



# 3 GAIA: ERREGAI GASEOSOAK

## IKASMATERIALAK

Maite de Blas Martín  
Aitziber Iriondo Hernández  
Blanca M<sup>a</sup> Caballero Iglesias

Bilboko Ingeniaritza Eskola  
Ingeniaritza Kimikoa eta Ingurumenaren Ingeniaritza

## ERREGAI GASEOSOAK

### 3.1. Erregai gaseosen karakterizazioa

#### 3.1.1. Sailkapena. Gas-familiak

#### 3.1.2. Gas naturalaren sorrera-prozesuak

#### 3.1.3. Propietateak eta espezifikazioak

### 3.2. Erregai gaseosen garraioa

#### 3.2.1. Garraio motak

#### 3.2.2. Gasbideen sareak

### 3.3. Erregai gaseosen biltegitratzea

#### 3.3.1. Biltegitratze motak

#### 3.3.2. Aireko biltegitratzea

#### 3.3.3. Birgasifikazio-plantak

# ERREGAI GASEOSOEN KARAKTERIZAZIOA

## SAILKAPENA

Erregai gaseosoak haren **jatorriaren** arabera sailka daitezke:

**Naturalak:** gas naturala (GN), lurrazpiko deposituetan (poltsetan) aurkitzen dena, petrolio eta ikatzarekin batera.

**Manufakturuak:** prozesu industrial desberdinen bidez lortutakoak → labe garaiko gasa, gasogeno-gasa, koke-gasa, petrolio-gas likidotuak (PGL)

- **Biogasa:** hondakin organikoen digestio aerobiotik lortutako erregaia.

**Trukagarritasunaren** arabera gasak familietan sailkatu daitezke: **1. , 2. eta 3. gas-familiak** (ikus 3.1 taula).

Goiko Wobbe indizea =  $W_s = \frac{GBA}{\sqrt{d}}$  → trukagarritasun-parametroa

GBA: gasaren goiko berotze-ahalmena (kcal/m<sup>3</sup>N, MJ/m<sup>3</sup>N, etab.)

d: erregai gaseosoaren dentsitate erlatiboa airearekiko

# ERREGAI GASEOSOEN KARAKTERIZAZIOA

## GAS-FAMILIAK

3.1 taula. Gas-familiak ([UNE-EN 437:2003+A1:2009 Araua](#): Saiakuntza-gasak. Saiakuntza-presioak. Tresnen kategoriak)

| Familia        | Gas motak   | $W_s$<br>(MJ/m <sup>3</sup> N) | Inguruko<br>GBA<br>(kcal/m <sup>3</sup> N) |
|----------------|---|--------------------------------|--|
| 1 <sup>a</sup> | <b>Gas manufaturatuak</b><br>– Naften edo ikatzen gasifikazioaren bidez lortutakoak.<br>– Airearekin diluitutako 2. edo 3. gas-familiako gasen nahasteak. Esaterako, propanodun (% 20) airea, metanodun (% 40) airea. | 22,4–24,8                      | ≈ 4500                                     |
| 2 <sup>a</sup> | <b>Gas naturalak:</b><br>– Gas naturalak eta gas natural sintetikoa.<br>– Propano/butano eta aire nahasteak. Esaterako, propanodun (% 40) airea.  | 39,1–54,7                      | ≈ 9000                                     |
| 3 <sup>a</sup> | <b>Petrolio-gas likidotuak (PGL):</b><br>– Propanoa eta butanoa.  | 72,9–87,3                      | ≈ 25000                                    |

# ERREGAI GASEOSOEN KARAKTERIZAZIOA

## ERREGAI GASEOSOEN ABANTAILAK ETA DESABANTAILAK

Erregai gaseoek zenbait **abantaila** dituzte erregai solido eta likidoekin konparatuta:

- **Manipulazioa errazagoa da.** Izan ere, erabiltzaileari errekontzarako prest heltzen zaizkio, bonbonatan zein gasbideen bitartez.
- **Errekuntza garbiagoa da,** ez-purutasunak ( $H_2S$ , partikulak, etab.) kentzen baitira erre baino lehen.
- **Hidrogeno/karbono erlazio atomikoa handiagoa da.** Beraz,  $CO_2$  konposatuaren isuriak txikiagoak dira.
  - Gas naturala (metanoa):  $H/C = 4/1 = 4$
  - Petrolioia (dekanoa):  $H/C = 22/10 = 2,2$
  - Ikatza (koronenoa):  $H/C = 12/24 = 0,5$

Halaber, **desabantaila** batzuk dituzte: presio atmosferikoan erregai solidoak edo likidoak baino bolumen handiagoa betetzen dute. Hori dela eta, tenperatura txikietan edo presio altuetan biltegitratzen eta garraiatzen dira. Honek, kostu osagarria izateaz gain, istripuak saihesteko neurri gehigarriak hartzea eskatzen du.

# ERREGAI GASEOSOEN KARAKTERIZAZIOA

## GAS NATURALAREN SORRERA-PROZESUAK

Gas naturala, edo zehazki metanoa ( $\text{CH}_4$ ), hiru prozesu naturalen bidez eratzen da; biogenikoa, termogenikoa eta abiogenikoa.

- ✓ **Prozesu biogenikoa.** Horrela ezagutzen da materia organikoaren (zingiretatik, zabortegietatik, arroz-soroetatik, lurperatutako sedimentu organikoetatik eratorritako materia organikoa) deskonposizio-prozesu anaerobioa mikroorganismoen bitartez.



Biogasa:  $\text{CH}_4$  (% 60-70) +  $\text{CO}_2$  +  $\text{CO}$  +  $\text{N}_2$  +  $\text{O}_2$  +  $\text{NH}_3$  +  $\text{H}_2\text{S}$

Prozesu hau lur gaineko geruzetan garatzen da, 2 km-ko sakonera izatera helduz ( $\approx 90^\circ\text{C}$ ).

# ERREGAI GASEOSOEN KARAKTERIZAZIOA

## GAS NATURALAREN SORRERA-PROZESUAK

✓ **Prozesu termogenikoa.** 2 km-ko sakoneran kokatutako arroka sedimentariotan gertatzen da, non 100-500 °C inguruko tenperatura dagoen.

Tenperatura hauek materia organiko sedimentarioak dituen loturak apurtzeko eta CH<sub>4</sub> konposatua sortzeko gai dira.

Prozesu honetan sortzen dira baita ere: etano+propanoa eta hidrokarburo gaseoso astunagoak.

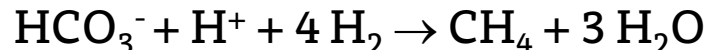
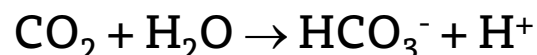
Sortutako gasek migratzen dira tranpa egoki bat aurkitu arte, non atxikita geratzen diren gas aprobetxagarriko hobiak eratuz.

CH<sub>4</sub> mota hau sor daiteke, halaber, ondorengo prozesuen bidez:

- Sakonera handian dagoen petrolioaren deskonposizio termikoa (ikus 2.2 irudia [2. gaian](#)).
- Ikatzaren zahartzapena karbogenesiaren prozesua ematen denean (ikatzaren eraketa-prozesua landare-substantzietatik abiatuta) (ikus 1.1 irudia [1. gaian](#)).

## GAS NATURALAREN SORRERA-PROZESUAK

- ✓ **Prozesu abiogenikoa.** CH<sub>4</sub> konposatua 100 °C-ko tenperaturatik gora ematen den karbono dioxido (CO<sub>2</sub>) eta uraren (H<sub>2</sub>O) arteko erredox erreakzio baten bidez ere eratu daiteke:



Erreakzio hau sakonera handietan ere eman daiteke material ferrosoak dituen magmaren hozketaren ondoren:





# ERREGAI GASEOSOEN KARAKTERIZAZIOA

## PROPIETATE FISIKOAK

Erregai gaseosen propietate garrantzitsuenak hurrengoak dira:

- **Presioa** (Pa-etan edo bar-etan neurtuta manometro baten bidez, ikus 3.1 irudia) eta hornikuntza- edo erabilera-**temperatura** (K-etan edo °C-an).
- **Ihintz-puntua:** kondentsazioa hasten den temperatura, bai ur-lurrunarena zein erregai gaseosoa osatzen duten hidrokarburo astunena.
- **Dentsitatea:**
  - **Absolutua:** gasaren masaren eta bolumenaren arteko erlazioa, temperatura- eta presio-baldintza jakinetan neurtuta ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ,  $\text{kg}\cdot\text{L}^{-1}$ ).
  - **Erlatiboa:** airearekiko neurtzen da (adimentsionala) → gas lehorra, eskuarki temperatura- eta presio-baldintza normaletan neurtuta.



3.1 irudia. Gasen presioa neurtzeko manometroa. Pixabay-en CC0 lizentziapean argitaratutako argazkia [\[1\]](#)

# ERREGAI GASEOSOEN KARAKTERIZAZIOA

## PROPIETATE FISIKOAK

- **Konprimagarritasuna:** presio- eta tenperatura-baldintzak aldatzean, gasek beraien bolumena murrizteko duten ahalmena da. Gasak konprimagarriak izateak, horien garraioa egoera likidotuan gasbideen bidez ahalbidetzen du.

Gas guztiak ezin dira likidotu presio altuak ezartzean. **Tenperatura kritikoa ( $T_c$ )** baino tenperatura altuagoetan ez da posiblea gas bat likidotzea konpresioaren bidez. Gasak  $T_c$ -ren arabera bi taldetan sailkatzen dira, garraioa eta biltegitratzea (3.2 taula) zehazten duena:

- **$T_c$  baxua** (airea,  $O_2$ ,  $N_2$ ,  $CH_4$ , etab.): edozein presioan konprimatu daitezke ( $T > T_c$ ) likidotzea gertatu gabe  $\rightarrow$  biltegitratzea eta garraioa egoera gaseosoan egiten da.
- **$T_c$  altua**, oro har  $T_c > T$  ( $C_3H_8$ ,  $C_4H_{10}$ ,  $CO_2$ , etab.): konprimatzen direnean likidotzen dira  $\rightarrow$  biltegitratzea eta garraioa egoera likidoan egiten da.

**3.2 taula. Gas komertzialen tenperatura kritikoa (iturria: Sedigas, 2011 [2])**

| Gas komertziala | $T_c$ ( $^{\circ}C$ ) |
|-----------------|-----------------------|
| Gas naturala    | -82,5                 |
| Propanoa        | 96,8                  |

# ERREGAI GASEOSOEN KARAKTERIZAZIOA

## PROPIETATE KIMIKOAK

- **Konposizioa:** osagai desberdinen analisiaren bidez adierazten da (% bolumenean). Konposizioa erreferentzia-baldintzatan neurtu ohi da (15 °C eta 1 atm).

3.3. taulan zenbait gas erregaien inguruko konposizioa biltzen da:

- **Gas manufacturatuak:** labe garaiko gasa, gasogeno-gasa, hiri-gasa, koke-labeko gasa.
- **Gas naturalak:** L (*low*) eta H (*high*) gas naturala. L gas naturalak CH<sub>4</sub> konposatuaren eduki txikiagoa du eta berotze-ahalmen txikiagoa, H gas naturalarekin alderatuz. Gas naturalaren konposizioa meatokiaren arabera aldatzen da (ikus 3.4 taula).
- **Biogasak:** digestore-gasa eta zabortege-gasa.
- **Petrolio-gas likidotuak:** propanoa eta butanoa.

Erregai gaseosoen konposizioak errekuntzarekin zerikusia duten beste propietate batzuk baldintzatzen du, besteak beste, berotze-ahalmena, bero espezifiko eta sukoitasun-mugak.

