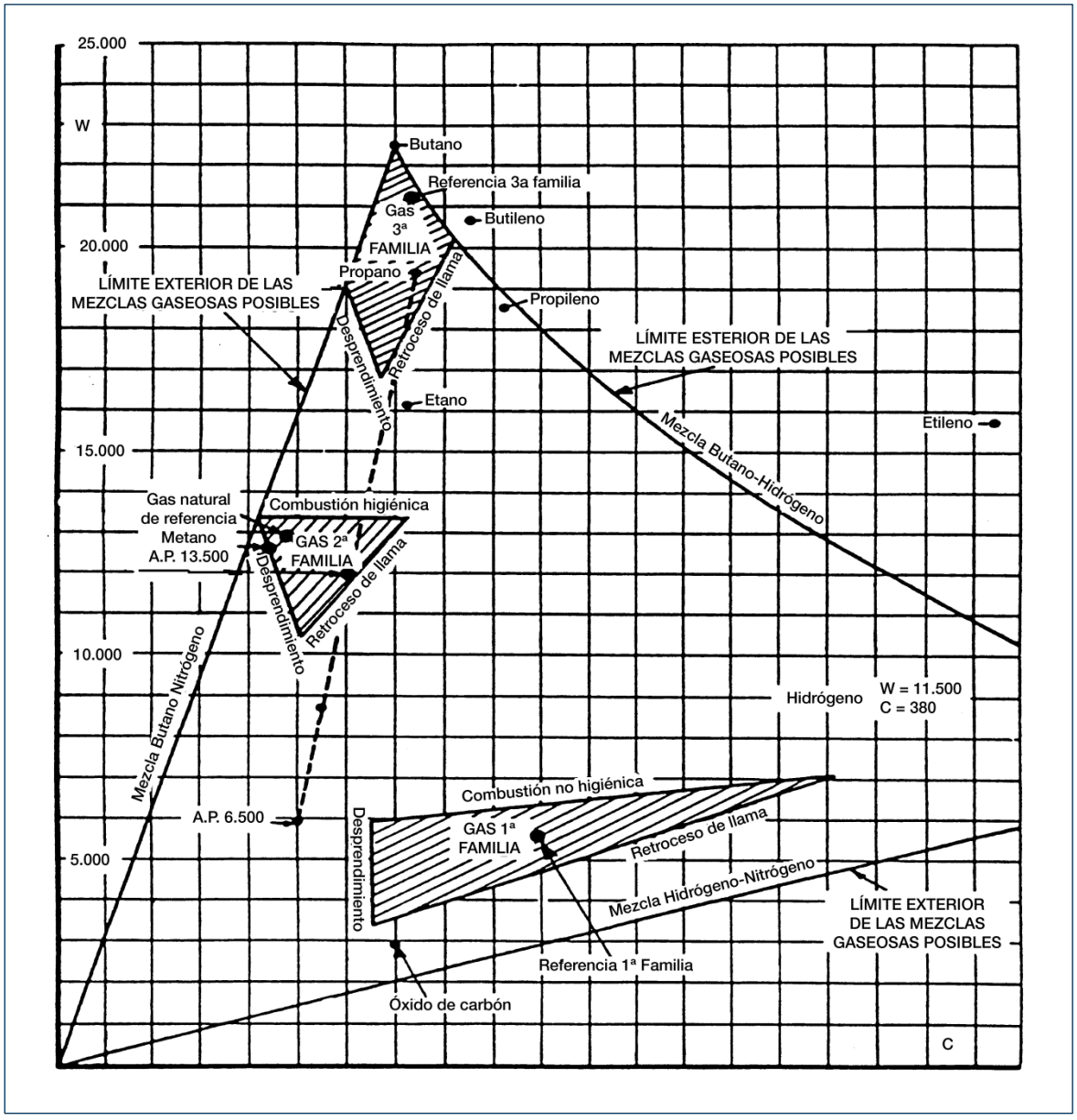


Figura 2.1 Diagrama de intercambiabilidad

2.6. Efectos fisiológicos sobre el organismo humano

La realización de obras en las que se puede estar accidentalmente en contacto con los gases para los que se está instalando la conducción, obliga a tomar conciencia de los riesgos que implica su respiración momentánea y, en su caso, disponer de los medios de protección personal para prevenir los posibles efectos nocivos.

