



ÉS EL GAS NATURAL UN AMIC CLIMÀTIC?

Anàlisi de les emissions associades a la cadena de
subministrament de gas a la Unió Europea i Barcelona



OBSERVATORI DEL DEUTE
EN LA GLOBALITZACIÓ

És el gas natural un amic climàtic?

Anàlisi de les emissions associades
a la cadena de subministrament
de gas a la Unió Europea i Barcelona.

Publicat per:

Observatori del Deute en la Globalització (ODG)

Autor: Josep Nualart i Alfons Pérez

Disseny: Lucía Armíño

Lloc i data de publicació: Barcelona, novembre 2017

Contacte: observatori@odg.cat

Foto de portada: Martin St-Amant

Amb el suport de:



Aquesta publicació ha estat produïda amb l'assistència econòmica de la Unió Europea. El contingut d'aquesta publicació és d'única responsabilitat de l'Observatori del Deute en la Globalització i sota cap circumstància pot ser vista com un reflex de la posició de la Unió Europea.

Índex

1. Introducció.....	1
2. Metodologia	2
3. Característiques generals del gas natural	3
3.1. Propietats biofísiques	3
3.2. Potencial de Canvi Climàtic (PCC)	4
3.3. La disputa entre el gas i el carbó.....	5
4. Factors d'emissió al llarg de la cadena de subministrament del gas	6
4.1. Definició i classificació de les etapes i operacions.....	6
4.2. Limitacions i condicionants del context actual	8
5. Propietats del GNL	11
6. Característiques i classificació dels vaixells metaners	13
7. Descripció del mercat europeu de GNL i les emissions associades ..	15
7.1. Caracterització.....	15
7.2. Resultats.....	15
8. La importància del Port de Barcelona en la geoestratègia de la UE.....	19
8.1. Caracterització	19
8.2. Resultats	21
9. L'auge dels EE.UU. en el mercat mundial del GNL	25
9.1. Caracterització	25
9.2. Resultats	26
10. Conclusions	27
11. Referències.....	29

1. Introducció: Què és el gas natural

El present estudi té com a objectiu general avaluar l'impacte climàtic de la cadena de subministrament del gas natural i, en particular, la contribució dels trànsits dels vaixells de gas natural líquid (GNL) que arriben a la Unió Europea i Barcelona.

Durant els darrers anys, diferents organismes internacionals, entre els quals podem comptar la Comissió Europea, han reforçat i impulsat el paper del gas natural com a combustible de transició per les seves baixes emissions en la combustió. Aquesta aposta pel gas natural però, no ha vingut acompanyada per una avaluació rigorosa i independent dels impactes que suposa pel clima.

Si tenim en compte que el gas natural està conformat bàsicament per metà, i la seva contribució a l'escalfament global és 86 vegades més potent que el CO_2 , entendrem de seguida que cal prendre's molt seriosament les pèrdues que es produeixen des de l'extracció fins al consum. Reconeguts científics com en Robert Howarth, de la Universitat de Cornell, asseguruen que en molts casos les emissions associades al gas natural són més altes que les del carbó.

En el cas del GNL, el gas arriba als ports transportat en vaixells en estat líquid, després d'una complexa operació de liquefacció en el port de sortida. Això permet reduir el seu volum 600 vegades i fer que els trànsits siguin més rendibles econòmicament. Les ciutats europees que tenen les instal·lacions necessàries per rebre el gas natural per vaixell són: Bruges (Bèlgica), Barcelona, Bilbao, Cartagena, Ferrol, Huelva i Sagunto (Espanya), Dunquerque, Martigues i Nantes (França), Mégara (Grècia), Livorno, La Spezia i Venècia (Itàlia), Gargzdai (Lituània), Rotterdam (Països Baixos), Szczecin (Polònia), Setúbal (Portugal), Haverfordwest i Londres (Regne Unit) i Aliaga i Çorlu (Turquia)

El Port de Barcelona compta amb una de les plantes regasificadores més importants d'Espanya i de la Unió Europea amb un 24,67% i 8,18% de la capacitat total, respectivament. Durant l'any 2016 va rebre 44 trànsits provinents de Nigèria, Algèria, Qatar, Noruega i Perú.

Per la dimensió climàtica, a més dels exportadors tradicionals, és molt important analitzar què pot suposar l'entrada dels EE.UU. en el mercat de les exportacions. L'extracció de gas no convencional a través de la tècnica del fracking fa augmentar vertiginosament les emissions de metà a l'atmosfera. D'aquí que l'estudi acaba quantificant les emissions de la cadena de subministrament de gas des dels EE.UU. fins Europa.

2. Metodologia

En l'actualitat existeix una manca de consens sobre quina és la metodologia que s'ha d'utilitzar per determinar la quantitat de fuites de metà que es produeixen en cadascuna de les operacions i etapes de la cadena de subministrament del gas natural i les fonts que les produeixen.

Per aquest motiu, en aquest estudi s'han avaluat 11 documents científics que determinen quins són els factors d'emissió per a les diferents etapes i operacions de la cadena de subministrament del gas natural. A més, s'han considerat uns altres 5 que determinen el percentatge de fuites a partir del qual el gas natural deixa de tenir un benefici climàtic respecte del carbó.

Per als trànsits dels vaixells metaners que han transportat GNL a la Unió Europea durant l'any 2016, s'ha utilitzat la base de dades facilitada per *ICIS LNG Edge*¹. Per determinar quines són les característiques dels vaixells metaners s'ha utilitzat la base de dades del *Global LNG Info*² i s'ha utilitzat el programa *BP Port to Port*³ per estimar quin és el temps òptim de cadascun dels trànsits.

En aquest estudi s'han quantificat les emissions produïdes a tres nivells diferents: les importacions de la Unió Europea i Barcelona, i el subministrament dels EEUU. Les emissions que es produeixen en el trànsit han estat calculades considerant la diferència de volum de GNL entre el port de sortida i el d'arribada i el factor d'emissió corresponent a cremar GNL. A més, també s'han considerat les fuites de metà produïdes en les etapes i operacions de la cadena de subministrament prèvies a la líquefacció del gas natural.

Es pot obtenir informació més detallada sobre la metodologia en el treball acadèmic accessible en el següent enllaç.

<http://upcommons.upc.edu/handle/2117/110933>

1 ICIS LNG Edge www.icis.com/press-releases/lng-edge-launch/

2 Global LNG Info www.globalnginfo.com/GLNG_Database.aspx

3 BO Port to Port https://softadvice.informer.com/Bp_Distance_Port_To_Port.html

3. Característiques generals del gas natural

3.1. Propietats biofísiques

El gas natural és l'únic combustible fòssil que es troba en estat gasós a la naturalesa i s'extreu dels reservoris que el contenen o com a subproducte de l'extracció de petroli. Està conformat en major part per metà, entre un 87% i un 97%, i per altres hidrocarburs com l'età, propà o butà i elements com el nitrogen i el diòxid de carboni (Pérez 2017).

El temps de vida del metà en l'atmosfera és de només 12 anys, mentre que la del CO_2 és de més de 100 anys (Howarth 2014). Per tant, és complicat comparar els dos principals contribuïdors al canvi climàtic en una mateixa escala de temps.

El gas natural és incolor i, al contrari del que pensa la majoria de la població, és inodor, encara que se li adhereix una substància odorant que facilita la detecció de fuites. El gas natural no és tòxic, tot i que pot desplaçar l'oxigen i matar per asfíxia (Pérez 2017).

Podem trobar diferents tipus de gas natural segons la seva localització i tècnica d'extracció. Tot i que no existeix un criteri normalitzat a nivell internacional sobre quins tipus de gas natural són convencionals i quins no (Cremonese & Gusev 2016), de manera general, anomenem gas convencional al gas natural que es troba en els reservoris que són més accessibles i que la tècnica requerida per poder-lo extreure és la que s'ha utilitzat des dels inicis de la seva explotació. El gas no convencional, en canvi, és el que es troba en condicions més desfavorables per a la seva extracció i es requereixen tècniques més sofisticades i agressives, com és el cas de la fractura hidràulica o *fracking*.