# ERREGAI GASEOSOEN KARAKTERIZAZIOA

## PROPIETATE KIMIKOAK

3.3 taula. Zenbait erregai gaseosoren konposizioa (% bol.). (iturriak: González eta Calventus, 2006<sup>1</sup> eta Engineeringtoolbox [3]<sup>2</sup>)

| Gasa                           | H <sub>2</sub> | CO   | CH <sub>4</sub> | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> | C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> | C <sub>n</sub> H <sub>m</sub> | CO <sub>2</sub> | N <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> S |
|--------------------------------|----------------|------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------|----------------|----------------|------------------|
| Labe garaiko gasa <sup>1</sup> | 4,1            | 21,4 | --              | --                            | --                            | --                             | --                            | 22              | 52,5           | --             | --               |
| Gasogeno-gasa <sup>1</sup>     | 12             | 28   | 0,5             | --                            | --                            | --                             | --                            | 5               | 54,5           | --             | --               |
| Hiri-gasa <sup>1</sup>         | 51             | 18   | 19              | --                            | --                            | --                             | --                            | 4               | 6              | --             | --               |
| Koke-labeko gasa <sup>1</sup>  | 54,5           | 5,5  | 25,3            | --                            | --                            | --                             | 2                             | 2,3             | 9,6            | 0,5            | --               |
| L gas naturala <sup>1</sup>    | --             | --   | 81,8            | 2,8                           | 0,4                           | 0,2                            | 2,3                           | 0,8             | 14             | --             | --               |
| H gas naturala <sup>1</sup>    | --             | --   | 93              | 3                             | 1,3                           | 0,6                            | --                            | 1               | 1              | --             | --               |
| Digestore-gasa <sup>2</sup>    | 0,7            | --   | 64              | --                            | --                            | --                             | --                            | 30              | 2,0            | --             | 0,8              |
| Zabortegi-gasa <sup>2</sup>    | 0,1            | 0,1  | 47              | --                            | --                            | --                             | --                            | 47              | 3,7            | 0,8            | <0,1             |
| Propanoa <sup>2</sup>          | --             | --   | --              | 2,0-2,2                       | 73-97                         | 0,5-0,8                        | --                            | --              | --             | --             | --               |

# ERREGAI GASEOSOEN KARAKTERIZAZIOA

## PROPIETATE KIMIKOAK

3.4 taula. Zenbait gas naturalen konposizioa (% bol.) (Sedigas, 2011 [2]-tik moldatua, <sup>1</sup> Deskarga-terminalaren kokalekua)

| Gas naturala                       | CH <sub>4</sub> | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> | C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> | C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> | ≥C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> | N <sub>2</sub> | CO <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> S |
|------------------------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|----------------|-----------------|------------------|
| Aljeria (Bartzelona <sup>1</sup> ) | 90,991          | 7,492                         | 0,952                         | 0,261                          | 0,017                          | --                              | 0,587          | --              | 0,001            |
| Aljeria (Huelva <sup>1</sup> )     | 89,192          | 8,200                         | 1,622                         | 0,496                          | 0,030                          | --                              | --             | --              |                  |
| Libia                              | 87,365          | 10,963                        | 0,611                         | 0,056                          | --                             | --                              | 0,963          | --              |                  |
| Aljeriako gasbidea                 | 83,600          | 7,610                         | 1,980                         | 0,790                          | 0,230                          | 0,120                           | 5,691          | --              |                  |
| Frantziako konexioa                | 96,696          | 2,327                         | 0,192                         | 0,377                          | 0,010                          | --                              | 0,397          | 0,001           |                  |
| Nazionala                          | 97,649          | 0,255                         | 0,068                         | 0,055                          | 0,013                          | --                              | 1,744          | 0,216           |                  |

# ERREGAI GASEOSOEN KARAKTERIZAZIOA

## ERREKUNTZAREKIN ERLAZIONATURIKO PROPIETATEAK

- **Berotze-ahalmena:** errekuntzan askatutako beroa da ( $\text{kcal}\cdot\text{m}^{-3}\text{N}$ ). Konposiziotik abiatuz kalka daiteke. Goiko berotze-ahalmenaren (GBA) eta beheko berotze-ahalmenaren (BBA) arteko erlazioa xehetasunez azaldu da 1. eta 2. gaietan:

$$\text{BBA} = \text{GBA} - m_v \cdot \lambda_{\text{kond}}$$

$m_v$ :  $\text{kg ur}/\text{m}^3\text{N}$  erregai;  $\lambda_{\text{cond}}$ : uraren kondentsazio-beroa ( $\text{kcal}/\text{kg ur}$ )

Erregai gaseosoaren konposizioa kontuan hartuz:

$$\text{BA} = \sum_{i=1}^n y_i \text{BA}_i$$

$y_i$ :  $i$  osagaiaren frakzio molarra

$\text{BA}_i$  (GBA edo BBA):  $i$  osagaiaren berotze-ahalmena (3.5 taula)

3.5 taula. Zenbait gasen goiko eta beheko berotze-ahalmenak (GBA eta BBA),  $25^\circ\text{C}$  eta  $1\text{ atm}$  (Pulgar eta Olay, 2008)

| Gas                       | GBA ( $\text{kcal}\cdot\text{m}^{-3}\text{N}$ ) | BBA ( $\text{kcal}\cdot\text{m}^{-3}\text{N}$ ) |
|---------------------------|---|---|
| $\text{H}_2$              | 3050  | 2570  |
| $\text{CH}_4$             | 9530  | 8570  |
| $\text{C}_2\text{H}_6$    | 16860   | 15390   |
| $\text{C}_3\text{H}_8$    | 24350   | 22380   |
| $\text{C}_4\text{H}_{10}$ | 32060   | 29560   |
| CO                        | 3030  | 3030  |

# ERREGAI GASEOSOEN KARAKTERIZAZIOA

## ERREKUNTZAREKIN ERLAZIONATURIKO PROPIETATEAK

- **Bero espezifikoa:** gas jakin baten masaren (edo bolumenaren) unitateari eman behar zaion bero-kantitatea bere tenperatura 1 °C igotzeko ( $\text{kcal}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{°C}^{-1}$ ,  $\text{kcal}\cdot\text{m}^{-3}\text{N}\cdot\text{°C}^{-1}$ ).

Bolumen konstantean  $\rightarrow c_V$ .

Presio konstantean  $\rightarrow c_p$ , baina normalean "**c**" moduan izendatzen da.

Bero espezifikoa tenperaturaren araberakoa da; modu generikoan honela adierazten da:

$$c_p = a + bT + cT^2 + dT^3$$

$$c_p = a + bT + CT^2$$

Erregai gaseoso jakin baten bero espezifikoa haren konposiziotik abiatuz kalkula daiteke (ikus 3.6 taula):

$$C_{\text{nahaste gaseosoa}} = \sum_{i=1}^n y_i c_i(T)$$

$y_i$ : i osagaiaren frakzio molarra  
 $c_i$ : i osagaiaren bero espezifikoa

# ERREGAI GASEOSOEN KARAKTERIZAZIOA

## ERREKUNTZAREKIN ERLAZIONATURIKO PROPIETATEAK

3.6 taula. Zenbait gasen bero espezifikoak presio konstantean ( $\text{kcal}\cdot\text{m}^{-3}\text{N}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$ ), 25 °C eta 1400 °C-ko temperatura tartean (Velasco Hurtado, C. J. [4]-tik moldatua)

| Gasa                          | 25 °C | 100 °C | 500 °C | 1000 °C | 1400 °C |
|-------------------------------|-------|--------|--------|---------|---------|
| O <sub>2</sub>                | 0,313 | 0,316  | 0,335  | 0,354   | 0,365   |
| N <sub>2</sub>                | 0,311 | 0,311  | 0,320  | 0,335   | 0,345   |
| Aire lehorra                  | 0,311 | 0,312  | 0,322  | 0,339   | 0,349   |
| CO <sub>2</sub>               | 0,397 | 0,413  | 0,481  | 0,532   | 0,558   |
| SO <sub>2</sub>               | 0,426 | 0,440  | 0,501  | 0,542   | --      |
| H <sub>2</sub> O              | 0,358 | 0,361  | 0,381  | 0,413   | 0,436   |
| H <sub>2</sub>                | 0,301 | 0,309  | 0,312  | 0,318   | 0,325   |
| CO                            | 0,311 | 0,312  | 0,322  | 0,339   | 0,349   |
| CH <sub>4</sub>               | 0,377 | 0,401  | 0,522  | 0,650   | --      |
| C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> | 0,467 | 0,507  | 0,696  | 0,858   | --      |
| C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> | 0,564 | 0,614  | 0,866  | 1,096   | --      |



# ERREGAI GASEOSOEN KARAKTERIZAZIOA

## ERREKUNTZAREKIN ERLAZIONATURIKO PROPIETATEAK

- **Errekuntza-tenperatura teorikoa:** erregai gaseoso jakin baten errekuntza estekiometrikoan lor daitekeen tenperatura maximoa, esparru adiabatikoa kontuan hartuta (ikus 3.7 taula).
- **Inflamazio-tenperatura:** erregai gaseosoaren eta airearen arteko nahaste estekiometrikoa erretzen den tenperatura, gar osagarri batekin kontaktuan jartzen denean (ikus 3.7 taula).
- **Sutze-tenperatura:** erregai gaseosoaren eta airearen arteko nahaste estekiometrikoa modu espontaneoan erretzen den tenperatura, gar osagarriaren laguntzarik gabe.

3.7 taula. Zenbait erregai gaseosoren tenperatura teorikoak eta inflamazio-tenperaturak (Sedigas, 2011 [2]-tik moldatua)

| Gasa                | Tenperatura teorikoa (°C) | Inflamazio-tenperatura (°C) |
|---------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Gas naturala        | 1950                      | 510                         |
| Propano komertziala | 1980                      | 468                         |
| Butano komertziala  | 2005                      | 410                         |

# ERREGAI GASEOSOEN KARAKTERIZAZIOA

## ERREKUNTZAREKIN ERLAZIONATURIKO PROPIETATEAK

Erregai gaseosoaren eta airearen arteko nahaste guztiak ez dira erretzeko egokiak. Errekuntza abiarazteko eta hedatzeko **inflamazio-tenperatura** lortzea beharrezkoa da, tenperatura horretan errekuntzaren hasiera eta jarraitutasuna bermatzen da eta.

- **Sukoitasun-mugak:** erregai/aire bolumenen erlazioak (bolumenaren ehunekotan adierazita) zeinetan, giro presio eta tenperaturan, nahastea sukoa den.
  - **Beheko sukoitasun-muga (BSM):** erregai/aire proportzio minimoa.
  - **Goiko sukoitasun-muga (GSM):** erregai/aire proportzio maximoa.

**BSM** < **Proportzio estekiometrikoa** (beti egonkorra) < **GSM** (3.2 irudia).

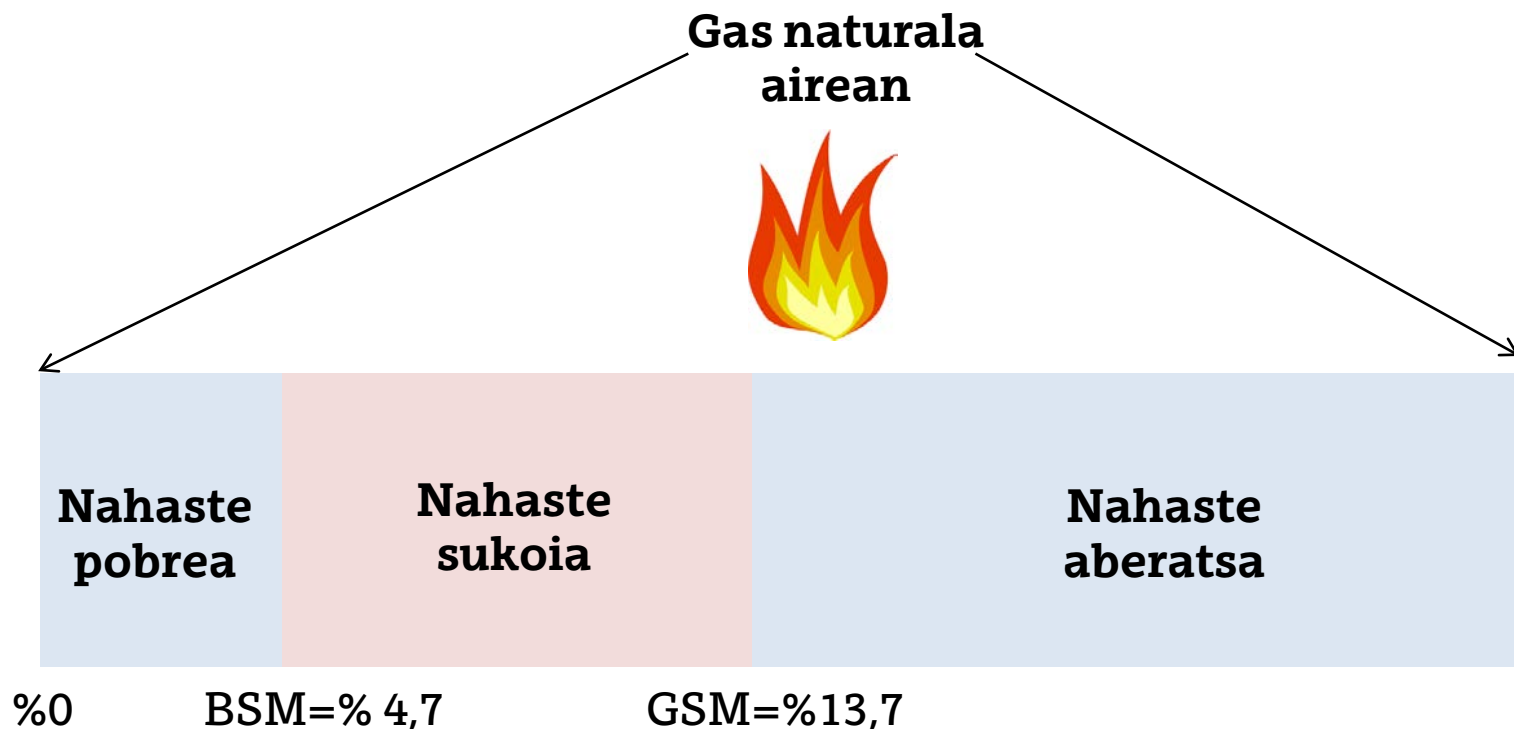
Erregai/aire proportzioa egokia ez bada, garraren tenperatura jaisten da eta sutze-tenperatura ez bada lortzen garra amatatzen da:

**Erregai/aire** < **BSM:** berotu behar den airearen kantitatea handiegia da.

**Erregai/aire** > **GSM:** errekuntza ez da osoa, ez baitago aire nahikorik.

# ERREGAI GASEOSOEN KARAKTERIZAZIOA

## ERREKUNTZAREKIN ERLAZIONATURIKO PROPIETATEAK



3.2 irudia. Gas naturalaren sukoitasunaren eskema (beheko eta goiko sukoitasun-mugak). Egileek egindako irudia bibliografiako datuetatik (Callejón, 2009) eta Pixabay webgunean argitaratutako bektoretik [\[5\]](#)

# ERREGAI GASEOSOEEN KARAKTERIZAZIOA

## ERREKUNTZAREKIN ERLAZIONATURIKO PROPIETATEAK

**Sukoitasun-mugak (SM)** erregaiaren konposiziotik kalkula daitezke **Le Châtelier – Coward** formula erabiliz:

$$SM = \frac{100}{\sum_{i=1}^n \frac{\% V_i}{SM_i}}$$

$\%V_i$  = i gasaren ehunekoa (%) bolumenean.

$SM_i$  = sukoitasun-muga (i gasarena, goikoa edo behekoa). Laborategian determinatzen dira, baldintza kontrolatuetan (ikus 3.8 taula).

**3.8 taula. Zenbait gasen beheko eta goiko sukoitasun-mugak (erregaiaren ehunekoa erregai + aire nahastean), bibliografiako datuetatik moldatua (Callejón, 2009). Halaber, nahaste estekiometrikoaren ehunekoa adierazi da**

| Gasa                           | BSM (%) | GSM (%) | Estekiometrikoa (%) |
|--------------------------------|---------|---------|---------------------|
| H <sub>2</sub>                 | 4,1     | 72,2    | 29,58               |
| CH <sub>4</sub>                | 5,3     | 14      | 9,50                |
| C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>  | 3,2     | 12,5    | 5,66                |
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>  | 2,37    | 9,5     | 4,03                |
| C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> | 1,6     | 8,5     | 3,13                |
| C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> | 1,9     | 8,5     | 3,13                |
| CO                             | 12,9    | 74      | 29,58               |
| C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>  | 2,75    | 28,6    | 6,54                |

# ERREGAI GASEOSOEN KARAKTERIZAZIOA

## ERREKUNTZAREKIN ERLAZIONATURIKO PROPIETATEAK

- **Garraren hedapen-abiadura ( $v_p$ ):** garra aire/gas nahastean zehar hedatzen den abiadura, nahastearen presio- eta tenperatura-baldintzen, bolumen-proporzioaren eta erregailuaren sarreraren araberakoa da.

Erregai/aire nahastea sukoitasun-mugen artean dagoenean, **errekuntza** nolabaiteko abiadurarekin **hedatzen da**. Oinarrizko mekanismoa beroaren eroapena da, masa gaseosoaren zona batetik bestera. Horrela, errekuntza gertatzeko beharrezkoa den sutze-tenperatura lortzen da.

Garra errekuntza argi-igorpenarekin gertatzen den zona da, gorian dauden molekulei eta atomoei zor zaiona.

Errekuntza egonkorra izan dadin, **garraren hedapen-abiadura ( $v_p$ )** eta erregai-aire nahasteak osatzen duten **gar-frontearen hedapen abiadura ( $v_f$ )** berdindu behar dira:

$$\text{Errekuntza egonkorra: } v_f = v_p$$

Garraren hedapen-abiadura erregai motaren araberakoa da.

# ERREGAI GASEOSOEN KARAKTERIZAZIOA

## ERREKUNTZAREKIN ERLAZIONATURIKO PROPIETATEAK

### ▪ Garraren hedapen-abiadura ( $v_p$ )

Hasierako garraren hedapen-abiadura maximoa ( $v_{p, \max}$ ) erregai gaseoso jakin baten errekontza-prozesua hasten den abiadura maximoa da. Neurketa egiteko unitateak  $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$  dira. Erregai/aire proportzioa beheko sukoitasun-mugaren (BSM) eta goiko sukoitasun-mugaren (GSM) artean egon behar da eta proportzio estekiometrikotik gertu egon ohi da. 3.9 taulan zenbait erregai komertzialen sukoitasun-mugak eta  $v_{p, \max}$  biltzen dira.

3.9 taula. Zenbait erregai gaseosoren beheko sukoitasun-muga (BSM), goiko sukoitasun-muga (GSM) eta  $v_{p, \max}$  (Sedigas, 2011 [2]-tik moldatua)

| Gasa                | BSM (%) | GSM (%) | $v_{p, \max}$ ( $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ ) |
|---------------------|---------|---------|---|
| Propano komertziala | 2,4     | 9,5     | 40  |
| Butano komertziala  | 1,8     | 8,4     | 40  |
| Gas naturala        | 4,7     | 13,7    | 35  |
| Hiri-gasa           | 5,8     | 45,6    | 70  |

# ERREGAI GASEOSOEN KARAKTERIZAZIOA

## ERREKUNTZAREKIN ERLAZIONATURIKO PROPIETATEAK

- **Trukagarritasuna:** erregailu berean erregai gaseoso bat beste batekin ordezkatzeko aukerari deritzo, funtzionamenduaren baldintza optimoak mantenduz. Bi erregai gaseoso trukagarriak dira sare edo instalazio berean berdinki erabil daitezkeenean emariaren eta presioaren baldintza berdinetan, sisteman inolako doikuntzarik ezta aldaketarik egin gabe. Mantentzen diren aldagaiak:
  - **Potentzia termikoa** (kcal/h, kW eta bestelako unitateetan adierazita).
  - **Errekuntza higienikoa** (% CO < 1000 ppm), kedarrik ekoiztu gabe.
  - **Garraren egonkortasuna**, hurrengo fenomenoak gertatu gabe (3.3 irudia):
    - ✓ **Garraren aurrera-egitea:**  $v_f > v_p$ . Garra erregailuaren aho-muturretik progresiboki aldentzen da, **puztearen** bidez itzali arte (gazteleraz "por soplado").
    - ✓ **Garraren atzera-egitea:**  $v_f < v_p$ . Garra erregailuaren aho-muturrera progresiboki hurbiltzen da, bertara heldu eta itzali arte (gazteleraz "por calado").

# ERREGAI GASEOSOEN KARAKTERIZAZIOA

## ERREKUNTZAREKIN ERLAZIONATURIKO PROPIETATEAK

Trukagarritasuna adierazteko irizpide desberdinak daude. Delbourg-en irizpidea da erabiliena, bi parametro erabiltzen dituena:

- **Wobbe indizea (W):** gasaren berotze-ahalmenaren (bolumen-unitateko) eta dentsitate erlatiboaren erro karratuaren arteko zatidura:

**Goiko Wobbe indizea:**

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

**Beheko Wobbe indizea:**

$$W_i = \frac{BBA}{\sqrt{d}}$$

- **Errekuntza-potentziala (C):** gasaren errektuntzan sortutako garraren hedapen-abiaduraren zeharkako neurketa (proporzionala) da. Garraren atzera- edo aurrera-egitearen joera adierazten du.

$$C = \frac{\sum a_m v_m}{\sqrt{d}}$$

C: errektuntza-potentziala

$v_m$ : gasaren osagai bakoitzaren % bolumenean

$a_m$ : gas bakoitzaren araberako konstantea (ikus 3.10 taula)

d: gasaren dentsitate erlatiboa airearekiko



# ERREGAI GASEOSOEN KARAKTERIZAZIOA

## ERREKUNTZAREKIN ERLAZIONATURIKO PROPIETATEAK

Delbourg-en irizpideak ez du **punta horien fenomeno**a (ikus 3.3 irudia) kontuan hartzen, garraren muturretan karbono-partikula gorien krakeatzearen ondorioz gertatzen dena.

**3.3 irudia. Punta horien fenomeno**a gas naturalaren erregailu batean, **Pxhere** webgunean CO lizentziapean argitaratutako argazkia [6]



Zenbat eta C parametroaren balioa handiagoa izan, garra laburragoa da eta garraren atzera-egitea gertatzeko joera handitzen da. Zenbat eta C parametroaren balioa txikiagoa izan, garra luzeagoa da eta garraren aurrera-egitea gertatzeko aukera handitzen da (ikus 3.4. irudia).

**3.10 taula. Ohiko gasen  $a_m$  konstantearen eta dentsitate erlatiboaren balioak (Pulgar eta Olay, 2008)**

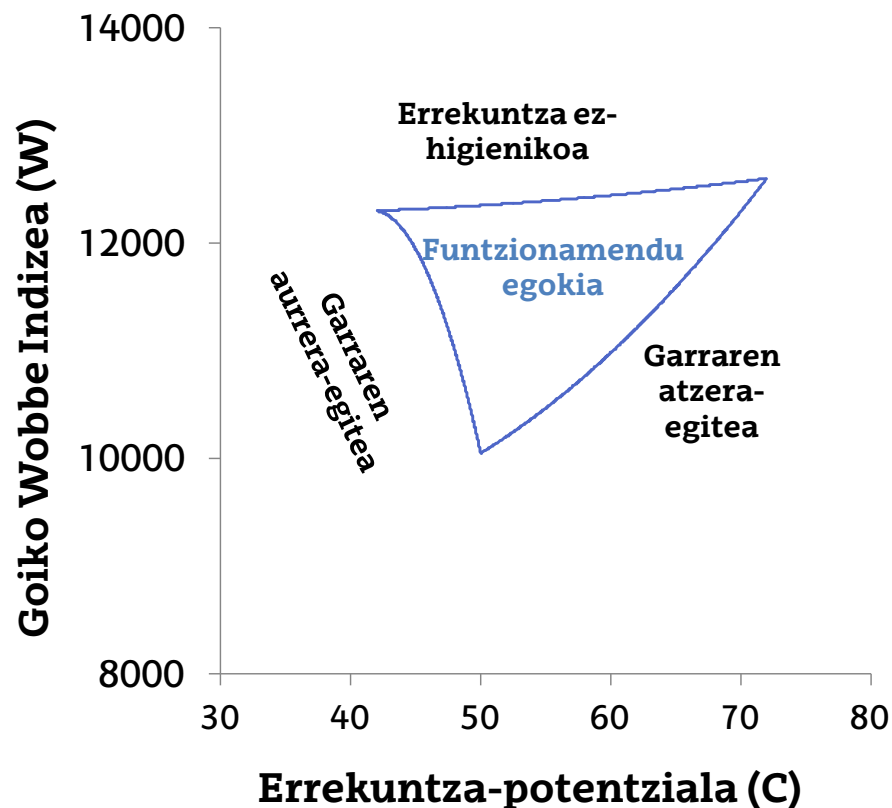
| Gasa            | $a_m$ (max) | d     | Gasa                           | $a_m$ (max) | d     |
|-----------------|-------------|-------|--------------------------------|-------------|-------|
| H <sub>2</sub>  | 1,00        | 0,007 | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>  | 0,75        | 1,046 |
| CO              | 0,70        | 0,967 | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>  | 0,95        | 1,547 |
| CH <sub>4</sub> | 0,30        | 0,554 | C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> | 1,00        | 2,071 |

# ERREGAI GASEOSOEN KARAKTERIZAZIOA

## ERREKUNTZAREKIN ERLAZIONATURIKO PROPIETATEAK

3.4. irudian gas-familia jakin baten trukagarritasun-diagrama adierazi da (1. edo 2. gas-familiakoa, normalean 3. gas-familiako erregai gaseosoak ez baitira trukutzen).