El contenido en volumen del oxígeno en el aire es del orden del 21 % siendo el resto prácticamente nitrógeno. Este contenido de oxigeno es el que el hombre necesita para realizar una respiración sana, ahora bien, si en el aire se diluyen otros gases, aquel tanto por ciento de oxigeno o bien su presión parcial de 213 mbar, disminuirán produciendo diversos efectos fisiológicos; tales como el incre-

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

mento del ritmo y profundidad de la respiración, mareos, dolores de cabeza y aumento del ritmo cardíaco, hasta la muerte por asfixia en las atmósferas en las que la presión parcial del oxigeno se sitúa en valores inferiores a 123 mbar a presión atmosférica normal, lo que equivale a un contenido en oxigeno del 12 % en volumen.

Los efectos fisiológicos derivados de la falta de oxígeno ya son importantes cuando se está respirando un aire con menos del 16% de oxígeno, valor que se alcanza cuando se diluye en el aire otro gas carente de oxígeno (propano, butano, gas natural, biometano, hidrógeno, etc.) con una participación del 24 %.

Estas consideraciones son igualmente aplicables al biometano, ya que sus propiedades y comportamiento fisiológico son muy similares a los del gas natural. Por tanto, en caso de fuga en espacios confinados, el principal riesgo deriva de la disminución de la concentración de oxígeno en el ambiente y de la posible formación de atmósferas inflamables.

En el caso del hidrógeno, aunque tampoco presenta toxicidad intrínseca para el organismo humano, puede actuar como gas asfixiante simplemente al desplazar el oxígeno del aire en espacios cerrados o insuficientemente ventilados. Debido a su baja densidad, tiende a acumularse en las zonas elevadas de los recintos, por lo que resulta especialmente importante garantizar una ventilación adecuada y disponer de sistemas de detección apropiados cuando exista riesgo de fuga.

Aparte del efecto asfixiante apuntado, muchos gases manifiestan otros efectos tóxicos o dañinos. Por ejemplo, los hidrocarburos saturados originan un determinado efecto anestésico con menor o mayor grado, según crece el número de carbonos de su molécula.

Existen otros gases con un nivel mayor de toxicidad como el monóxido de carbono (CO). Se ha de prever el riesgo de atmósferas con CO, en recintos subterráneos en los que se hayan producido fermentaciones de materia orgánica, sin una adecuada aireación y en los lugares en que se concentren productos de la combustión emitidos a través de los tubos de escape de maquinaria o grupos electrógenos autónomos.

Los efectos que se producen en el organismo al respirar atmósferas con diferentes contenidos de monóxido de carbono variarán según sea el valor de estos contenidos, el tiempo transcurrido y la actividad que se desarrolle, facilitando en menor o mayor grado su combinación con la hemoglobina de la sangre, impidiéndole a ésta su función de transportadora del oxígeno.

2.7. Odorización

La presencia de algunos gases en el aire ambiente es detectable por su olor característico, otros en cambio son prácticamente inodoros, este es el caso del gas natural y el biometano. Por este motivo, antes de su distribución a través de las redes de transporte y distribución se les añade un compuesto odorante, habitualmente Tetrahidrotiofeno (THT) u otras sustancias autorizadas, que les confiere un olor penetrante y fácilmente reconocible incluso en concentraciones muy bajas, permitiendo la detección temprana de posibles fugas por medio del olfato.

Se añade en una proporción tal que cualquier fuga pueda ser detectada con facilidad por el olfato humano cuando exista una mezcla cuya concentración volumétrica sea un quinto de la correspondiente al límite inferior de inflamabilidad.

El biometano inyectado en las redes gasistas deberá cumplir los requisitos de calidad establecidos para su integración en el sistema gasista, incluyendo los relativos a la odorización, de forma equivalente al gas natural. [miteco.gob.es], [boe.es]

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

El hidrógeno es igualmente un gas inodoro. No obstante, los criterios de detección de fugas en infraestructuras específicas de hidrógeno podrán requerir sistemas de odorización compatibles con sus usos finales o sistemas complementarios de detección, de acuerdo con la normativa técnica que resulte de aplicación.