Què té de natural el "gas natural"

Anomenar "natural" un gas que és principalment metà pot portar a equivoc. Segurament, l'assignació d'aquest nom li ve de la seva extracció de la natura, a diferència del gas que es fabricava del carbó o el petroli, l'anomenat gas ciutat. Ara bé, la indústria gasística ha sabut utilitzar aquest "natural" per vincular-lo amb un futur verd i baix en emissions. D'aquí que nombroses veus crítiques prefereixen anomenar-lo "gas fòssil" perquè descriu millor a quin tipus de combustibles pertany i els impactes climàtics que se'n deriven (Pérez 2017). En aquest informe, d'ara en endavant se l'anomenarà simplement "gas".

3.2. Potencial de Canvi Climàtic (PCC)

El PCC es basa en l'impacte radiatiu i el temps de permanència del gas en l'atmosfera, on s'inclouen els efectes de la radiació directa del propi gas, quan és emès, i els efectes radiatius indirectes a l'entrar en contacte amb altres components atmosfèrics. L'actual concepte de PCC definit pel *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) és molt limitat perquè no considera els efectes radiatius indirectes, no obstant és important prendre'ls en consideració, ja que quan aquests reaccionen amb altres components atmosfèrics, com el cas dels aerosols, el seu efecte d'hivernacle es veu potenciat (Shindell et al. 2009)

Les escales de temps són un dels aspectes més importants a tenir en compte a l'hora de quantificar el PCC. Les escales de temps que valoren els informes de l'IPCC són de 10, 20, 100 i 500 anys, tot i que la més utilitzada en l'esfera política és la de 100 anys, ja que els tractats internacionals han establert que s'utilitzi aquest com a valor estàndard per facilitar la presa de decisions (Howarth et al. 2012). Quan es parla d'escales de temps més curtes, 10 o 20 anys, és més complicat estimar el PCC perquè depèn del moment en què s'han produït les emissions (Shindell et al. 2009)

Malgrat el que s'ha decidit en els tractats internacionals, el 5è informe de l'IPCC⁴ especifica que “no hi ha cap argument científic per escollir l'escala de temps de 100 anys per comparar els diferents gasos amb efecte d'hivernacle (GEH)” i que “la selecció de l'escala de temps depèn del pes relatiu assignat als efectes i l'avaluació que es vulgui fer d'aquests”. La discussió existent sobre l'escala de temps que s'ha d'escollir, també es produeix perquè hi ha una part dels agents involucrats partidaris en emfatitzar els efectes climàtics que pot tenir a curt termini, 20 anys, i que pot ser el més apropiat degut a la vida en l'atmosfera del metà, i els que creuen que és més important avaluar les dinàmiques climàtiques que es poden produir a llarg termini, centenars d'anys, on el CO₂ serà el principal contribuïdor (Sanchez & Mays 2015)

Tenint en compte la vida en l'atmosfera del metà, es creu que l'escala de temps més idònia per avaluar la seva contribució en l'escalament global és la de 20 anys. Els 4t⁵ i 5è informe de l'IPCC han quantificat el PCC del metà per aquesta escala de temps en 72 i 86 respectivament, mentre que el valor determinat per l'estudi realitzat per Shindell et al. (2009) és de 79 quan es consideren els efectes radiatius directes i 105 quan es consideren els directes i els indirectes.

4 IPCC (2007) www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4_wg1_full_report.pdf

5 IPCC (2007) www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4_wg1_full_report.pdf

3.3. La disputa entre el gas i el carbó

El gas s'està promovent com el combustible de suport a les renovables i el substitut del carbó, ja que en la combustió, compta amb els factor d'emissió de CO₂ més baix dels combustibles fòssils existents (veure taula 1).

Combustible	CO ₂ /MMBtu (Milions de Btu)	% respecte gas
Gas	117	
Propà	139	119%
Gasolina	157,2	134%
Diesel i gasoil de calefacció	161,3	138%
Carbó (subbituminós)	214,3	183%
Carbó (bituminós)	205,7	176%
Carbó (lignit)	215,4	184%
Carbó (antracita)	228,6	195%

Taula 1:
Factors d'emissió de diferents combustibles fòssils i derivats quan són cremats i quin percentatge representen aquestes emissions respecte les produïdes pel gas.
(Font: (Pérez 2017))

No obstant, estudis realitzats per l'*Environmental Defense Fund* (EDF) mostren que si la suma de fuites de metà produïdes en les diferents operacions de la cadena de subministrament del gas són superiors al 2,7% del total de gas que s'utilitza per a la generació d'electricitat, no existeix cap benefici climàtic per part d'aquest vers el carbó (Cremonese & Gusev 2016).

L'estudi realitzat per Alvarez et al. (2012) estableix que aquest valor és 3,2%. Els valors estimats per Howarth (2014) i Sanchez & Mays (2015) són 2,8% i 3,7-3,9%, respectivament. En el cas de la *International Energy Agency* (IEA), una de les institucions de referència en l'àmbit de l'energia, en el seu informe *World Energy Outlook*⁶ de 2017 ha establert aquest valor en 3%. Tots els estudis i informes consideren les fuites des de l'extracció del gas fins a la seva combustió per generar de l'electricitat i utilitzen l'escala de temps de 20 anys.

Estudi	% d'emissions
Alvarez et al. 2012	3,2%
Howarth 2014	2,8%
Sánchez & Mays 2015	3,7% – 3,9%
Cremonese & Gusev 2016	2,7%
IEA 2017	3%

Taula 2:
Percentatge d'emissions a partir del qual el gas deixa de tenir un benefici climàtic respecte el carbó, considerant que aquest s'utilitza per a la generació d'electricitat.

6

World Energy Outlook 2017 www.iea.org/bookshop/750-World_Energy_Outlook_2017

4. Factors d'emissió al llarg de la cadena de subministrament del gas

4.1. Definició i classificació de les etapes i operacions

Un dels objectius d'aquest informe és determinar l'impacte climàtic del gas, degut a les fuites que es produeixen al llarg de la seva cadena de subministrament. Per aquest motiu, s'han avaluat 11 estudis científics que determinen quins són els factors d'emissió corresponents a cadascuna de les etapes i operacions d'aquesta cadena de subministrament.

La cadena de subministrament del gas compta amb tres etapes: *upstream*, *midstream* i *downstream*, i cadascuna d'aquestes compta amb diferents operacions. En aquest informe s'ha afegit l'abandonament del pou com a etapa a tenir en compte, ja que es segueixen produint fuites de gas un cop el pou ha estat abandonat.

Cal remarcar que no hi ha establert cap criteri que identifiqui a quina etapa correspon cada operació, per tant, no hi ha uniformitat en les operacions considerades en els estudis avaluats. A més, molts dels estudis defineixen la producció de gas com una operació independent a l'extracció, i posterior a aquesta. En aquest informe, no s'ha tingut en compte l'operació de producció i s'ha unificat amb la d'extracció, ja que s'ha suposat que el gas és un recurs natural i no un producte, ja que les activitats que s'han de realitzar per adequar-lo al seu transport i consum són mínimes.

L'estimació dels factors d'emissió en les diferents operacions de la cadena de subministrament del gas, es poden dur a terme mitjançant dues metodologies diferents, *bottom-up* o *top-down*. La metodologia *bottom-up* considera les emissions generades per dispositiu o element de les instal·lacions i es multiplica per la quantitat d'aquests que es troben en l'escala estudiada, mentre que els estudis que utilitzen la metodologia *top-down* aproximen la quantitat d'emissions de metà atribuïdes a la indústria del gas a través de la concentració de metà que es troba en l'atmosfera, mesurant-lo a través de satèl·lits, avions, torres o vehicles terrestres. Els inventaris de les agències, com és el cas de l'EPA, o de la indústria del gas, acostumen a ser calculats a través de la metodologia *bottom-up*, mentre que els estudis de camp es fan amb metodologia *top-down*.

Per tal de poder comparar els factors d'emissió que s'especifiquen per a cadascuna de les operacions en els diferents estudis que s'han avaluat, s'ha generat una taula resum que inclou la classificació de

Upstream



Perforació del pou

Activitats de perforació i canalització per tal de poder accedir al reservori

Flowback

Operació exclusiva per a la construcció del pou de gas natural no convencional corresponent a l'aigua que és retornada després de dur a terme fracking

Extracció

Explotació del reservori i obtenció del gas

Descàrrega de líquids

Separació del gas dels líquids amb els qual es troba barrejats, com és el cas de l'aigua

Midstream



Transport per gasoducte

Injecció del gas extret fins a la planta de processament del propi jaciment o recinte d'explotació

Downstream



Processament del gas

Operació necessària per eliminar impureses que puguin comportar problemes de corrosió en el gasoducte i injecció en el gasoducte de transmissió del gas

Transmissió

Transport en gasoducte i tractament en la planta de compressió del gas, des del jaciment fins la planta de distribució o de liqüefacció

Emmagatzematge

Emmagatzematge del gas en els dipòsits de la planta de distribució, liqüefacció o regasificació



Distribució

Transport del gas des de la planta de distribució o regasificació fins al consumidor

les operacions dins de les etapes, considerant el criteri establert en aquest informe (veure taula 4). Les files de la taula les conformen els 11 estudis que s'han analitzat i les columnes les operacions de la cadena de subministrament del gas.