Bi gas trukagarriak izango dira bakoitzaren (C, W) puntuak kalkulatu ondoren, hauek grafikoaren **funtzionamendu egokiko** eremuan kokatzen badira. Hortaz, garraren atzera-eta aurrera-egitea ez dira gertatzen eta errekontza **higienikoa** da.



3.4 irudia. Trukagarritasun-diagrama. Egileen irudia (Sedigas, 2011 [2]-tik moldatutakoa)

# ERREGAI GASEOSOEN KARAKTERIZAZIOA

## ERREKUNTZAREKIN ERLAZIONATURIKO PROPIETATEAK

Espainiako gas-sistemaren sarrera-puntuetan sartutako gas naturalak hurrengo ebazpenean agertzen diren espezifikazioak bete behar ditu: *2011ko irailaren 22ko Ebazpena, Politika Energetiko eta Meatzeen Zuzendaritza Nagusiarena, zeinetan gas-sistemaren kudeaketa teknikoaren arauetako PD-01 "neurketa" xehetasuneko protokoloa aldatzen den (ikus 3.11 taula).*

**Petrolio-gas likidotuen** espezifikazioak (propano komertziala 3.12 taulan eta butano komertziala 3.13 taulan) hurrengo Errege Dekretuan zehazten dira: *Urtarrilaren 31ko 61/2006 Errege Dekretua, gasolina, gasolio, fuel-olio eta petrolio-gas likidotuen zehaztapen teknikoei eta zenbait bioerregaien erabilerari dagokienez.*

# ERREGAI GASEOSOEN KARAKTERIZAZIOA

## ERREGAI GASEOSOEN ESPEZIFIKAZIOAK. GAS NATURALA

3.11 taula. Gas-sisteman sartutako gasaren espezifikazioak [7]

| Propietatea                       | Unitate                        | Minimoa         | Maximoa |
|-----------------------------------|--------------------------------|-----------------|---------|
| Wobbe indizea                     | kWh/m <sup>3</sup>             | 13,403          | 16,058  |
| GBA                               | kWh/m <sup>3</sup>             | 10,26           | 13,26   |
| d                                 | m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> | 0,555           | 0,700   |
| S totala                          | mg/m <sup>3</sup>              | -               | 50      |
| H <sub>2</sub> S + COS (S moduan) | mg/m <sup>3</sup>              | -               | 15      |
| RSH (S moduan)                    | mg/m <sup>3</sup>              | -               | 17      |
| O <sub>2</sub>                    | % mol                          | -               | [0,01]  |
| CO <sub>2</sub>                   | % mol                          | -               | 2,5     |
| H <sub>2</sub> O (Ihintz-puntua)  | °C 70 bar-etan                 | -               | +2      |
| Hidrokarburoak (Ihintz-puntua)    | °C a 1-70 bar-etan             | -               | +5      |
| Hautsa/partikulak                 | -                              | Teknikoki purua |         |

\* Taula erreferentziako baldintzatan adierazita: [0 °C; V (0 °C: 1,01325 bar)]

# ERREGAI GASEOSOEN KARAKTERIZAZIOA

## ERREGAI GASEOSOEN ESPEZIFIKAZIOAK. PROPANOA

### 3.12. Propano komertzialaren espezifikazioak [8]

| Ezaugarriak                                      |                               | Mugak                 |                         |
|--|-------------------------------|-----------------------|-------------------------|
|  |                               | Minimoa               | Maximoa                 |
| Dentsitatea (15 °C)                              |                               | 0,502 kg/L            | 0,535 kg/L              |
| Hezetasuna                                       |                               | Salbuetsia            |                         |
| Sufre-edukia                                     |                               | –                     | 50 mg·kg <sup>-1</sup>  |
| Korrosioa  |                               | –                     | 1 b (eskalaren arabera) |
| Lurrun-presioa (37,8 °C)                         |                               | 10 kg/cm <sup>2</sup> | 16 kg/cm <sup>2</sup>   |
| Hondakin lurrunkorra (% 95aren lurrunketa, bol.) |                               | –                     | -31 °C                  |
| H <sub>2</sub> S                                 |                               | Negatiboa             |                         |
| BBA  |                               | 10800 kcal/kg         |                         |
| GBA  |                               | 11900 kcal/kg         |                         |
| Konposizioa<br>(% bol.)                          | Hidrokarburoak C <sub>2</sub> | –                     | 2,5                     |
|  | Hidrokarburoak C <sub>3</sub> | 80                    | –                       |
|  | Hidrokarburoak C <sub>4</sub> | –                     | 20                      |
|  | Hidrokarburoak C <sub>5</sub> | –                     | 1,5                     |
|  | Olefina totalak               | –                     | 35                      |
|  | Diofelinak + azetilenok       | <1.000 ppm            |                         |
| Usaina   |                               | Bereizgarria          |                         |

# ERREGAI GASEOSOEN KARAKTERIZAZIOA

## ERREGAI GASEOSOEN ESPEZIFIKAZIOAK. BUTANOA

3.13 Taula. Butano komertzialaren espezifikazioak [8]

| Ezaugarriak                                      |                               | Mugak                 |                         |
|--|-------------------------------|-----------------------|-------------------------|
|  |                               | Minimoa               | Maximoa                 |
| Dentsitatea (15 °C)                              |                               | 0,560 kg/L            | –                       |
| Banatutako ura                                   |                               | Gabezia               |                         |
| Sufre-edukia                                     |                               | –                     | 50 mg·kg <sup>-1</sup>  |
| Korrosioa  |                               | –                     | 1 b (eskalaren arabera) |
| Lurrun-presioa (50 °C)                           |                               | 10 kg/cm <sup>2</sup> | 7,5 kg/cm <sup>2</sup>  |
| Doctor testa                                     |                               | Negatiboa             |                         |
| H <sub>2</sub> S                                 |                               | Negatiboa             |                         |
| Hondakin lurrunkorra (% 95aren lurrunketa, bol.) |                               | –                     | +2                      |
| BBA  |                               | 10700 kcal/kg         |                         |
| GBA  |                               | 11800 kcal/kg         |                         |
| Konposizioa<br>(% bol.)                          | Hidrokarburoak C <sub>2</sub> | –                     | 2,0                     |
|  | Hidrokarburoak C <sub>3</sub> | –                     | 20                      |
|  | Hidrokarburoak C <sub>4</sub> | 80                    | –                       |
|  | Hidrokarburoak C <sub>5</sub> | –                     | 1,5                     |
|  | Olefina totalak               | –                     | 20                      |
|  | Diofelinak + azetilenok       | <1.000 ppm            |                         |
| Usaina   |                               | Bereizgarria          |                         |

# ERREGAI GASEOSOEN GARRAIOA

## GARRAIO MOTAK

Garraio mota erabilienak erregai gaseosoentzako ondokoak dira :

1. Errepidez, **kamioiak** erabiliz.
2. Itsasbidez, **gas-itsasontzien** bidez, eta gas naturalaren (GN) kasuan metano-itsasontzi moduan izendatuak.
3. Hodiak, kasu honetan **gasbideak** deituak.
4. Aurrekoen konbinazio desberdinak.

Garraio mota baten edo bestearen hautaketa baldintza desberdinen funtziopean egiten da, adibidez:

- Erauzketa- eta merkatu-eremuen tamaina eta topografia.
- Garraiatu beharreko lehengai-/produktu-kantitatea.
- Kostua (garraio, mantentze-lanak, ...).

## ERREGAI GASEOSOEN GARRAIOA

### KAMIOIAK

Garraio mota hau, lurrean zehar egindakoa, erregai gaseosen hodian bidezko garraio aukerarik ez dagoenean erabiltzen da. 2. gaian adierazi denaren arabera, kamioi mota desberdinak daude.

Likidotutako gasen kasuan, hala nola, gas natural likidotua (GNL) edo PGL garraiatzeko, erabili ohi diren kamioiak **helburu espezifikoak** eta **zisterna mota**koak dira.

- Zisterna hutseko edo poliuretanozko isolatzailea duen krosko bikoitzekoa da, ihesak ekiditen duena.
- Gainera, panel laranjen bidezko seinaleztapen berezia aurkezten dute (3.5 irudia), bere helburua garraiatzen duten merkantzia identifikatzea izanik. Kasu berezi honetan, merkantzia arriskutsua izaten da.

|   | PGL  | GNL  |
|---|------|------|
| Arriskugarritasunaren identifikazio-zenbakia:                     | 263  | 223  |
| Produktuaren identifikazio-zenbakia (Nazio Batuen (UN) zenbakia): | 1071 | 1972 |

**3.5 irudia. GNL eta PGLentzako identifikazio-panelak. Egileen irudia**



## ERREGAI GASEOSOEN GARRAIOA

### GAS-ITSASONTZIAK

- Tanke-itsasontziak ere deituak (erregai likidoentzako bezala, 2. gaia), itsasbidetik **egoera likidoan dauden produktuak**, hala nola, GNL eta PGLak biltegitzeko, garraiatzeko eta deskargatzeko erabiltzen dira.
  - Egoera likidoan egiten den garraiorako, likidoak **likidotze-prozesu** batetik pasarazten dira.
- Normalean, itsasontzi hauen propulzioa edo mugimendua biltegitze tankeetako **“boil-off”**-a aprobetxatuz egiten da.
  - “Boil-off”: bero-sarreraren kausaz lurruntzen den likidotutako gasaren zatiari deritzo.
- Karga-kapazitatea **25000** eta **270000 m<sup>3</sup>**-en artean alda daiteke.

Itsasoko karga-tokietan kargatzen eta deskargatzen dute.

Gaur egun, itsasontzi erabilienak **tanke askeak** eta **mintzezkoak** aurkezten dituztenak dira.

## ERREGAI GASEOSOEN GARRAIOA

### GAS-ITSASONTZIAK

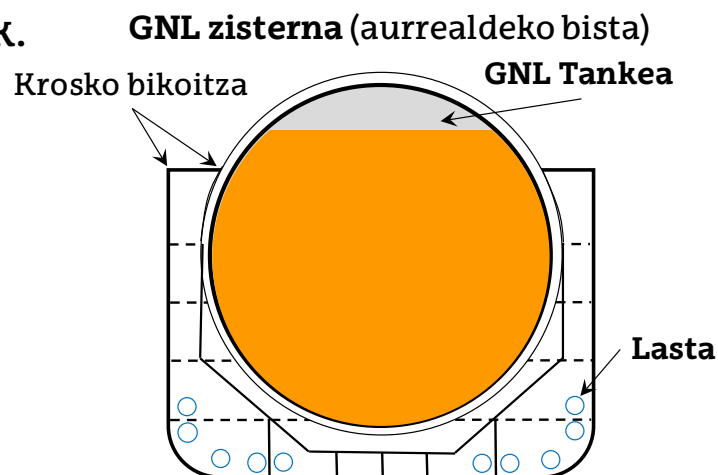
**Tanke askeek**, ez dute kroskoren egituran parte hartzen eta tankeak berak produktuaren eramaile funtzioak betetzen ditu (gazteleraz: "autoportante"). Askeak direnez, garraiatuko den kargaren banaketa mesedetzen da.

Normalean tankeak aluminioz, altzairuz edo altzairu aleatuaz egiten dira eta material plastikoez (PVC, poliuretanoa edo beira-zuntza) isolatzen dira.

- **A mota**, forma **prismatiko-laua**.
- **B mota**, forma **esferikoa** (3.6 eta 3.7 irudiak), normalean Kvaemer Moss edo Moss Rosenberg deituak.