2.8. Producción, transporte y distribución de los diferentes tipos de gas

2.8.1. Gas natural, biometano e hidrógeno

Origen y composición

Se denomina gas natural a una mezcla de gases formada fundamentalmente por hidrocarburos gaseosos. Su componente principal es el metano, cuya proporción es superior al 70 %. El gas natural se encuentra en la naturaleza en las llamadas bolsas de gas, bajo tierra, cubiertas por capas impermeables que impiden su salida al exterior.

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 dióxido de carbono (CO_2), nitrógeno y en algún caso sulfuro de hidrógeno (H_2S).

La tabla 2.9 muestra las composiciones de gases naturales de diversas procedencias.

Tabla 2.9: Composición típica (%) de gases naturales de distinta procedencia (1998)

	Composiciones medias Gas Natural en las entradas a la RED BASICA GASODUCTO (% molar)- 2025						
	Planta 1	Planta 2	Planta 3	Planta 4	Magreb	Francia	Portugal
Metano [% mol/mol]	96,643	93,445	92,933	93,430	87,609	92,158	92,408
Etano [% mol/mol]	3,060	5,747	5,855	5,159	7,543	5,692	5,192
Propano [% mol/mol]	0,125	0,484	0,785	0,989	1,111	0,754	1,222
i-Butano [% mol/mol]	0,017	0,065	0,093	0,137	0,105	0,113	0,184
n-Butano [% mol/mol]	0,013	0,062	0,096	0,116	0,166	0,125	0,166
i-Pentano [% mol/mol]	0,005	0,003	0,007	0,004	0,039	0,019	0,012
n-Pentano [% mol/mol]	0,002	0,001	0,002	0,001	0,034	0,013	0,008
Hexano [% mol/mol]	0,004	0,001	0,003	0,001	0,038	0,017	0,010
Nitrógeno [% mol/mol]	0,131	0,191	0,224	0,163	1,730	0,663	0,440
CO_2 [% mol/mol]	0,000	0,000	0,000	0,000	1,625	0,445	0,357

(fuente Enagás)

Junto al gas natural de origen fósil, las redes gasistas pueden transportar otros gases combustibles de origen renovable o bajo en carbono, entre los que destacan el biometano y el hidrógeno puro o mezclado con gas natural.

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

El **biometano** es un gas renovable obtenido a partir del aprovechamiento del biogás generado durante la digestión anaerobia de residuos orgánicos de origen agrícola, ganadero, industrial o urbano. Tras un proceso de depuración o upgrading, su composición está constituida mayoritariamente por metano, alcanzando características de calidad similares a las del gas natural, lo que permite su inyección en las redes gasistas existentes y su utilización en los mismos equipos consumidores.

El **hidrógeno** es un gas combustible compuesto exclusivamente por moléculas de H_2. Puede obtenerse de modo natural o más frecuentemente producirse a partir de diferentes materias primas y tecnologías. Cuando se obtiene mediante electrólisis del agua utilizando electricidad procedente de fuentes renovables, se denomina habitualmente hidrógeno renovable. A diferencia del gas natural y del biometano, el hidrógeno no contiene carbono en su composición y su combustión no genera emisiones directas de dióxido de carbono.

Transporte y distribución

El transporte y distribución de gas natural desde los yacimientos hasta los puntos de consumo 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 licuado) como forma de transporte de gas natural.

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

- Planta de tratamiento y licuación de gas natural; El proceso utilizado para la licuación consiste en enfriar el gas en etapas sucesivas mediante agentes frigoríficos y posterior subenfriamiento por expansión del gas. El GNL se transporta y almacena en unas condiciones próximas a la presión atmosférica y temperatura de –163 °C. En el proceso anterior se obtiene GNL con una densidad aproximada de 456 kg/ m^3, lo cual equivale a reducir su volumen 600 veces respecto al gas en condiciones normales.
- Transporte de GNL en barcos metaneros.
- Terminal de recepción, almacenamiento y regasificación: Los barcos metaneros descargan el GNL en la terminal mediante bombas criogénicas y se almacena en tanques también criogénicos provistos de un aislamiento térmico especial. Para regasificar nuevamente el gas se realizan las siguientes operaciones:
    - Compresión del GNL mediante bombas centrífugas;
    - Vaporización del GNL comprimido en intercambiadores de calor.