4.2. Limitacions i condicionants del context actual

La indústria és la que determina en quines instal·lacions es poden mesurar les fuites de metà produïdes en els diferents elements i dispositius. Això suposa una gran dificultat per poder obtenir mesures de caràcter independent i objectives (Caulton et al. 2014). Aquest fet limita la mida, la representativitat de la mostra i tendeix a subestimar els valors dels factors d'emissió en les diferents operacions. La solució seria que aquestes mesures es duguessin a terme per avaluacions y monitoratge independent, i no amb un pacte previ amb la pròpia indústria (Karion et al. 2013).

La gran majoria de publicacions que analitzen les emissions de metà arreu del món demostren que molt pocs factors d'emissió han estat verificats de manera empírica. Per tal de poder reduir la incertesa sobre les fuites de metà i els ratis d'alliberament del gas que no pot ser canalitzat adequadament, cal dur a terme mesures directes en les diferents parts del món.

També s'ha de fer èmfasi en l'extracció de gas i petroli i les activitats i processos que comprenen, ja que la major part del metà corresponent a les fuites, és cremat o alliberat durant aquesta operació, degut a que les canonades no tenen la capacitat suficient perquè es reinjecti tot el gas extret, o perquè representa un cost econòmic molt elevat (Schneising et al. 2014). Les fuites produïdes en aquesta operació i en la de processament de gas es generen principalment en les vàlvules i compressors, en l'alliberament de manera descontrolada en les operacions rutinàries (dispositius pneumàtics) i en les operacions periòdiques de manteniment (Marchese et al. 2015)

Taula 4: Taula resum comparativa dels factors d'emissió determinats en cada operació, distingint entre estudis que han utilitzat la metodologia bottom-up o top-down. Les files les conformen els 11 estudis que s'han analitzat i les columnes les operacions de la cadena de subministrament del gas definides en aquest informe.

	Etapas									
	Upstream				Midstream	Downstream				Abandonament del pou
	Perforació del pou	Flowback	Extracció	Descarga de líquids	Transport gasoducte	Procesament pel por gasoducte	Transmissió	Emmagatzematge	Distribució	
Howarth et al. 2011	Conv. -> 0,01% No conv. -> 0,33% (0,62% Wood et al. 2011)	Conv. -> 0% No conv. -> 1,6%	0,3% - 1,9%	0% - 0,26%		0% - 0,19%	1,4% - 3,6%			
Venkatesh et al. 2011			1,5 - 3,2% (2,2%)							
Howarth et al. 2012	1,70%						0,9%			
Karion et al. 2012			6,2% - 11,7%							
Allen et al. 2013		0,42%								
Brandt et al. 2013		0 % - 0,26%	0,1% - 2,35% (1%)						0% - 0,8% (0,15 %)	0 % - 1% (0,08 %)
Caulton et al. 2014	7%									
Petron et al. 2014			2,6% - 5,6% (4,1%)							
Schneising et al. 2014	Bakken --> 2,8% - 17,4% (10,1%) i Eagle Ford --> 2,9% - 15,3% (9,1%)									
Marchese et al. 2015			0,47%							
Höglund- Issakson 2017			Conv. -> 0,03% - 0,72% (0,52%) No con. -> 0,57% - 5%							

Indicaciones

0,1 % - 2,35 % (1%): Valor mínim - valor máxim (Mediana)

Conv.: Extracció de gas convencional

No conv.: Extracció de gas convencional

Bakken i Eagle Ford: Jaciments de gas no convencional dels EUA

 Top-down (gas no convencional)

 Bottom-up

El criteri fonamental i variable de la U.S Environmental Protection Agency (EPA)

L'EPA dels EE.UU. és un dels majors referents a nivell mundial en l'estimació dels factors d'emissió de metà de les diferents etapes i operacions al llarg de la cadena de subministrament del gas, tot i ser una agència nacional.

L'any 2009, l'EPA encara no distingia entre el gas convencional del no convencional, utilitzant valors per estimar les emissions de metà d'un estudi realitzat l'any 1996 conjuntament amb la pròpia indústria⁷ (Howarth 2014).

A principis de 2010, l'EPA va fer constar per primer cop la distinció entre el gas convencional, del que no ho és. En el cas del gas convencional es va actualitzar el valor del factor d'emissió corresponent a l'etapa *upstream*, de 0,2% a 1,6%, i pel no convencional de 0,2% a 3,0%. El valor del factor d'emissió de l'etapa *downstream* es va mantenir en 0,9% (Howarth 2014). Cal tenir en compte que un estudi realitzat per Dlugokencky (2003) demostrava valors més alts en l'etapa de *downstream* a Europa.

L'any 2013, l'EPA va disminuir el valor del factor d'emissió durant l'*upstream* basant-se en un informe realitzat per la indústria⁸, en el qual es consideraven negligibles les fuites de metà corresponents a la descàrrega de líquids i afirmant que les produïdes durant les activitats de refracturació eren més baixes que quan s'utilitza per primera vegada per la construcció d'un pou (Howarth 2014).

L'any 2015, l'EPA va fer un pas endavant perquè es reduïssin la quantitat d'emissions de metà durant la construcció dels pous, a través de l'aplicació de tècniques de captura de les fuites actuals produïdes durant aquestes operacions, en resposta als resultats presentats en l'estudi Howarth (2014) i les crítiques rebudes per l'actualització de les dades de l'any 2013.

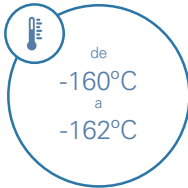
⁷ U.S Environmental Protection Agency (1996) www.epa.gov/sites/production/files/2016-08/documents/1_executiveummary.pdf

⁸ American Petroleum Institute (2012) www.api.org/~media/Files/News/2012/12-October/API-AN-GA-Survey-Report.pdf

5. Propietats del GNL

Per passar el gas d'estat gasós a líquid cal sotmetre'l a un procés de criogenització a aproximadament -160°C , el qual redueix el seu volum en més de 600 vegades. La composició del GNL depèn directament de les característiques del gas que s'ha extret del pou i del pretractament i procés de líquüefacció que es duen a terme en la pròpia planta de líquüefacció (veure taula 5). En alguns casos els requeriments del consumidor i la finalitat que se li donarà també poden influir.

Punt d'ebullició



Densitat



Poder calorífic superior



Taula 5: Propietats termo-físiques del GNL.
(Font: Dobrota et al. (2013))

Les aplicacions que se li poden donar al GNL són la de generació d'energia, demanda residencial i industrial, emmagatzematge de gas per fer front als pics de demanda i com a combustible per a vehicles pesats per al transport marítim (els propis vaixells metaners), per carretera i ferrocarrils.

La cadena de subministrament del GNL està constituïda per les següents etapes (API 2015): Tractament del gas, líquüefacció, transport en vaixell metaner del GNL, emmagatzematge i regasificació.

El Boil-Off Gas (BOG) i les emissions associades al GNL

El BOG es genera quan el GNL s'evapora, degut a la calor intercanviada amb l'exterior. El principal factor que hi contribueix és la temperatura exterior. El BOG està conformat principalment per metà i nitrogen, ja que són els components del GNL que s'evaporen primer. El BOG és utilitzat com a combustible, tot i que també pot ser reliquat, depenent del tipus de vaixell metaner. La majoria del BOG es genera durant el transport en vaixell del GNL, en un rati d'entre 0,10 i 0,15% del volum transportat per dia, en el cas de comptar amb les millors tecnologies disponibles. En el cas dels dipòsits d'emmagatzematge, aquest rati és inferior al 0,05% del volum total contingut en el dipòsit per dia, tot i que pot variar entre el 0,02 i el 0,1% (Dobrota et al. 2013). L'energia consumida pel procés de criogenització és de 0,81 kWh/kg de GNL, la majoria de la qual es desprèn en forma de calor, el 70% aproximadament, i la resta s'anomena *cold energy*, que és la que queda emmagatzemada en el GNL i s'allibera durant el procés de regasificació (Franco & Casarosa 2014).