**3.6 irudia. Zisterna esferikoko metano-itsasontzi baten alboko bista. Egileen irudia**



**3.7 irudia. Tanke esferiko baten aurrealdeko bista. Egileen irudia**

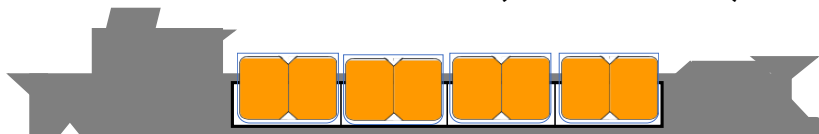
# ERREGAI GASEOSOEN GARRAIOA

## GAS-ITSASONTZIAK

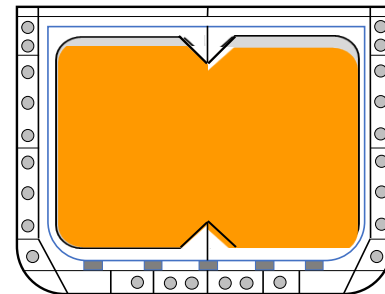
**Mintzezko tankeek** (3.8 eta 3.9 irudiak) ez dute produktuaren eramaile funtzioak betetzen, kroskoaren egituran nolabaiteko integrazio-gradua daukate eta kubiertako egitura prismatikoagatik bereizten dira. Teknologia honek **bi hesi** erabiltzen ditu:

- **Lehenengo** hesiak, altzairu aleatua (Invar) edo altzairu herdogaitz izurtukoa, faktore desberdinek (tenperatura-aldaketa, karga-pisua, eta abar) sortzen dituzten deformazioak jasaten eta absorbatzen ditu.
- **Bigarren** hesia, gainezarritako egurrezko xaflez (Triplex) egindakoa edo Invar-ekoa, gas likidotuaren isuria egotekotan bertan edukitzeko erabiltzen da.
- Krosko eta hesien artean **isolatzaile** geruza bat (perlita edo poliuretanoa) erabiltzen da.

GNL itsasontzia (alboko bista)



**3.8 irudia. Mintzezko zisterna duen metano-itsasontzi baten alboko bista. Egileen irudia**



**3.9 irudia. Mintzezko tanke baten aurrealdeko bista. Egileen irudia**

# ERREGAI GASEOSOEN GARRAIOA

## GASBIDEA

Distantzia handietan **gasak (gas egoeran)** garraiatzen dituzten hodie eta erantsitako instalazioei gasbidea deitzen zaie.

Gasbide-sare baten egitura oliobideek aurkezten dutenaren antzekoa da, azken hauetatik eratorritako ideia bat delako.

- Desberdintasun nagusia zera da, gasbide-sareek konpresio-estazioak dituztela ponpaketa-estazioen ordez.

Abantailak:

- Etengabeko garraio eta itzulera elementurik gabekoa.
- Erabilitako presioek profil orografikoak garraioan eraginik ez izatea mesedetzen dute.
- Ekonomikoa erabilitako espazioari dagokionez.
- Segurua eta klimaren eraginik gabekoa.
- Mantentze-lan erraza eta pertsonalaren behar gutxikoa (ikuskapen eta datuen eskuratze-aplikazioak erabiltzen dituztelako).

# ERREGAI GASEOSOEN GARRAIOA

## GASBIDEA

Oliobideen eta polibideen bezala (ikus [2. gaia](#)), erregaien garraio mota hau seguruena da eta kostuari dagokionez, ekonomikoenetako bat.

Kokapenaren arabera gasbideak ondoren adierazten den bezala sailka daitezke:

- *"Onshore"* (lurrean edo lurperatuta) (3.10 eta 3.11 irudiak)
- *"Offshore"* (itsasoan)

\*Batak bestearekiko agertzen dituen abantailak [2. gaian](#) deskribatzen dira.

**3.10 irudia. Lurperatutako gasbide baten seinaleztapena. Sergio Panei-k Wikipedian CC BY 3.0 lizentziarekin argitaratutako argazkia [\[9\]](#)**



**3.11 irudia. Aireko gasbide baten zatia. Presidencia de la República Mexicana-k flickr-en CC BY 2.0 lizentziarekin argitaratutako argazkia [\[10\]](#)**

# ERREGAI GASEOSOEN GARRAIOA

## GASBIDEA

Gasbideen ezaugarri nagusiak ondorengoak dira:

- Batez ere altzairuzkoak izaten dira.
- Konexioa soldaduren bidez egiten da.
- Normalean lurperatuta eraikitzen dira, eta gehienetan 1 m-ko sakoneran.
- Erabilitako presioa handia da (20 eta 100 bar bitartekoa).
- Lurperatzen diren kasurako, hauek estaldurekin (babes pasiboa) edo babes katodikoarekin (babes aktiboa) korrosioaren kontra babesten dira.
  - **Kanpo-estaldurak** (poliuretanozko pinturak eta alkaterna) gasbidea lurretik elektrikoki isolatzeko erabiltzen dira.
  - **Barne-estaldurak** (epoxi erretxinak) garraioak sortutako higadura saihesteko erabiliak. Gasan dauden  $H_2S$  konposatuaren kantitate txikien presentziak eragiten duen  $FeS$  konposatuaren eraketa ere ekiditen dute.
  - **Babes katodikoa** egiturak lurrarekiko duen potentziala murrizteko erabiltzen da.

# ERREGAI GASEOSOEN GARRAIOA

## GASBIDEA

Oliobideen kasuan bezala (ikus 2. gaia), gasbide baten diseinuak edo dimentsionaketak ondorengo ezaugarriak ezagutzea edo ezartzea behar ditu:

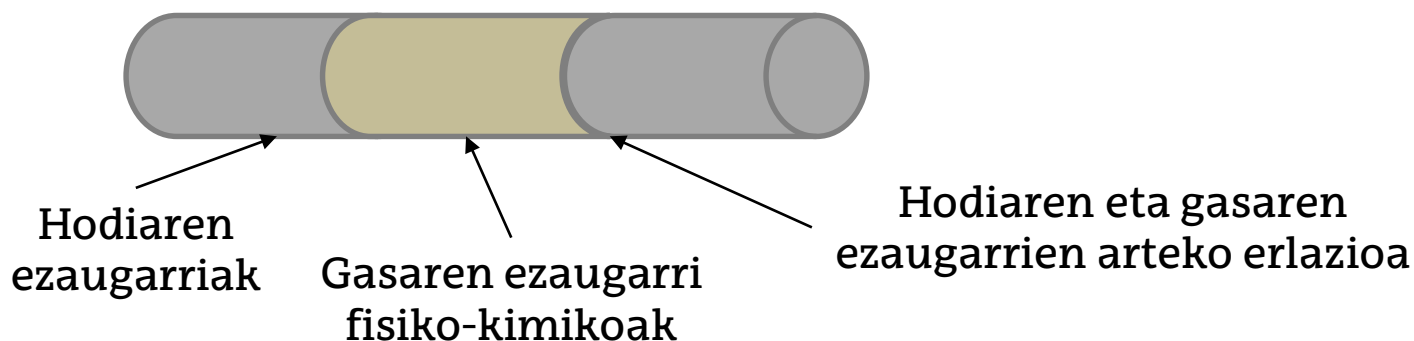
- Garraio-kapazitatea, zeina gasbide batentzako  $m^3$  (baldintza normaletan,  $0\text{ }^\circ\text{C}$  eta  $1\text{ atm-n}$ )/urteko definitzen den.
- Hodiaren erabilera-koefizientea (Cu).
- Garraiatuko den produktuaren ezaugarri fisiko-kimikoak, gasbide baten kasuan izanik: bolumen-konposizioa, zeinaren bidez pisu molekularra determinatu daitekeen, pisu espezifikoa, biskositate-zinematikoa garraio-tenperaturan eta konprimagarritasuna.
- Ibilbidearen profil-altimetrikoa.
- Lur-eremuaren ezaugarri fisiko-kimikoak.
- Garraio-tenperatura.

## ERREGAI GASEOSOEN GARRAIOA

### GASBIDEEN DIMENTSIONAKETA

Gasbideen dimentsionaketan oliobideen diseinuan (ikus 2. gaia) erabilitako prozedura eta pausu berdinak kontuan izaten dira, 3.12 irudian agertzen direnak. **Desberdintasuna** erabili beharreko diseinu-ekuazioetan aurkitzen da, garraiatu beharreko fluidoa kasu batean **likidoa (oliobidea)** delako eta bestean **gasa (gasbidea)**.

- Hodiaren ezaugarriak.
- Garraiatuko den fluidoaren ezaugarri fisiko-kimikoak.
- Hodiaren eta fluidoaren ezaugarrien arteko erlazioa.
- Hodian zehar ematen diren presio-/karga-galerak.



**3.12 irudia. Gas bat garraiatzen duen hodi baten eskema. Egileen irudia**



# ERREGAI GASEOSOEN GARRAIOA

## GASBIDEEN DIMENTSIONAKETA

- Hodiaren ezaugarriak, hodiaren barneko diametroarekin ( $D$ ) eta lodierarekin ( $e$ ) erlazionatuta daude. Parametro biak ondorengo ekuazio matematikoen bidez kalkulatzen dira:

Barne diametroaren ( $D$ ) kalkulua egiteko lehen hurbilketa:

$$D^2 = \frac{353,68 \cdot Q \cdot Z_m}{P_m \cdot v}$$

$$P_m = \frac{2}{3} \left[ (P_1 + P_2) - \frac{P_1 - P_2}{P_1 + P_2} \right]$$

$D$  = barneko diametroa (mm);  $Q$  = emaria ( $\text{Nm}^3/\text{ordu}$ )

$v$  = abiadura (7-10 m/s)

$P_m$  = batezbesteko presioa ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

$Z_m$  = konprimagarritasun-faktorea batezbesteko presioan (grafiko bidezko determinazioa)

$P_1$  = hasierako presioa ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

$P_2$  = bukaerako presioa ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

Lodieraren kalkulua:

$$e = \frac{P \cdot D_e}{2 \cdot S \cdot F \cdot E \cdot T}$$

$e$  = lodiera (mm) ;  $P$  = lan-presio max. ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

$D_e$  = kanpoko diametroa (mm)

$S$  = materialaren muga-elastikoa ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

$F$  = eraikuntza motaren araberako koefizientea (ANSI B31-8)

$E$  = hodiaren fabrikazio-prozeduraren araberako juntura-faktorea (ANSI B31-8)

$T$  = temperatura-faktorea (ANSI B31-8)

# ERREGAI GASEOSOEN GARRAIOA

## GASBIDEEN DIMENTSIONAKETA

- Gasaren **ezaugarri fisikoak**. Gasbide batetik garraiatuko den gasaren ezaugarri fisiko garrantzitsuenak dira:
  - Pisu molekularra.
  - Pisu espezifikoa.
  - Biskositate zinematikoa garraio-tenperaturan.
  - Konprimagarritasun-koefizientea presio eta temperatura baldintza desberdinetan.

Gasaren tenperatura zehaztuta dago, oliobideen kasuan bezala, hodia pasatzen duen lurzoruari dagokiona delako.

# ERREGAI GASEOSOEN GARRAIOA

## GASBIDEEN DIMENTSIONAKETA

- Hodiaren eta gasaren ezaugarrien arteko erlazioa. Aipatutako erlazioa Reynolds zenbakiarekin eta marruskadura-faktorearekin (ikus 2. gaia) ezartzen da.

Reynolds zenbakiaren (Re) kalkulua

$$\boxed{Re = 354 \frac{Q}{D \cdot \nu}}$$

$\left\{ \begin{array}{l} Q = \text{emaria (Nm}^3\text{/ordu)} \\ D = \text{barneko diametroa (m)} \\ \nu = \text{eragiketa baldintzetako biskositate-zinematikoa} \\ \text{(cSt = mm}^2\text{/s)} \end{array} \right.$

Marruskadura-faktorearen (f) kalkulua Reynolds zenbakia kalkulatu ondoren egiten da. Formula erabiliena Colebrook-ena da.

$$\boxed{\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left( \frac{\varepsilon}{3,7 \cdot D} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right)}$$

$\left\{ \begin{array}{l} f = \text{marruskadura-faktorea} \\ \varepsilon = \text{hodiaren zimurtasun-absolutua (m)} \\ D = \text{barneko diametroa (m)} \\ Re = \text{Reynolds zenbakia} \end{array} \right.$

Moody diagrama ere erabiltzen da marruskadura-faktorea grafikoki kalkulatzeko.