La figura 2.2 muestra el esquema de un terminal de regasificación que utiliza vaporizadores con agua de mar como fluido térmico.

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.

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

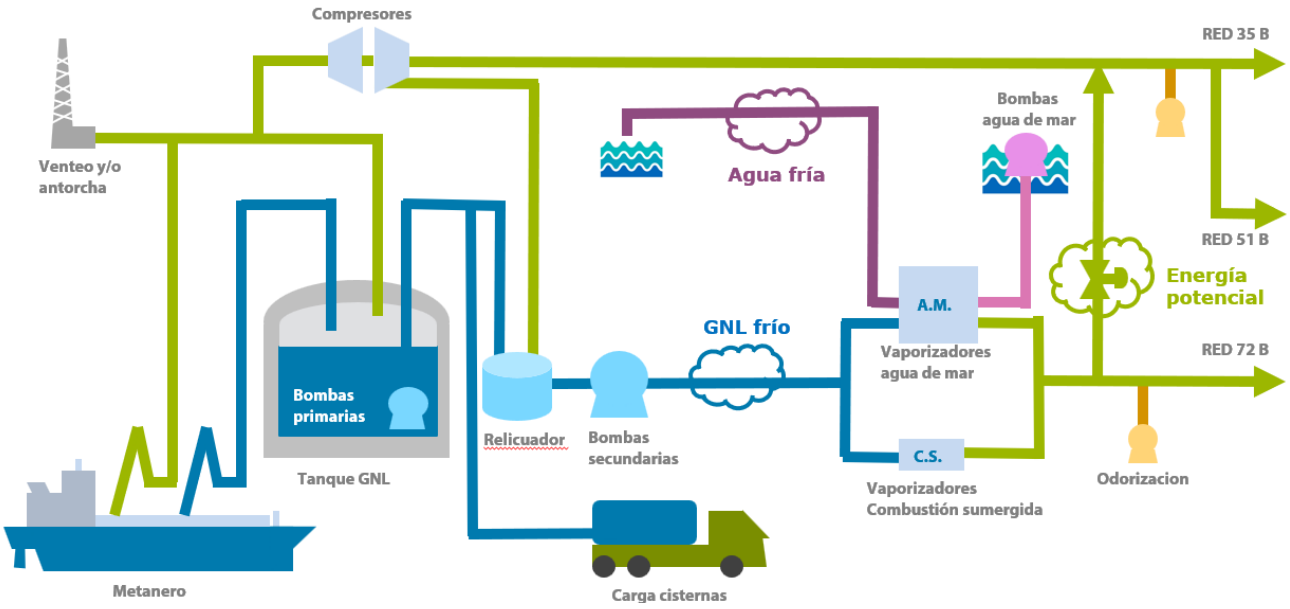


Figura 2.2: Esquema de un terminal de regasificación de GNL (imagen de Enagás)

La figura 2.3 muestra el esquema de la red nacional de gasoductos de transporte de gas natural. La red gasista española se ha desarrollado históricamente para el transporte y distribución de gas natural. No obstante, las infraestructuras actuales están evolucionando para permitir la integración progresiva de gases renovables, especialmente biometano, y, en el futuro, de hidrógeno renovable, contribuyendo así a los objetivos de descarbonización y transición energética.

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.



Figura 2.3: Red nacional de gasoductos de transporte de gas natural (imagen de Enagás)

El **biometano**, una vez acondicionado para cumplir los requisitos de calidad establecidos para su inyección, puede transportarse y distribuirse a través de las mismas infraestructuras utilizadas para el gas natural, incluyendo redes de transporte, distribución y almacenamiento. Desde el punto de vista operativo, puede considerarse plenamente intercambiable con el gas natural dentro de los límites establecidos por la reglamentación y las especificaciones de calidad del sistema gasista.

El **hidrógeno** puede transportarse mediante tuberías específicas o mezclado en determinadas proporciones con gas natural, de acuerdo con las limitaciones técnicas y normativas aplicables. Asimismo, puede almacenarse y transportarse en forma comprimida o licuada. En estado líquido requiere temperaturas criogénicas próximas a −253 °C, significativamente inferiores a las necesarias para la licuación del gas natural.