La *Gas Combustion Unit* és el mecanisme que permet cremar l'excés de BOG produït. En el cas que el vaixell metaner es trobi amarrat a port, el BOG és alliberat directament a l'atmosfera, ja que està prohibit cremar-lo dins del recinte del port per motius de seguretat (Browman & Briers 2009). Aquest mètode de gestionar el BOG suposa un impacte climàtic més significatiu que la utilització de la *Gas Combustion Unit*, ja que la composició del BOG és de pràcticament 100% metà.

6. Característiques i classificació dels vaixells metaners

Una de les característiques particulars dels vaixells metaners és que els dipòsits estan constituïts per materials especials i sistemes tecnològics avançats per tal de poder mantenir el gas criogenitzat. Tot i que la configuració dels tancs pot ser diferent, la resta d'elements que configuren l'estructura del vaixell no canvien (veure figura 1).

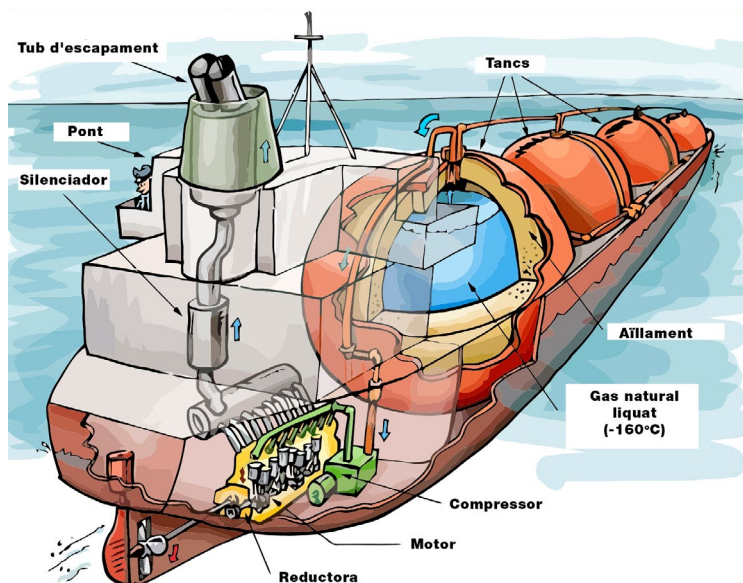


Figura 1:
Esquema de
l'estructura d'un
vaixell metaner
(Font:API (2015))

Els vaixells metaners es classifiquen segons el volum de GNL que poden transportar. Els diferents tipus de vaixells metaners que existeixen són: *small*, *small conventional*, *large conventional*, *Q-Flex* i *Q-Max*. La figura 2 mostra les característiques de cadascun d'ells.

Els *small conventional* són el tipus de vaixell metaner que més s'ha construït fins a mitjans de la dècada passada, ja que l'evolució de la tecnologia va permetre que els *large conventional* poguessin realitzar els trànsits en condicions similars als *small conventional*. A més, aquests compten amb una major capacitat

Capacitats i característiques per a cadascun dels tipus de vaixells metaners existents (Figura 2)

Small



Fins a 90.000m³

Aquests s'acostumen a utilitzar en trànsits curts i donen flexibilitat al mercat del GNL, ja que permeten fer front a situacions desfavorables per satisfer la demanda de consum.

Small conventional



120.000-150.000m³

La seva capacitat es troba en un punt òptim que permet transportar un volum considerable i realitzar els trànsits en temps raonables.

Large conventional



150.000-180.000m³

L'evolució tecnològica de l'última dècada ha permès que aquest tipus de vaixell metaner tingui les mateixes propietats que els *small conventional*, però amb una capacitat major.

Q-Flex



200.000-220.000m³

Q-Max



260.000-300.000m³

Aquests són els únics vaixells metaners que compten amb una planta de liqüefacció integrada per tal de poder retornar el BOG a estat gasós i que es produeixin les mínimes pèrdues durant el trànsit, ja que aquests acostumen a ser molt llargs. La resta solen utilitzar el BOG com a combustible.

7. Descripció del mercat europeu de GNL i les emissions associades

7.1. Caracterització

El mercat europeu de GNL durant l'any 2016 ha tingut intercanvis entre nou països exportadors i onze importadors (comptant Turquia).

Per tal que s'entenguin millor les interrelacions entre països en la cadena de subministrament, s'ha representat en un mapa mundial el mercat europeu de GNL pel 2016. (veure pàg. 16 i 17)

7.2. Resultats

Els ports de la Unió Europea han rebut 664 trànsits durant l'any 2016. L'estimació d'emissions s'ha realitzat tenint en compte els rangs dels factors d'emissió establerts en l'estudi Howarth et al. (2011) per a cadascuna de les operacions, excepte les corresponents a la cadena de subministrament de GNL, que s'ha fet considerant els càlculs realitzats en aquest informe. La capacitat del vaixell metaner per a als principals països exportadors correspon al que ha realitzat més trànsits cap als port europeus durant l'any 2016.

País d'origen	Capacitat del vaixell metaner (m³)	Emissions (tCO ₂ eq)	
Qatar	148.786	Min.	120.045
		Màx.	361.996
Algèria	75.500	Min.	61.100
		Màx.	179.583
Nigèria	160.000	Min.	130.975
		Màx.	382.067
Noruega	140.000	Min.	114.664
		Màx.	349.453

Taula 6: Rang d'emissions produïdes al llarg de la cadena de subministrament del gas abans que el vaixell metaner arribi al port de destí, distingint entre tipus de vaixell metaner. La capacitat considerada per a cadascun d'aquest és la promig.

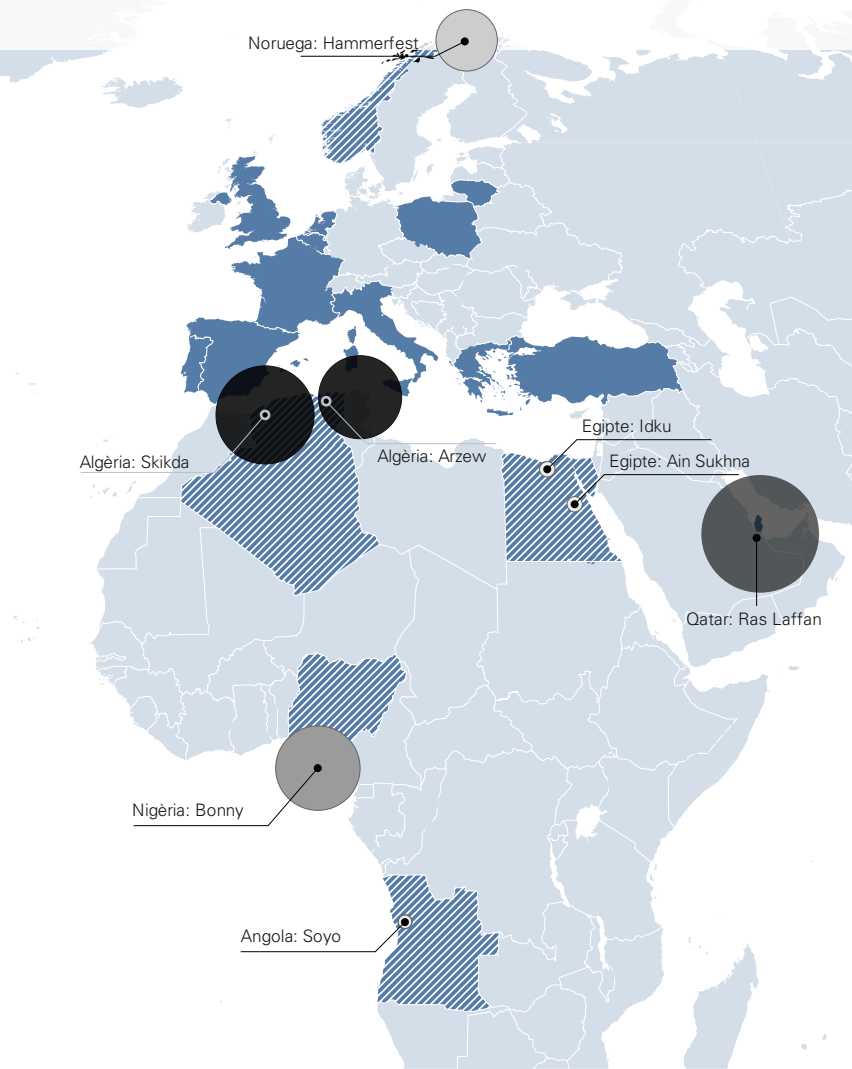
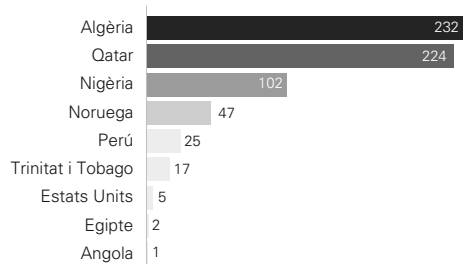
Per millorar la compressió de les emissions associades a la cadena de subministrament de gas es dividiran entre les emissions anuals per càpita de la població europea⁹. Dit això, els resultats obtinguts són:

- El trànsit menys emissor (Algèria) té un rang d'emissions de 61.100 a 179.583 tCO₂eq. Això suposa les emissions d'entre 9.000 i 27.000 ciutadans europeus.
- El trànsit més emissor (Nigèria) té un rang d'emissions de 130.975 a 382.067 tCO₂eq. Això suposa les emissions d'entre 19.500 i 57.000 ciutadans europeus.
- Si sumem totes les emissions dels trànsits a la UE obtenim un rang d'emissions de 67.623.763 a 199.914.106 tCO₂eq. Això suposa les emissions d'entre 10 i 30 milions de ciutadans europeus.

⁹ Emissions de CO2 per capita d'un ciutadà europeu. Banc Mundial http://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.PC?name_desc=false

Trànsits de GNL

Nombre de trànsits per país exportador



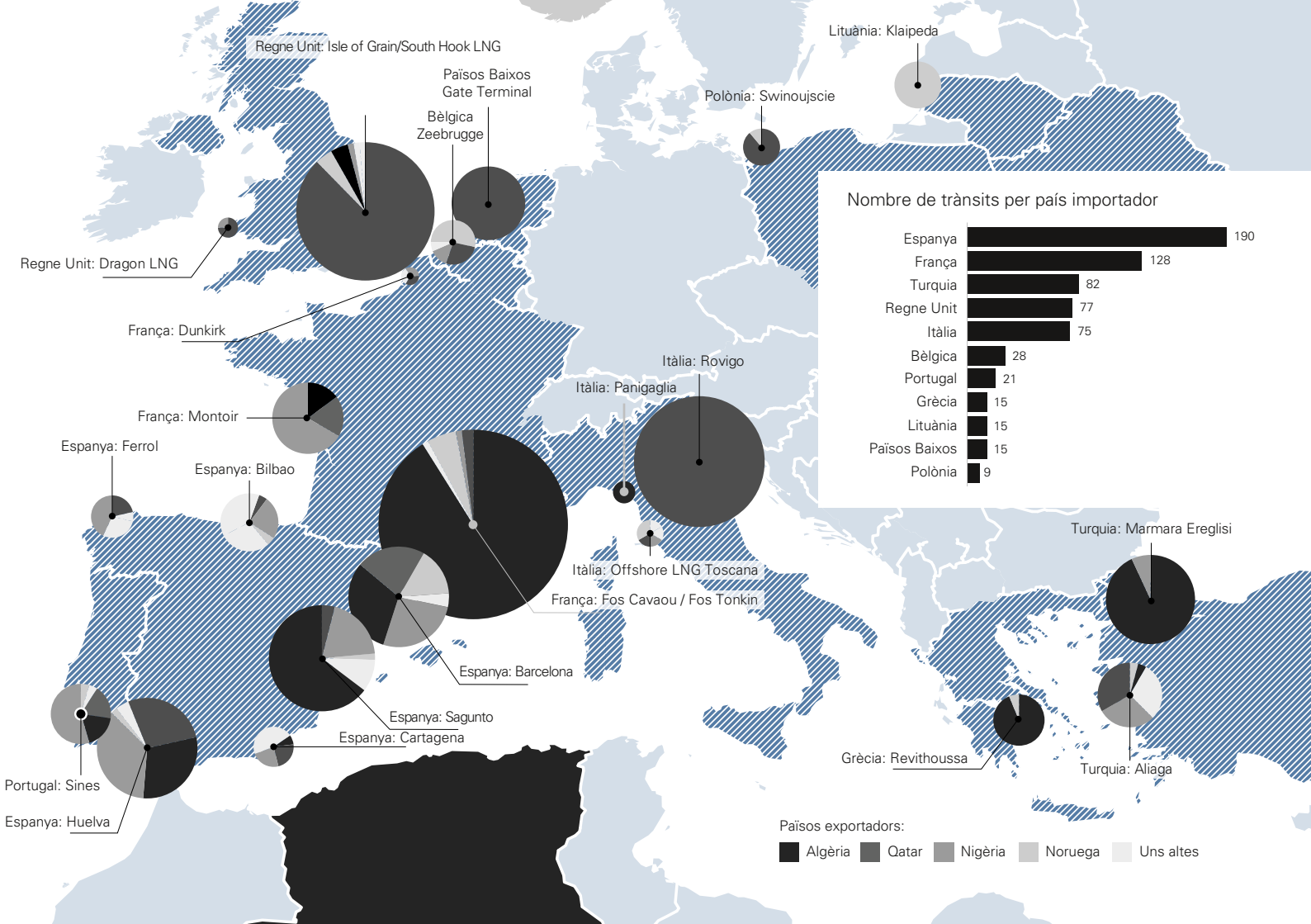


Figura 3: Classificació dels països europeus importadors de GNL durant l'any 2016, segons el volum total de GNL importat i considerant el país exportador.

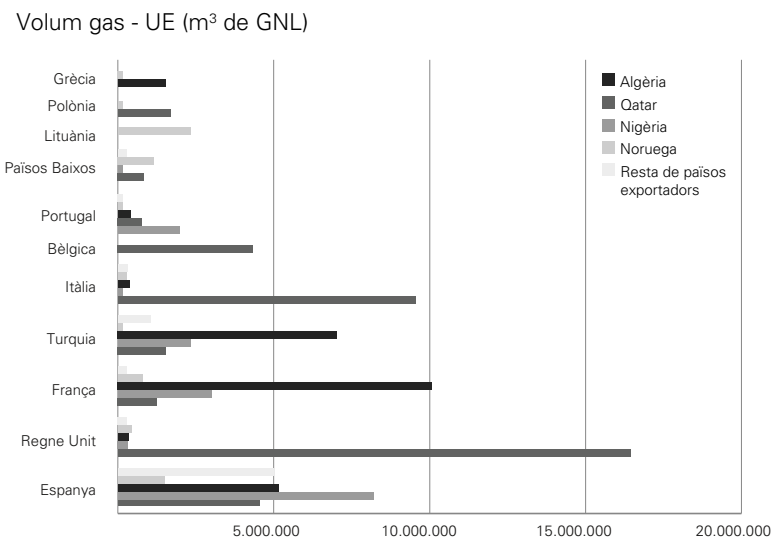
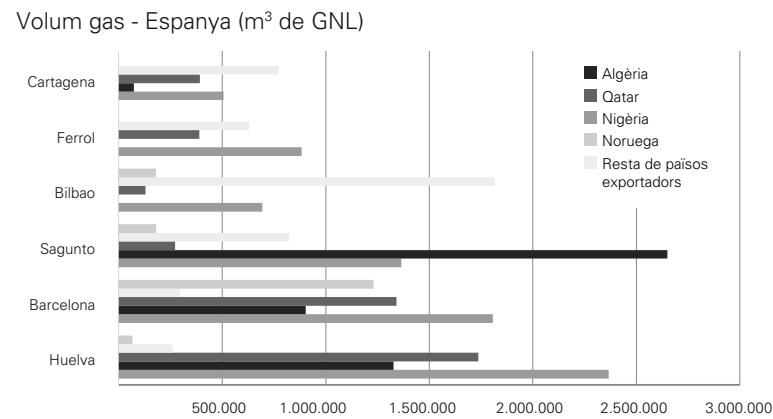


Figura 4: Classificació dels ports espanyols importadors de GNL durant l'any 2016, segons el volum total de GNL importat i considerant el país exportador.