## ERREGAI GASEOSOEN GARRAIOA

### GASBIDEEN DIMENTSIONAKETA

- Hodiaren **karga-galera**. Kontuan izanik gasbideek gasa garraiatzen dutela, egoera egonkorreko energia ekuazioa (ikus **2. gaia**) ondoren laburtzen den moduan adieraziko litzateke:

$$P_1^2 - P_2^2 = 5,42 \cdot 10^3 \cdot \frac{Q_s^2}{D^5} \cdot f \cdot L \cdot \gamma \cdot T_m \cdot Z_m$$

$P_1$  = hasierako presioa (kg/cm<sup>2</sup>)

$P_2$  = bukaerako presioa (kg/cm<sup>2</sup>)

$Q_s$  = 15 °C-ko emari estandarrean (m<sup>3</sup>/ordu)

$D$  = barneko diametroa (mm)

$f$  = marruskadura-faktorea

$L$  = hodiaren luzera (km)

$\gamma$  = gasaren pisu espezifikoa airearekiko

$T_m$  = garraio-tenperatura (K)

$Z_m$  = konprimagarritasun-faktorea batezbesteko presioan

# ERREGAI GASEOSOEN GARRAIOA

## GASBIDEEN SAREAK

Gasbideek gas-sistemako **garraio-sareak** (presio altuko sarea) osatzen dituzte. Gainera, presio handietan lan egiten dute, distantzia handiek eragiten dituzten galerak ahalik eta txikienak izan daitezzen.

Garraio-sare **motak** ondorengoak dira:

- Sare nagusia: zerbitzu-presioa (PS)  $> 60$  bar.
- Sare sekundarioa:  $16 \text{ bar} < \text{PS} < 60$  bar.

Garraio-sareak kontsumitzaileen **banaketa-sarea** (presio baxuko sarea edo **garraio-sare tertziarioa**) hornitzen du.

Banaketa-sare **motak** ondorengoak dira:

- Presio altukoa:  $4 \text{ bar} < \text{PS} < 16$  bar.
- Presio ertainekoa:  $0,05 \text{ bar} < \text{PS} < 4$  bar.
- Presio baxukoa:  $0,05 \text{ bar} > \text{PS}$ .

# ERREGAI GASEOSOEN GARRAIOA

## GASBIDE-SARE BATEN EGITURA

Gasbide-sare bat, hodiaz aparte, bestelako elementuz osatuta dago :

- **Konpresio-estazioak**, gasbidean presioa mantentzen dituztenak dira karga-galerak konpentsatzeko eta eskari energetikoa asetzeko.
- **Erregulazio- eta neurketa-estazioak**, banaketa beharren arabera sarean zehar jartzen dira presioa erregulatzeko, emarien neurketarako eta gasan egon daitezkeen ezpurutasunak iragazteko.
- **Ataletan banatzeko eta mozteko balbulak** 10-30 km luzerako tartetean jartzen dira aldizkako isuriak eragozteko, mantentze- eta garbiketalanak errazteko eta gasbidearen atal-banaketa baimentzeko. Horrela atalak isolatuak izan daitezke.

# ERREGAI GASEOSOEN GARRAIOA

## GASBIDE-SARE BATEN EGITURA

Konpresio-estazioetan, elementu garrantzitsuena **konpresorea** da:

- Enbolozko makina bat da (pistoizilindro motakoa).
- Egoera gaseosoan dagoen materiarekin baino ez du funtzionatzen.
- Gasa konprimatzen du honen tenperatura igoaraziz.
- Edukiontzia batetik bestera ontzi-aldaketa mesedetzen du sortzen duen gainpresioari esker.

Normalean konpresoreak bestelako osagaiekin batera doa, hala nola:

- **Dekantazio lurrun-andela**, konpresorearen aurretik jartzen dena likido-sarrerak konpresorera ekiditeko.
- **Olio-banagailua**, konpresorearen ondoren jartzen dena olio-partikulak ezabatzeko. Konpresio bitartean emandako tenperaturaren igoerak gasaren polimerizazioa eragiten du olio-partikulak sortuz.

# ERREGAI GASEOSOEN BILTEGIRATZEA

## BILTEGIRATZEA

Biltegiratzearen garrantzia 2. gaian aurkezten da. Erregai gaseosoen kasuan, biltegiratzea **deposituetan** egiten da.

Erregai gaseosoen bi biltegiratze mota daude, egoeraren arabera:

**Biltegiratzea gas egoeran.** Normalean gasa konprimatuta aurkitzen da handia den presiopean.

**Biltegiratzea likido egoeran.** Gasa hoztu egiten da bere likidotzea (gas egoeratik likido egoerara pasatzea) erraztuz. Biltegiratze mota hau eman daiteke:

- Temperatura kriogenikoen bidez eta presio konstantean, edo atmosferikoa baino handiagoa den presioan.
- Presiopean, aurreko tenperaturak baino txikiagoak beharrezkoak izanik.

Instalazioari dagokionez, biltegiratzea izan daiteke:

**Finkoa** (tankea) edo **Mugikorra** (botiletan, bala ere deituak).

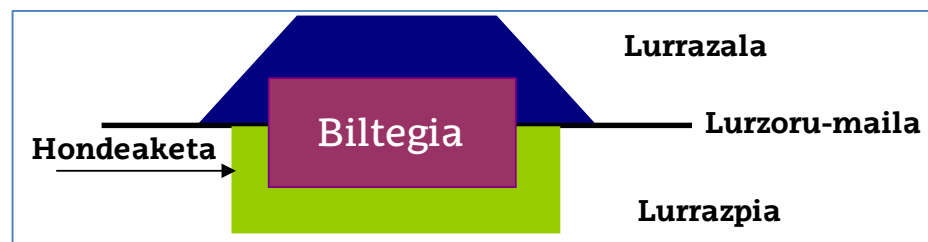


# ERREGAI GASEOSOEN BILTEGIRATZEA

## BILTEGIRATZEA

Biltegiratze finkoa, kokapenaren arabera, ondoren agertzen den moduan sailka daiteke (3.13 irudia):

- Airekoa (lurrazalekoa).
- Erdilurperatuta.
- Lurpekoa.



3.13 irudia. Erregai gaseosoen biltegiratzearen kokapen posibleak. Egileen irudia

Bere abantailak eta desabantailak 3.14 taulan aurkezten dira:

### 3.14 taula. Erregai gaseosoen biltegiratze-deposituen kokapenaren abantailak eta desabantailak

| Airekoa   | Lurpekoa   | Erdilurperatuta  |
|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– Ikuskapen-, mantentze- eta garbiketa-lanetarako erraztasuna agertzen dute.</li> <li>– Segurtasun-distantzia handiagoak behar dituzte.</li> <li>– Obra gutxiago behar dute, ekonomikoagoak bihurtuz.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Arauzko ikuskapenerako atera behar dira.</li> <li>– Seguruagoak dira, babes handiagoa dute kanpo eragileekiko eta estetikoagoak dira.</li> <li>– Espazio txikiagoa behar dute, segurtasun-distantzia txikiengatik.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Aireko eta lurpekoen antzeko abantailak eta desabantailak aurkezten dituzte.</li> </ul> |

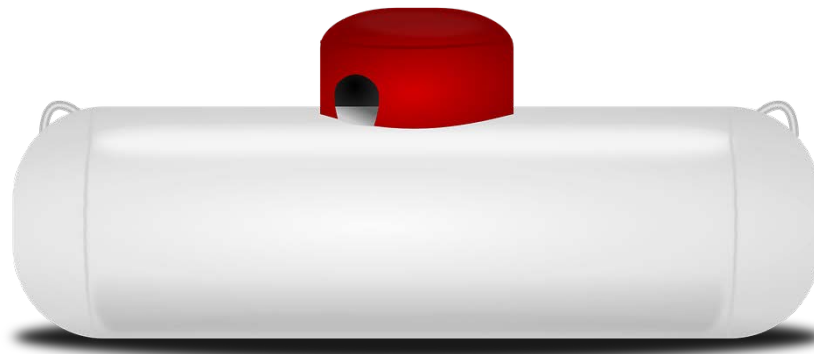
# ERREGAI GASEOSOEN BILTEGIRATZEA

## PGL-EN AIREKO BILTEGIRATZEA

Kasu honetan depositu finkoak edo tankeak zilindrikoak edo esferikoak erabil daitezke. Lehenengok lurrazalaren beharrizan handiagoak izaten dute, orokorrean kokapen horizontala dutelako.

Zilindrikoak (3.14 irudia):

- Propanoa, batez ere, biltegiratzeko erabiliak.



3.14 irudia. Aireko tanke zilindriko horizontala. Pixabayen CC0 lizentziapean argitaratutako irudia [\[11\]](#)

# ERREGAI GASEOSOEN BILTEGIRATZEA

## PGL-EN AIREKO BILTEGIRATZEA

**Esferikoak** (3.15 irudia). Depositu mota hauek, zeintzuen abantailak eta desabantailak 3.15 taulan agertzen diren, izan daitezke:

- Presiopean daudenak, butanoa biltegitratzen badute (konprimatuta).
- Erdihoztuak butanoa eta propanoa, bata zein bestea, biltegitratzen dutenean (egoera likidoan).

**3.15 irudia. Aireko tanke esferikoak. Tiago Antao-k Wikimedian domeinu publikoan argitaratutako argazkia [12]**



### 3.15 taula. Deposituen hozketaren abantailak eta desabantailak

| Abantailak   | Desabantailak   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>- Deposituen barne presioa biltegitratutako produktuarena baino txikiagoa da, horregatik deposituen paretaren lodiera txikiagoa da.</li><li>- Produktu-kantitate handiagoa biltegitratzea baimentzen du.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>- Geldialdi egoeren kausaz hozte-sistema bikoiztu behar da.</li></ul> |

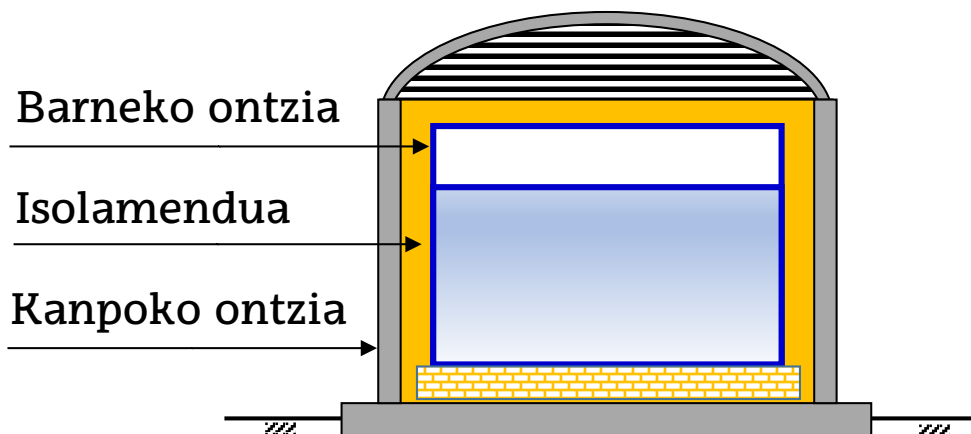
## ERREGAI GASEOSOEN BILTEGIRATZEA

### GN-AREN AIREKO BILTAGIRATZEA GNL MODUAN

Gas naturalaren kasuan, erabiltzen diren tankeak **euste totalekoak** dira (3.16 irudia), non gasa egoera likidoan biltegitzen den presioari (atmosferikotik hurbil) eta erabilitako tenperaturari ( $-161\text{ }^{\circ}\text{C}$  ingurukoa). esker. Tenperatura honek GNaren bolumena 600 bider murrizten du.

Euste totaleko tankeak hiru elementu nagusiek osatzen dituzte:

- Barneko ontzia, "liner" ere deitua.
- Isolatzailea.
- Kanpoko ontzia.



3.16 irudia. Euste totaleko tankea. Egileen irudia

## ERREGAI GASEOSOEN BILTEGIRATZEA

### GN-AREN AIREKO BILTEGIRATZEA GNL MODUAN

Euste totaleko tanke batean, **barneko ontziak**:

- Baldintza kriogenikotan GNLa guztiz isolatua mantentze-funtzioa dauka.
- Honen eraikuntza-materialek ezaugarri mekaniko eta estankotasun ezaugarri egokiak aurkeztu behar dituzte. Horregatik, ondorengo material motak erabiltzen dira:
  - Hormigoi aurreatezatua.
  - % 9 nikela duen altzairu aleatutako xafla.
  - Aluminioa (normalean sabaian erabilia).
  - Altzairu herdoilgaitza.