La progresiva incorporación de hidrógeno renovable a las infraestructuras energéticas requerirá en muchos casos la adaptación de materiales, equipos, sistemas de medida y procedimientos operativos, debido a las diferencias físico-químicas existentes entre el hidrógeno y el gas natural.

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

2.8.2. Gases licuados del petróleo

Los gases licuados del petróleo (GLP) son mezclas comerciales de hidrocarburos en los que el butano o el propano son dominantes.

En condiciones normales de presión y temperatura se encuentran en estado gaseoso, pero, debido a su elevada temperatura crítica, sometidos a presión en recipientes cerrados y temperatura ambiente se licuan y, en consecuencia, están en fase líquida, ocupando un volumen unas 250 veces inferior al que ocuparía en estado gaseoso.

Los GLP se obtienen principalmente en las refinerías de petróleo durante el proceso de destilación del crudo.

También se pueden obtener de los procesos de licuación o regasificación del gas natural cuando los GLP se encuentran asociados al gas natural en sus yacimientos.

La composición y características están regulados por disposiciones oficiales para butano y propano comerciales y GLP de automoción.

Como apunte general, el sector del GLP está considerando el DME (dimetil-éter) como forma descarbonizar el GLP. Es compatible en cierto grado con el GLP y se obtiene mediante un sistema de producción renovable. El CEN/TC 238 recomienda incluirlo dentro de una nueva familia, la 5ª

Las características más importantes son:

Butano Comercial

Característica	Unidades	Límite	
		Máximo	Mínimo
Densidad líquido a 15º C.	kg/m^3		560
Densidad relativa gas			2,04
Presión de vapor man. a 50º C.	bar	7,5	
Poder calorífico inferior	kWh / kg		12,44
Poder calorífico superior	kWh / kg		13,72
Hidrocarburos C2 (etano)	% vol	2	
Hidrocarburos C3 (propano)	% vol	20	
Hidrocarburos C4 (butano)	% vol		80
Hidrocarburos C5 (pentano	% vol	1,5	
Olefinas totales	% vol	20	

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

Propano comercial

Característica	Unidades	Límite	
		Máximo	Mínimo
Densidad líquido a 15º C.	kg/m3	535	502
Densidad relativa gas			1,6
Presión de vapor man. a 37,8º C.	bar	16	10
Poder calorífico inferior	kWh / kg		12,56
Poder calorífico superior	kWh / kg		12,84
Hidrocarburos C2 (etano)	% vol	2,5	
Hidrocarburos C3 (propano)	% vol		80
Hidrocarburos C4 (butano)	% vol	20	
Hidrocarburos C5 (pentano	% vol	1,5	
Olefinas totales	% vol	35	

GLP Automoción

Característica	Unidades	Límite	
		Máximo	Mínimo
Presión de vapor man. a 40º C	bar	15,8	
Ensayo R number		10	
Ensayo Oil number		33	
Índice octano motor (MON)			89
Hidrocarburos C2 (etano)	% vol	2,5	
Hidrocarburos C3 (propano)	% vol		20
Hidrocarburos C4 (butano)	% vol	80	
Hidrocarburos C5 (pentano	% vol	1,5	
Olefinas totales	% vol	6	

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

La distribución se realiza mediante:

- Envases móviles (botellas): Son recipientes cilíndricos de acero con cargas útiles de:

  —12,5 kg de butano comercial. Se utiliza en el mercado doméstico fundamentalmente.

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

—11 kg de propano comercial. Se utiliza en el mercado doméstico y en el mercado comercial de pequeño consumo.

—35 kg de propano comercial. Se utiliza principalmente en el mercado doméstico para grandes consumos (calefacción + agua caliente + cocina) y para usos comerciales e industriales.

- 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.
- Redes de distribución: A partir de un tanque fijo o un conjunto de ellos, donde se almacena en estado líquido, se realiza la distribución en fase gaseosa a cada usuario doméstico, comercial o industrial, mediante una red de canalizaciones de distribución de características similares a las de gas natural.