8. La importància del Port de Barcelona en el mercat europeu del gas

8.1. Caracterització

Una de les iniciatives de la UE en el sector energètic, més concretament en el gasístic, és deixar de dependre de Rússia, estenent la seva infraestructura i diversificant els exportadors de gas. Aquest objectiu fa que l'Estat espanyol, i especialment Barcelona, tinguin un paper important a nivell geoestratègic, degut a la seva ubicació geogràfica i la seva capacitat d'importació, ja sigui via gasoductes d'interconnexió amb Algèria o bé a través de les plantes de regasificació situades als sis ports que ara mateix estan operatius.

També cal tenir en compte que L'Estat espanyol és el quart país del món en capacitat de regasificació i té un 36% de la capacitat de la Unió Europea, malgrat que el seu ús sempre ha estat molt inferior.

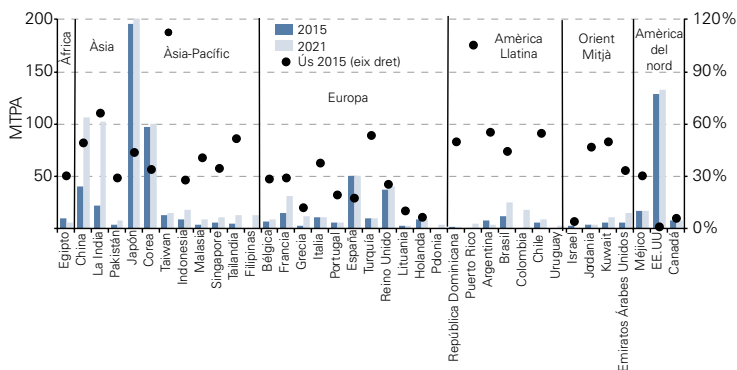


Figura 5: Capacitat de les terminals d'importació en milions de tonelades per any (MTPA) i rati d'ús en percentatge. Font: World LNG Report 2016 IGU¹⁰

Les set plantes que es troben ubicades en el territori espanyol (sis operatives i una en hibernació) sumen 68,9 bcm. Els tres màxims proveïdors de GNL a l'Estat espanyol són Nigèria, Algèria i Qatar, tot i que Algèria lidera les exportacions a l'Estat pels dos gasoductes que la connecten directament amb la Península.

En el cas de la planta regasificadora del Port de Barcelona, compta amb una capacitat de 17 bcm, que representa un 24,67% de la capacitat de regasificació d'Espanya i un 8,18% de la UE. La seva importància també ve donada del fet que va ser la primera planta regasificadora a construir-se a l'Estat espanyol, i de les primeres a la UE, ja que data del 1968. Al igual que la major part de les plantes regasificadores europees, el grau d'utilització de la planta de Barcelona en els últims

Volum gas - Port de Barcelona (m³ de GNL)

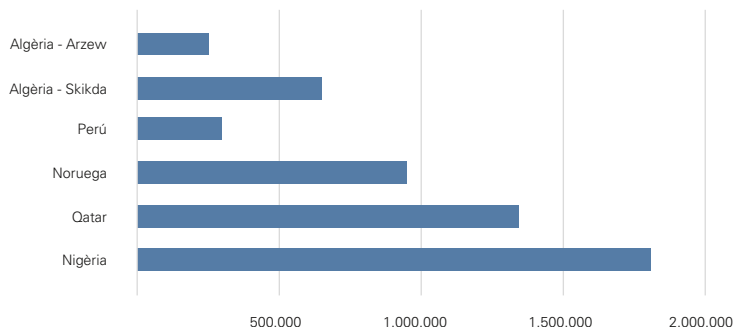


Figura 6.
Volum de gas
importat al Port de
Barcelona durant l'any
2016, distingint entre
els ports exportadors.

anys no ha superat el 50% i normalment es troba entre 15% i el 20%.

El gas que arriba a la planta de Barcelona pot ser vehiculat a través de la xarxa de gasoductes cap a la ciutat o cap a altres municipis. En anys recents, les instal·lacions del Port servien per reexportar gas, és a dir, el gas s'importava des dels exportadors tradicionals (Qatar, Algèria, Nigèria, etc...) i és reexportava a Brasil, Japó, Corea del Sur, l'Índia, etc... Això venia motivat pels preus dels mercats del gas i pels contractes *take or pay*. Per una banda, el mercat asiàtic, principalment importador, sempre ha mantingut uns preus del gas molt alts i això el converteix en un mercat més lucratiu. Per altra banda, els contractes amb clausules *take or pay* comporten el pagament d'una quantitat de gas encara que no s'importi. La caiguda del consum intern combinat amb aquestes clausules, fa que sigui millor importar el gas i reexportar-lo, malgrat no tinguí cap sentit des d'un ús racional i eficient dels recursos.

Un altre punt a destacar és que el Port de BCN, junt amb el de Bilbao, són els que estan més propers a la frontera amb França i, per tant, tenen la possibilitat de transportar gas a la UE a través de gasoducte. Segons la Comissió Europea (CE), l'Estat espanyol té una mancança d'infraestructures d'interconnexió elèctrica i gasística. D'aquí que es promou un nou gran gasoducte anomenat MidCat que interconnectaria les xarxes catalanes amb les franceses. Aquest gasoducte ha rebut una forta resposta d'oposició de les comunitats locals afectades pel seu traçat perquè ancoren la transició energètica al consum d'un combustible fòssil i perquè no beneficia als territoris de pas.

Podríem dir doncs, que els ports d'importació de gas com el Port de BCN actuen com autèntics hubs de distribució de gas, interconnectant subministradors amb consumidors. Malgrat aquest no és l'objectiu del present estudi, val a dir que entre els països exportadors es troben règims corruptes i autoritaris, on les elits nacionals i transnacional es beneficien directament del negoci dels hidrocarburs.

PAÍS	Algèria	Nigèria	Qatar
IDH 2015	! 0,736	✗ 0,514	✓ 0,85
POS. 1-188	83	152	32
CATEGORIA IDH	alt	baix	molt alt
ÍNDEX DEMOGRÀCIA 2015	✗ 3,95	! 4,62	✗ 3,18
POS. 1-167	118	108	134
TIPUS DE RÈGIM	Autoritari	Democr. parcial	Autoritari
ÍNDEX DE PAU GLOBAL 2015	! 2131	✗ 2910	✓ 1568
POS. 1-162	104	151	30
FRAGILITAT D'ESTAT FRÀGIL 2016	✗ 78,3	✗ 103,5	✓ 45,1
POS. 1-178	89	169	119
FRAGILITAT ESTAT	Risc	Alerta alta	Estable
PERCEP. DE LA CORRUPCIÓ	✗ 36	✗ 26	✓ 71
POS. 1-167	88	136	22
COEFICIENT GINI	0,353	0,488	sense dades
ANY	1995	2010	2012

Figura 7:
Índexs proposats
per diferents
organitzacions dels
principals països
exportadors de GNL
a la UE durant l'any
2016

Segurament els impactes socioambientals de la indústria del petroli i el gas estan ben documentats, tot i que això no vulgui dir que s'hagi posat remei. Però si tornem a la dimensió de l'impacte climàtic, podríem avaluar les emissions associades que tenen els trànsits de GNL fins el Port de BCN? Dit d'una altra manera, podem quantificar les emissions des de l'extracció fins l'arribada al port?

8.2. Resultats

Pels 44 vaixells que han arribat a la planta regasificadora de Barcelona l'any 2016, l'estimació d'emissions s'ha realitzat tenint en compte els rangs dels factors d'emissió establerts en l'estudi Howarth et al. (2011) per a cadascuna de les operacions, excepte les corresponents a la cadena de subministrament de GNL, que s'ha fet considerant els càlculs realitzats en aquest informe. La capacitat del vaixell metaner per a cadascun dels països correspon al que ha realitzat més trànsits cap al port de Barcelona durant l'any 2016.

Per millorar la compressió de les emissions associades a la cadena de subministrament de gas es dividiran entre les emissions anuals per càpita de la població europea¹¹.

¹¹ Emissions de CO2 per capita d'un ciutadà europeu. Banc Mundial http://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.PC?name_desc=false

Taula 7:
Emissions
associades a les fuites
de metà produïdes
al llarg de la cadena
de subministrament
del gas pels trànsits
que han arribat al port
de Barcelona durant
l'any 2016, diferen-
ciant entre els països
d'origen.