*Material hauen  
uzkurdura-  
koefiziente  
handiagatik  
normalean ez dira  
erabiltzen barneko  
ontzirako*

# ERREGAI GASEOSOEN BILTEGIRATZEA

## GN-AREN AIREKO BILTEGIRATZEA GNL MODUAN

### Isolatzailea:

- Barneko ontzia guztiz inguratzen du, bero-sarrerak ekidituz eta, hortaz, lurrun-tasa murriztuz.
- Lurrun-tasa (E) lurruntzen den GNLaren kantitatea da, ehunekotan eta eguneko adierazita. Parametro hau likidotuta dauden gasen biltegiratzerako erabilgarria da, eta ondorengo adierazpen matematikoaren bidez kalkula daiteke:

$$E (\%) = \frac{q \cdot 3600 \cdot 24 \text{ ordu}}{\Delta H \cdot V_{\text{LNG}} \cdot \rho} \times 100$$

$$\left\{ \begin{array}{l} q = \text{bero-emari totala (W)} \\ \Delta H = \text{lurruntze-bero latentea (J/kg)} \\ V_{\text{LNG}} = \text{produktuaren bolumena (m}^3\text{)} \\ \rho = \text{dentsitatea (kg/m}^3\text{)} \end{array} \right.$$

### Kanpoko ontzia:

- Isolatzailearen euskarria da.
- Estankoa da lurrunaren eraketa egoerei eta likidoaren isurketa posibleei erantzuna emateko.

# ERREGAI GASEOSOEN BILTEGIRATZEA

## GAS LIKIDOTUEN BILTEGIRATZE ARAZOAK

Gas likidotutako biltegiratze-tankeek **arazo mekaniko, termiko, berezkoak eta geruzapenezkoak** aurkezten dituzte.

Tanke mota honetako **arazo mekaniko** desberdinak saihestu daitezke kontuan izanik honen eginkizunak direla:

- Produktua biltegiratuta mantentzea (estankotasun arazoa).
- Bere pisua jasatea (zimendatze arazoa).
- Likidoaren karga hidrostatikoei eustea. Horretarako erabilitako materialak lan-tenperaturarekin bateragarriak izan behar dira.
- Likidoaren gainean dagoen gasaren presioa jasatea, gasaren presioak estalkia altxa dezakeelako (ainguraketa arazoa).
- Kanpoko elementuei, hala nola, haizearen bultzadari, elurraren pisuari, erresistentzia aurkeztea (ainguraketa arazoa).
- Ezohizko gertakariei (lurrikare, objektu hegalarie, jaurtigaien erorketari) eustea.

# ERREGAI GASEOSOEN BILTEGIRATZEA

## GAS LIKIDOTUEN BILTEGIRATZE ARAZOAK

**Arazo termikoak** bero-sarreraren kausaz ematen dira, hauek lurrun-tasa (E) handiago baten erantzuleak izanik

Aipatutako sarrerak izan daitezke:

- Erradiazioz edo konbekzioz, biak lurrunketan eragin ahularekin.
- Kondukzioa: kasu honetan bero-transmisio mota nagusiena.

Hau dela eta, lurrun-tasa ahalik eta txikiena izan behar da. Helburu hau isolamendu on batekin eta tankearen diametro handi batekin lortzen da.

- Honen adibide bat itsas-terminaletako deposituak dira, non lurrun-tasa % 0,04-0,1 tartean egon ohi den.

Lurrun-tasa handi baten kasuan, tankea gailu egokiz (segurtasun-balbulak, zuziak, konpresoreak) hornitu beharko litzateke gasen hustuketa baimentzeko.



# ERREGAI GASEOSOEN BILTEGIRATZEA

## GAS LIKIDOTUEN BILTEGIRATZE ARAZOAK

Arazo termikoak **berezko arazo**en jatorria dira. Arazo hauek osagai lurrunkorrenen baporizazioarekin erlazionatuta daude. GNLaren kasu berezian, arazo hauek  $N_2$  eta  $CH_4$  konposatuen lurrunketarik ematen da. Arazo honen ondorioak dira:

- Fase gaseosoa osagai lurrunkorrenetan aberastea.
- Fase likidoa osagai lurrunkorrenetan pobretzea eta hidrokarburo astunagoetan ( $C_3+$ ) aberastea.

GNLa denbora nahikoz horrela utzita, zahartze-prozesua jasango luke, zeina saihestu daitekeen:

- Isolamendu eraginkorragoa erabiliz, lurrun-tasa murrizteko.
- Gas-itsasontzi batetik GNL freskoa gehituz, tankea itsas-terminal batean kokatuta dagoenean.
- Lurrunak birlikidotuz (lurrundutako produktuaren zatia gas fasetik likidora pasatzea) ekipo egokiak erabiliz.

## ERREGAI GASEOSOEN BILTEGIRATZEA

### GAS LIKIDOTUEN BILTEGIRATZE ARAZOAK

Geruzapenezko arazoak ematen dira gas likidotutako biltegi batean konposizio eta dentsitate desberdinak dituen beste gas likidotu bat gehitzen denean.

Baldintza batzuetan, likidotutako gasak ez dira nahasten eta geruzapen-**fenomenoa** sortzen da.

- Likidotutako gas dentsoenak tankearen beheko zatia betetzen du.

Arazo termikoek beheko geruzak berotzea, dentsitatea murriztea eta hauek goranzko joera izatea eragiten dute, geruza dentsoenak goiko estratua betez.

Egoera hau ezegonkorra da eta “**roll-over**”-arekin (konbekzio mugimendu arinekin) konpontzen da, hondoko gas likidotua deposituaren gainazalera bideratzea lortuz. Honetarako tankeetan, eta sabaitik zintzilik, murgildutako ponpak instalatzen dira, gas likidotutako zati bat birzirkulatzen dutenak. Tenperatura eta dentsitate kontrolagailuak ere instalatzen dira.

# ERREGAI GASEOSOEN BILTEGIRATZEA

## LURPEKO BILTEGIRATZEA

Lurpeko biltegitratzea, gasentzako batez ere erabiltzen dena, biltegitratze mota bat da.

Biltegitratze mota honetako abantailak ondorengoak dira:

- Interes ekonomikoa daukate, inbertsioak txikiagoak direlako. Normalean biltegitratze mota hau hobi agortuetan egiten da.
- Seguruak dira, biltegitratzea gainazaletik isolatua dagoelako, gainazaleko instalazioaren azpian kokatzea baimenduz.
- Lurrikaren aurrean erresistentea da.
- Ingurumena errespetatzen du, teknologia honek akuiferoen kutsadura eta kutsatzaile posibleen migrazioa saihesten duelako.
- Eragiketen erraztasuna eta kostuen murrizpena, mantentze-lan, ekipo eta materialen erabilpenari dagokionez.

# ERREGAI GASEOSOEN BILTEGIRATZEA

## LURPEKO BILTEGIRATZEA

Lurpeko biltegiratzean oso garrantzitsua da gas koltxoia eta gas erabilgarria desberdintzea.

### Koltxoi-gasa:

- Gas ez erabilgarria ere deitua.
- Erauzketa egokia izateko presioa mantentzen du, eta prozedura hau entregagarritasun bezala ezagutzen da.
- Partzialki agortutako hobi batean gas koltxoiaren aurrezkoa kontuan hartzekoa da.

### Gas erabilgarria:

- Gas eskuragarri edo lan-gas ere deitua.
- Erauzi daitekeen gasa da.
- Biltegiratze-kapazitatea neurtzen du.
- Gas totala eta gas koltxoiaren arteko diferentziaren baliokidea da.

# ERREGAI GASEOSOEN BILTEGIRATZEA

## LURPEKO BILTEGIRATZEA

Lurpeko biltegiratze-teknika (3.18 irudia) desberdinak daude, eta hauen artean aipatzekoak dira: **gatz-formazioak**, **meatze abandonatuak** eta **arroka porotsuak**.

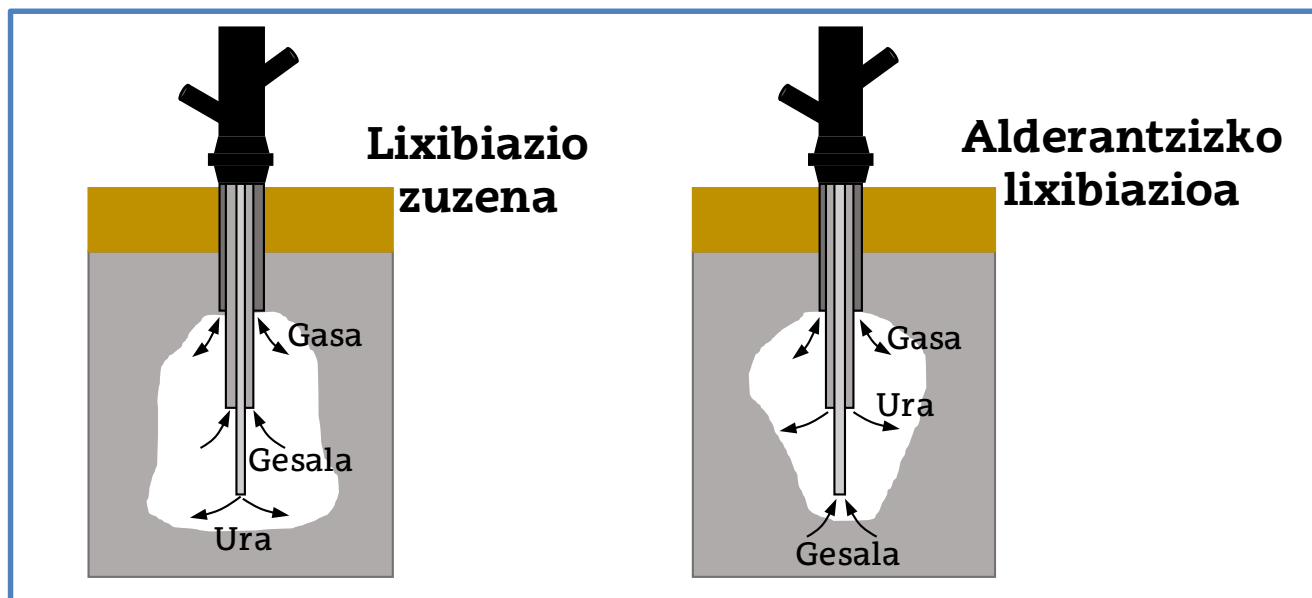
**Gatz-formazioak** 200-2000 m-ko sakoneran eratutako gatz-geruza finkoz osatuak daude. Lurpeko biltegiratze gisa erabil daitezke gatzak berak irizpide batzuk betetzen baldin baditu, hala nola:

- Erresistentzia altu samarra.
- Isurpen plastikoa, haustura posibleen zigilatzea baimentzeko.
- Porositate eta iragazkortasun balio ia nuluak, edukieraren ihesa ekiditeko eta horrela produktibitatea mantenduz.
- Egonkortasun natural luzea.
- Biltegiratutako produktuarekiko fisikoki eta kimikoki inerteia.

## ERREGAI GASEOSOEN BILTEGIRATZEA

### LURPEKO BILTEGIRATZEA

Gatz-formazioak ur freskoa sartuz eta bertako gatza disolbatuz, lixibiazioaren bidez, sortzen dira nahi den barrunbe-bolumena lortu arte. Lixibiazioa (3.17 irudia) zuzena edo alderantzizkoa (sailkapen hau ur-injekzio eta gesala erauzketa kokapenen arabera) izan daiteke, barrunbe-egitura desberdinak sortuz.