2.8.3. Aire propanado

Producción y composición

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.

Este tipo de mezclas se utiliza por dos motivos:

- Como complemento o sustitución del gas manufacturado. Ante un aumento de consumo de este gas puede ser interesante emplear aíre propanado en lugar de aumentar la capacidad de la planta. La sustitución comporta reducción de costes al simplificarse el proceso de producción,
- Si se prevé que una zona se conectará con la red de gas natural, puede ser conveniente abastecer inicialmente la zona con aire propanado (de características diferentes a las del caso anterior).

En el primer caso se trata de aire propanado de bajo índice de Wobbe y en el segundo de alto índice de Wobbe.

La tabla 2.10 muestra un ejemplo de la composición y propiedades del aire propanado en ambos casos.

Tabla 2.10: Ejemplo de composiciones de aire propanado

Composición y propiedades	Aire propanado para complemento de gas manufacturado	Aire propanado para intercambio con gas natural
Aire (%)	72,8	44,7
Propano (%)	27,2	55,3
PCS [kcal/m^3(n)]	5.500	13.500
Densidad relativa	1,14	1,3

La figura 2.4 muestra un esquema de una planta de aire propanado en la que la mezcla se realiza mediante eyectores.

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.

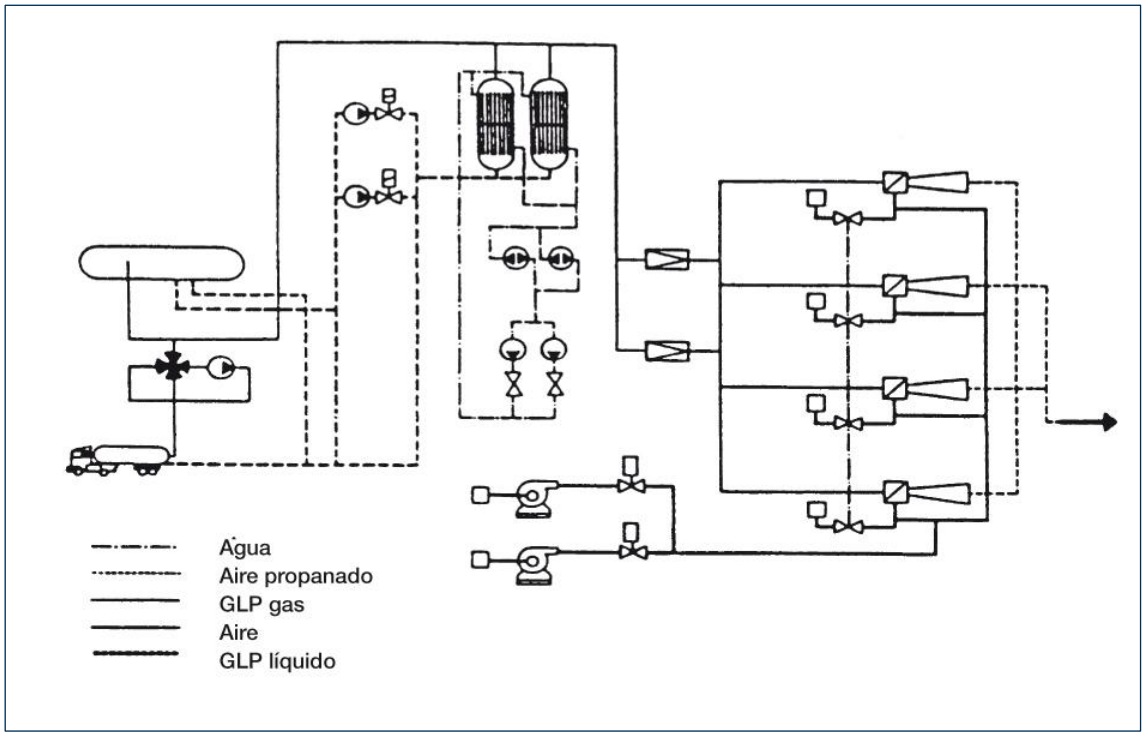


Figura 2.4: Planta de aire propanado

Distribución

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

Este documento es propiedad de Sedigas. Queda prohibida su reproducción o copia total o parcial sin autorización expresa de Sedigas.