Dit això, els resultats obtinguts són:

País d'origen	Capacitat del vaixell metaner (m³)	Emissions (tCO ₂ eq)	
Nigèria	141.021	Mín.	113.567
		Màx.	334.874
Algèria	75.500	Mín.	59.959
		Màx.	178.443
Qatar	138.273	Mín.	114.403
		Màx.	333.470
Noruega	147.980	Mín.	127.777
		Màx.	354.757
Perú	155.000	Mín.	127.224
		Màx.	359.926

- El trànsit menys emissor (Algèria) té un rang d'emissions de 59.959 a 178.443 tCO₂eq. Això suposen les emissions d'entre 9.000 i 26.500 ciutadans europeus

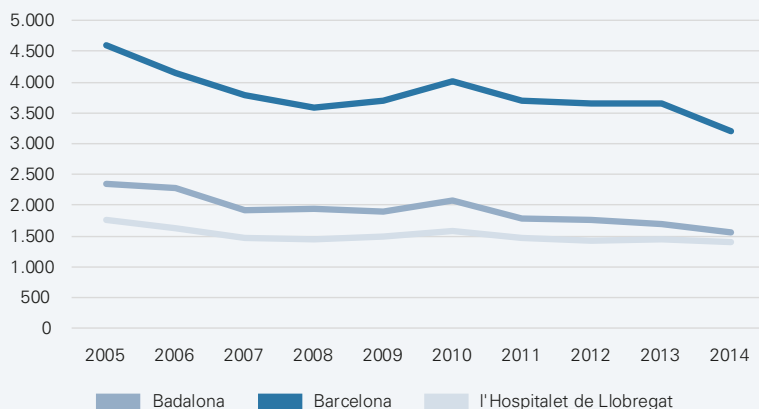
- El trànsit més emissor (Perú) té un rang d'emissions de 127.224 a 359.926 tCO₂eq. Això suposen les emissions de 19.000 i 54.000 ciutadans europeus.

- Si sumem totes les emissions dels trànsit al port de Barcelona obtenim un rang d'emissions de 4.488.789 a 13.032.531 tCO₂eq. Això suposa les emissions d'entre 670.000 i 2 milions de ciutadans europeus.

El gas a Barcelona.

El consum de gas de la ciutat de Barcelona ha patit el mateix descens que altres ciutats i territoris degut principalment a la crisi econòmica. La presència de grans empreses del sector del gas com Gas Natural Fenosa fa que Barcelona tinguin una forta implantació del gas, malgrat ser una ciutat mediterrània amb un clima que, a priori, no requereix de grans aportacions de calor per mantenir el confort tèrmic de les llars.

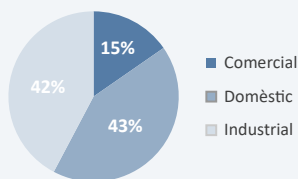
Consum per habitant kWh/any (Font: AMB)



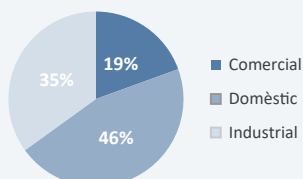
Els sectors més consumidors són el domèstic i no s'han produït canvis destacables en l'última dècada, tot i que caldria analitzar en profunditat les dinàmiques internes de cada sector. A l'Estat espanyol, per exemple, la caiguda del consum de gas ha vingut provocada principalment per la baixa utilització de les central de cycle combinat i el sector domèstic, en canvi, ha tingut un lleuger descens, malgrat el patiment de moltes famílies per poder afrontar el pagament de les factures energètiques

Sectors consumidors de gas a la ciutat de Barcelona (Font: AMB)

2005

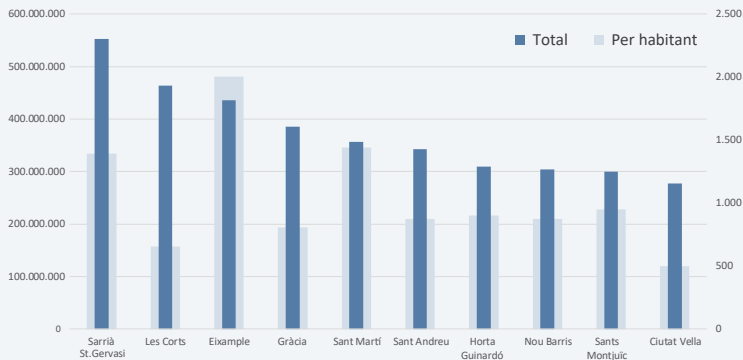


2014



Les dades per disicrete, revelen que el consum de gas es concentra en els barris amb major renda per càpita, sobre tot en la mesura per habitant.

Consum Gas Natural Sector residencial kWh/any (2013) (Font: AMB)



9. L'auge dels EE.UU. en el mercat mundial del GNL

9.1. Caracterització

Tot i que els EE.UU. només han realitzat cinc trànsits cap a la UE durant l'any 2016, es projecta que en els pròxims anys augmenti aquesta xifra i pugui convertir-se en un dels majors exportadors a nivell mundial. Per aquest motiu, s'avaluen les emissions associades als trànsits des dels EE.UU. a UE, Estat espanyol i Port de Barcelona. Cal recordar que, ara per ara, és l'únic país que exporta gas no convencional, el que comporta un major impacte climàtic.

El trànsit escollit a nivell de la UE, és el que va tenir com a destí Portugal l'any 2016, ja que és l'únic que es va realitzar amb un vaixell metaner *large conventional*. En el cas de l'Estat espanyol, s'ha agafat el que va arribar a Ferrol aquell mateix any en un vaixell *small conventional*, i pel port de Barcelona s'han estimat les emissions que suposaria el trànsit si el realitzés el mateix vaixell metaner (veure taula 8). Val a dir que Gas Natural Fenosa ha llogat quatre vaixells metaners per tal d'importar gas no convencional de la planta liquèfactora de Sabine Pass (EE.UU.) durant els pròxims vint anys (The Free Organisation 2017).

També s'ha de destacar que les emissions estimades pel Port de Barcelona es realitzen mitjançant suposicions merament teòriques, ja que no s'ha produït cap trànsit durant l'any 2016. Això repercuteix en valors més baixos si són comparats amb els de trànsits reals, com és el cas del corresponent a nivell espanyol.

9.2. Resultats

Pels cinc vaixells metaners que han sortit dels EE.UU. cap a la UE durant l'any 2016, l'estimació d'emissions s'ha realitzat tenint en compte els rangs dels factors d'emissió establerts en l'estudi Howarth et al. (2011) per a cadascuna de les operacions, excepte les corresponents a la cadena de subministrament de GNL, que s'ha fet considerant els càlculs realitzats en aquest informe.

Per millorar la compressió de les emissions associades a la cadena de subministrament de gas es dividiran entre les emissions anuals per càpita de la població europea.¹²

Taula 8:
Emissions associades a les fuites de metà produïdes al llarg de la cadena de subministrament del gas pels trànsits van des dels EE.UU. fins a Portugal, l'Estat espanyol i el Port de Barcelona

Trànsit	Capacitat del vaixell metaner (m³)	Emissions (tCO ₂ eq)	
Portugal (real)	174.000	Mín.	278.239
		Màx.	551.301
Estat espanyol (real)	138.000	Mín.	218.852
		Màx.	435.418
Port de Barcelona (projecció)	138.000	Mín.	130.985
		Màx.	374.702

Dit això, els resultats obtinguts són:

- El trànsit real menys emissor (Estat espanyol té un rang d'emissions de 218.852 a 435.418 tCO₂eq. Això suposa les emissions d'entre 32.500 i 65.000 ciutadans europeus.
- El trànsit real més emissor té un rang d'emissions de 278.239 a 551.301 tCO₂eq. Això suposa les emissions d'entre 41.500 i 82.000 ciutadans europeus.
- Si sumem totes les emissions dels cinc trànsit a la UE obtenim un rang d'emissions de 1.153.645 a 2.292.974 tCO₂eq. Això suposa les emissions d'entre 170.000 i 340.000 ciutadans europeus.