3.17 irudia. Gatz-barrunbeak sortzeko lixibiazio motak.  
Egileen irudia

# ERREGAI GASEOSOEN BILTEGIRATZEA

## LURPEKO BILTEGIRATZEA

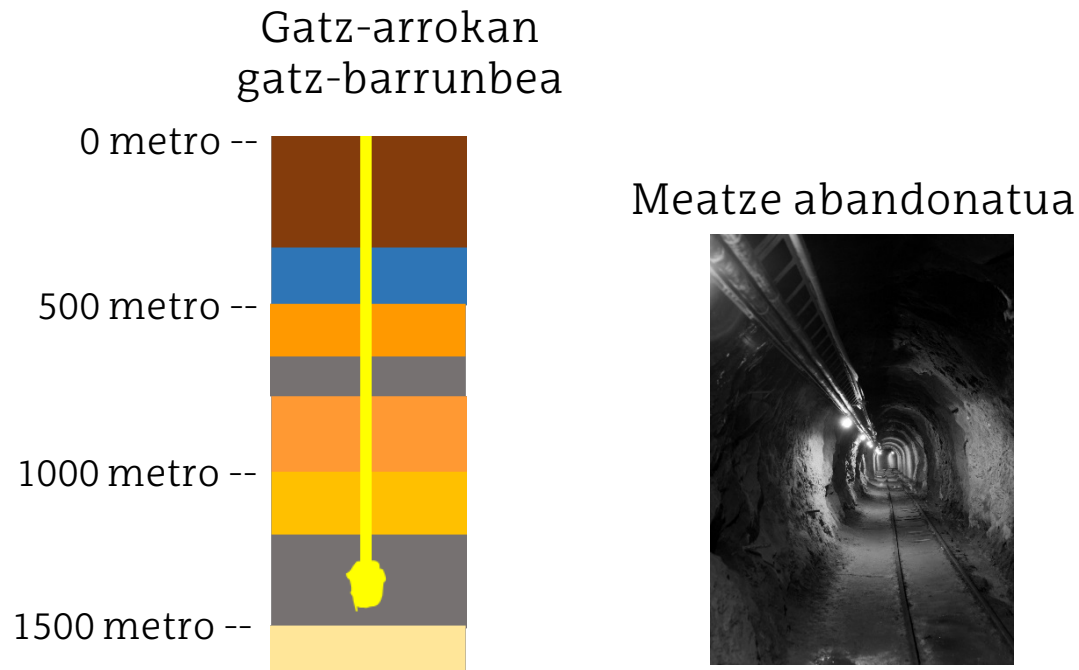
Meatze abandonatuak lurpeko biltegiratze bezala erabiltzeko, hauek baldintza desberdinak bete behar dituzte:

- Helburu honetarako erabiliko diren meatzeko zonaldeak egonkortasun- eta estankotasun-irizpide zorrotzak jarraitu behar dituzte. Horretarako beharrezkoa izaten ohi da:
  - Errefortzu- eta egokitzapen-lan garrantzitsuak egitea.
  - Ezegonkorak diren bertako eremuak saihestea.
- Sakonera nahikoa aurkeztea konfinamendu-hidraulikoaren printzipioa bete dadin. Printzipio hau barrunbearen sakonera bezala definitzen da, inguruko arrokan dagoen ura naturalki barrunbera gidatzen duenak biltegiratutako produktuaren migrazioa ekidituz.
- Ustiapen bitartean kontrolatu behar dira:
  - Meatzearen egonkortasuna kontrol sismiko baten bidez.
  - Hidrogeologia piezometroen bidez.

# ERREGAI GASEOSOEN BILTEGIRATZEA

## LURPEKO BILTEGIRATZEA

Arroka porotsuek, normalean hobi agortuetatik sortutakoak, instalazioa funtzionamenduan izateko beharrezkoa den gas koltxoia izaten dute. Gainera, urtaroko biltegitratze edo biltegitratze estrategiko gisa erabiltzen dira.



**3.18 irudia. Lurpeko biltegitratze-sistemak. Egileen irudia (ezkerra) eta Pxheren CC0 domeinu publikoan argitaratutako irudiaren egokitzapena [13] (eskuina)**



# ERREGAI GASEOSOEN BILTEGIRATZEA

## LURPEKO BILTEGIRATZEA

Lurpeko biltegiratze onena **aukeratzea parametro** desberdinen arabera egiten da, hala nola:

- **Baldintza geologikoak.** Parametro honi dagokionez, garrantzitsua da kontuan izatea: gatz geruzen presentzia sakonera egokian, ur natural kantitate handiak konfinamendu-hidraulikoaren printzipioa eman dadin, arrokaaren egitura mota erresistentzia eta estankotasuna bermatzen duena, eta abar.
- **Biltegiratze-kapazitatea.** Jarraibide orokor bezala, bolumen txikiatarako, 5000 eta 20000 m<sup>3</sup>-etarako, arroka egiturak aukeratzen dira. Bolumen handietarako, ordea, 20000-x00000 m<sup>3</sup> ingurukoak (non x-ak 1etik 9rako balioak hartu ahal dituen), arroka- edo gatz-barrunbeak aukeratzen dira.
- **Biltegiratze-tenperatura.** Inguruko tenperaturan dauden gas konprimuentzako, aukeraketa arroka edo gatz barrunbeetara bideratzen da. Hoztutako gasentzako, ordea, arroka hoztuak edo erdi-hoztuak aukeratzen dira.

## BIRGASIFIKAZIO-PLANTAK

### **GAS NATURALAREN BIRGASIFIKAZIOA BERE BANAKETARAKO**

GNLaren euste totaleko tankeak, normalean, **birgasifikazio-plantetan** edo **birgasifikazio-planta satelitetan** kokatzen dira, hauetan GNLa lurruntzen da, ondoren, GN bezala banatzeko.

**Birgasifikazio-planta satelite** batek birgasifikazio-planta baten funtzio bera du, baina produktuaren horniketa eta banaketa GNaren horniketa-sarerik ez duten zonaldeetara egiten dute. Beste edozein instalazio bezala, ez dute bere kokapena aldatzen.

Birgasifikazio-prozesua etapa edo elementu desberdinez osatuta dago, hauek izanik: **garraioa, GNLaren deskarga, tankeetarako transferentzia, biltegiratzea, lehen mailako ponpak, "boil-off"-a, birlikidotzailea, ponpa sekundarioak, lurrunketa, eta, neurketa eta usaina ematea (GAS NATURAL LIKIDOTUAREN BIRGASIFIKAZIO-PROZESUARI BURUZKO BIDEO DESBERDINEN SARBIDEA: 1. BIDEOA ETA 2. BIDEOA).**

- 1. Bideoa: Kanaria Irletako gas naturalaren garraio-enpresa baten webgunean eskuragarri <http://www.gascan.es/web-es/el-gas-natural/proceso-de-regasificacion> (azken sarrera 2019/03/21).
- 2. Bideoa: Chileko GNL birgasifikazio-enpresa baten webgunean eskuragarri <http://www.gnlquintero.com/terminal/proceso.htm> (azken sarrera 2019/03/21).

## BIRGASIFIKAZIO-PLANTAK

### ETAPAK ETA ELEMENTUAK

1. Garraioa. Hau ematen da **gas likidotu** bezala, hots GNL bezala,  $-161\text{ }^{\circ}\text{C}$ -tan eta 0,25 bar-etako gainpresioan **itsasoko garraioaren bidez** krosko bikoitzeko metano-itsasontzietan.
2. GNLaren deskarga. Itsasontzitik birgasifikazio-plantarako transferentzia **deskarga-besoan** bidez egiten da, segurtasun-balbulak dituzten GNL galerak eta isuriak saihesteko.
3. Tankeetarako transferentzia. Metano-itsasontzien **ponpek** GNLa bultzatzen dute biltegiratze-tankeetaraino **deskarga-besoan eta hodi-kriogenikoen** bidez.
4. Biltegiratzea. **Euste totaleko tankeak** dira (ikus 3.3.1 atala biltegiratze motak), non GNLa  $-161\text{ }^{\circ}\text{C}$ -tan biltegiratzen den.
5. Lehen mailako ponpak. Hauek **euste totaleko tankean murgilduta** daude eta GNLa erauzten dute eskariaren arabera.
6. "Boil-off"-a. **Lurrundutako GNLaren zatiari** (GNa izatera pasatuz) deritzo, kanpo bero-sarrerengatik sortzen dena. Zati hau birlikidotu (gasa likidoa bihurtu) behar da GNLaren galerak ekiditeko.

## BIRGASIFIKAZIO-PLANTAK

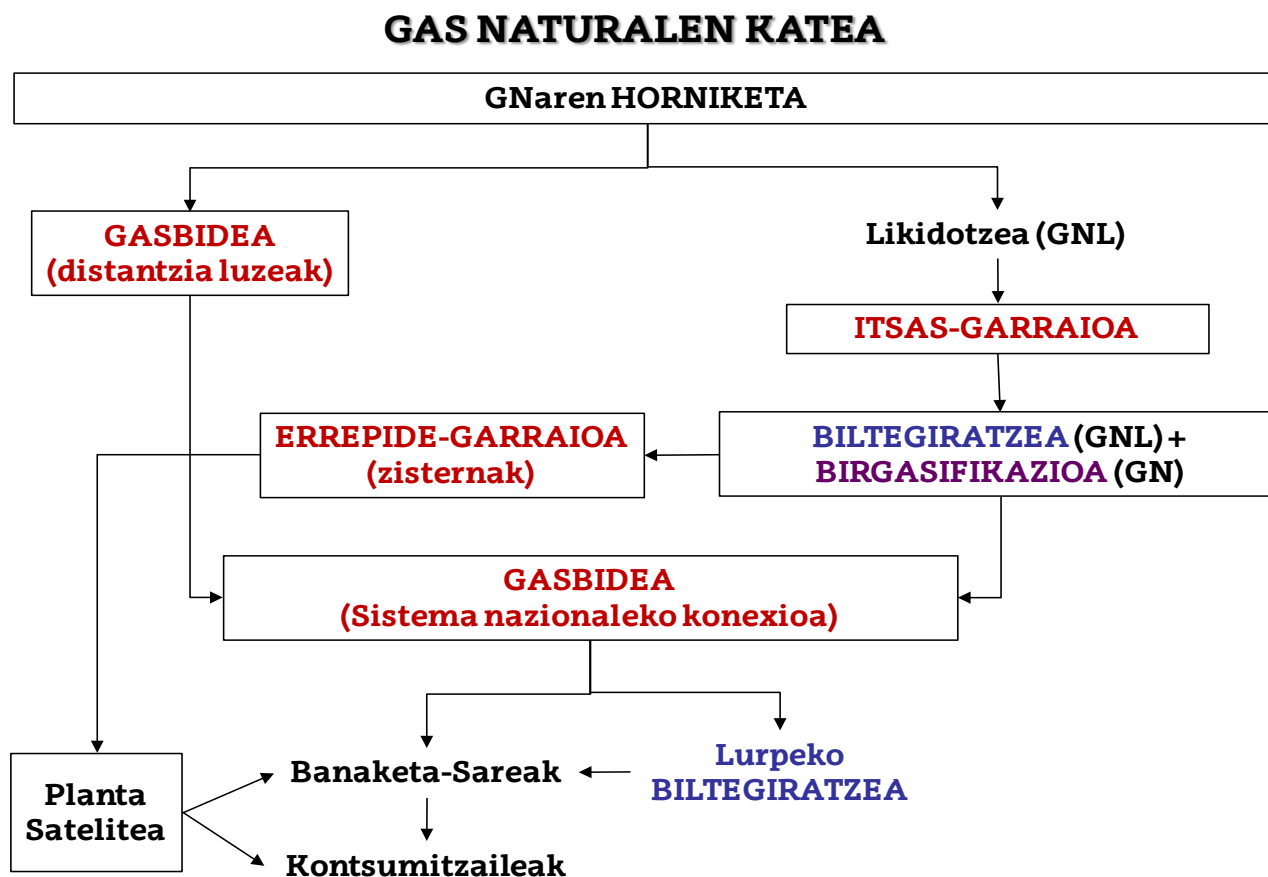
### ETAPAK ETA ELEMENTUAK

7. Birlikidotzailea. Ontzi bat da, non "boil-off"-a eta lehen mailako ponpek bultzatutako GNLa nahasten diren. Nahaste honek "boil-off" guztia GNL bihurtzea baimentzen du, horrela biltegiratutako GNL guztia aprobetxatzen da.
8. Ponpa sekundarioak. Hauek GNLaren presioa 7-8 bar-etatik (lehen mailako ponpen eta birlikidotzailearen presioa) 72 bar-etaraino igoarazten dute, azken presio hau beharrezkoa delako garraiatu ahal izateko. Azken presio honetan -145 °C-an likido egoera bultzatzen dute.
9. Lurrunketa. GNLa, - 145 °C-tan dagoena, lurruntzaileetatik pasarazten da GNLa gasa bihurtzeko, 0 eta 10 °C-ko tenperatura tartean egongo dena. Lurruntzaileak tutuz osatuta daude eta hauetatik GNLa zirkulatzen du itsasoko urarekin kontaktuan jarritz. Honen kausaz uraren tenperatura 3-5 °C-ra jaisten da.
10. Neurketa eta usaina ematea. Etapa honen funtzioak dira: horniketarean jarritako produktuaren kantitatea neurtzea eta gizakien usaimena antzematen dituen osagaiak gehitzea (sufre-konposatuak, normalean merkaptanoak). Hau birgasifikazioaren azken etapa da.

# GAS NATURALAREN KATEA

## GN-AREN HORNIKETAREN ETA LOGISTIKAREN ARTEKO ERLAZIOA

Gas likidotuen ekoizpenak, garraioak eta biltegitratzeak 3.19 irudian agertzen den erlazioa jarraitzen dute.



3.19 irudia. Gas naturalaren katearen eskema. Egileen irudia