¹² Emissions de CO₂ per capita d'un ciutadà europeu. Banc Mundial http://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.PC?name_desc=false

10. Conclusions

En la gran majoria de tractats internacionals i en la classe política, s'ha instal·lat la idea que l'escala de temps per avaluar els impactes climàtics dels GEH és la de 100 anys, tot i que el 5è informe de l'IPCC especifica que "no hi ha cap argument científic per escollir l'escala de temps de 100 anys per comparar els diferents GEH. Tenint en compte la vida en l'atmosfera del metà, l'escala de temps més idònia per avaluar la seva contribució en l'escalfament global és la de 20 anys. Els 4t i 5è informes de l'IPCC han quantificat el PCC del metà per aquesta escala de temps en 72 i 86, respectivament. En cas que es considerin els efectes radiatius directes del metà, el PCC és igual a 79, mentre que aquest valor augmenta fins 105 si es consideren els efectes directes i indirectes (Shindell et al. 2009).

Considerant el PCC del metà i les fuites que es produeixen al llarg de la cadena de subministrament del gas i del carbó, l'estudi realitzat per Alvarez et al. (2012) estableix que el percentatge de fuites de metà a partir del qual el gas deixa de tenir un benefici climàtic respecte del carbó és del 3,2%. Els valors estimats per Howarth (2014) i Sanchez & Mays (2015) són 2,8% i 3,7-3,9%, respectivament. En el cas de la IEA, el WEO 2017 determina que aquest límit es troba en el 3%. Tots els estudis i informes consideren les fuites des de l'extracció del gas fins que arriba al punt de generació elèctrica i utilitzen l'escala de temps de 20 anys.

Tot i que els diferents "lindars del carbó" tenen una variabilitat de poc més del 1%, existeix una gran diferència dels valors associats a les fuites de gas que s'atribueixen a cadascuna de les operacions i etapes que formen part de la cadena de subministrament. Aquesta manca de consens és deguda a la necessitat d'aconseguir: 1) un coneixement més profund sobre quines són les fonts de fuites de gas en els jaciments 2) un acord sobre les metodologies utilitzades i 3) la intervenció de científics independents. Sobre aquest últim punt, remarcar que els costos i dificultats de mesurar les fuites de les instal·lacions són molt elevats, ja que és la pròpia indústria la que determina en quins pous o jaciments es poden prendre les mesures.

Considerant els trànsits que han arribat a la Unió Europea durant l'any 2016, les emissions produïdes des que el gas és extret fins que arriba al port de destí, associades al trànsit menys emissor, són equivalents a les generades anualment per un rang d'entre 9.000 i 27.000 ciutadans europeus. Les corresponents al trànsit més emissor, a les

generades per entre 19.500 i 57.000, i la suma de les emissions de tots els trànsits entre 10 i 30 milions de ciutadans europeus. Pel Port de Barcelona, les emissions associades als trànsits més i menys emissors són semblants a les corresponents a les de la Unió Europea, ja que són els mateixos països d'origen i la capacitat del vaixell metaner és similar. La suma de les emissions corresponents als 44 trànsits que han arribat l'any 2016 són equivalents a un rang d'entre 670.000 i 2 milions de ciutadans europeus. En el cas dels EE.UU., les emissions associades al trànsit menys emissor que ha arribat a la UE són equivalents a un rang d'entre 32.500 i 65.000 ciutadans europeus, mentre que les corresponents al trànsit més emissor a 41.500 i 82.000. La suma de les emissions dels cinc trànsits suposen les produïdes entre 170.000 i 340.000 ciutadans europeus.

Prenent en consideració els resultats de l'estudi, sembla clar que si aixequem la mirada de les xifres de combustió, el gas natural no és tan amic del clima. És un fet incontrovertible que la combustió del gas genera menys emissions de CO₂ que el petroli o el carbó. Ara bé, si avaluem tota la cadena de subministrament, incorporem les fuites de metà i refem els càlculs, la seva contribució a la lluita contra el canvi climàtic, queda en entredit, i en molts casos, fins i tot supera el "llinar del carbó". A més, cal parar especial atenció a la irrupció de gas no convencional al mercat global del gas. Segons els càlculs d'emissions d'en Robert Howarth, la seva entrada dispararia les emissions de metà i podria generar un gran impacte a curt termini.

Referències

Alvarez, R.A. et al., 2012. Greater focus needed on methane leakage from natural gas infrastructure. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(17), pp.6435–40. Available at: <http://www.pnas.org/content/109/17/6435>.

API, 2015. *Liquefied Natural Gas (LNG) Operations: Consistent Methodology for Estimating Greenhouse Gas Emissions*. American Petroleum Institute. Available at: <http://www.api.org/~media/files/ehs/climate-change/api-lng-ghg-emissions-guidelines-05-2015.pdf>

Browman, C. & Briers, K., 2009. *LNG Propulsion alternatives*. CMA CGM Groups. Available at: <https://issuu.com/hec01/docs/lng-propulsion-alternatives-cma>

Caulton, D.R. et al., 2014. Toward a better understanding and quantification of methane emissions from shale gas development. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(17), pp.6237–42. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24733927>.

Cremonese, L. & Gusev, A., 2016. *The Uncertain Climate Cost of Natural Gas*. Institute for Sustainable Studies Working Paper, 3. Available at: http://www.iass-potsdam.de/sites/default/files/files/wp_dec_2016_en_uncertain_climate_cost_of_natural_gas.pdf

Dobrota, Đ., Lalic, B. & Komar, I., 2013. Problem of Boil - off in LNG Supply Chain. *Transactions on Maritime Science*, 2(2), pp.91–100. Available at: http://www.toms.com.hr/archive/vol2/no2/toms_vol2no2_doi001.pdf.

Franco, A. & Casarosa, C., 2014. Thermodynamic and heat transfer analysis of LNG energy recovery for power production. *Journal of Physics: Conference Series*, 547, p.12012. Available at: <http://stacks.iop.org/1742-6596/547/i=1/a=012012?key=crossref.d190e5b3dea8e8a02bd500e680965c9f>.

Hamouchere, H. & Pérez, A., 2016. *Colonialismo energético: El acaparamiento del gas de la UE de la en Argèlia*. Available at: <http://www.odg.cat/ca/publication/colonialisme-energetic-acaparament-gas-ue-argelia>.

Howarth, R. et al., 2012. Methane Emissions from Natural Gas Systems- Background Paper Prepared for the National Climate Assessment.

Available at: http://www.eeb.cornell.edu/howarth/publications/Howarth_et_al_2012_National_Climate_Assessment.pdf

Howarth, R.W., 2014. A bridge to nowhere: methane emissions and the greenhouse gas footprint of natural gas. *Energy Science & Engineering*, 2(2), pp.47–60.

Available at: <http://doi.wiley.com/10.1002/ese3.35>.

Howarth, R.W., Santoro, R. & Ingraffea, A., 2011. Methane and the greenhouse-gas footprint of natural gas from shale formations. *Climatic Change*, 106(4), pp.679–690.

Karion, A. et al., 2013. Methane emissions estimate from airborne measurements over a western United States natural gas field. *Geophysical Research Letters*, 40(16), pp.4393–4397.

Lelieveld, J. et al., 2005. Low methane leakage from gas pipelines. *Nature*, 434, pp.841–842.

Available at: <http://doi.wiley.com/10.1029/2003GL018126>.

Llistar, D. & Pérez, A., 2016. El acaparamiento energético del estado español: Interferencias sobre terceros asociadas a las políticas de seguridad de los suministros de energía,

Available at: http://www.odg.cat/sites/default/files/acaparamiento_energetico.pdf.

Marchese, A.J. et al., 2015. Methane Emissions from United States Natural Gas Gathering and Processing. *Environmental Science and Technology*, 49(17), pp.10718–10727.

Pérez, A., 2017. La trampa global del gas: Un puesto al desastre, Rosa Luxemburg Shiftung.

Available at: <http://www.odg.cat/ca/publication/lilibre-parany-global-gas>.

Sanchez, N. & Mays, D.C., 2015. Effect of methane leakage on the greenhouse gas footprint of electricity generation. *Climatic Change*, 133(2), pp.169–178.

Schneising, O. et al., 2014. Remote sensing of fugitive methane emissions from oil and gas production in North American tight geologic formations *Earth's Future*. *Earth's Future*, 2(10), pp.1–11.

Shindell, D.T. et al., 2009. Improved attribution of climate forcing to emissions. *Science (New York, N.Y.)*, 326(5953), pp.716–8.

Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19900930>.

The Free Organisation, 2017. Flood of fracking gas from US will arrive soon in Spain. *The Free*.

Available at: <http://doi.wiley.com/10.1002/2016GL067987>.

