

**Full de ruta per a
la transició energètica
i la descarbonització
en l'horitzó 2050**

Indústria

Indústria: Full de ruta per a la transició energètica i la descarbonització en l'horitzó 2050

Edita

© Generalitat de Catalunya
Institut Català d'Energia

1a Edició: Setembre 2026

Redacció i elaboració del document

Fundació Eurecat i Deloitte Technology & Transformation, S.L.U. Col·laboradors

Coordinació

Jaume Margarit, Institut Català d'Energia (ICAEN)
Marc Rotllan, Institut Català d'Energia (ICAEN)
Miquel Balsells, Institut Català d'Energia (ICAEN)

Suport i revisió

Jaume Margarit, Institut Català d'Energia (ICAEN)
Marc Rotllan, Institut Català d'Energia (ICAEN)
Miquel Balsells, Institut Català d'Energia (ICAEN)
Mariona Coll, Institut Català d'Energia (ICAEN)

Disseny cobertes

Claudia Parra

Maquetació

Eva Sánchez, Institut Català d'Energia



Aquesta obra està subjecta a la llicència Creative Commons Reconeixement – NoComercial – SenseObresDerivades 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Se'n permet la reproducció, distribució i comunicació pública sempre que se'n citi l'autoria i no se'n faci un ús comercial ni obres derivades. La llicència completa es pot consultar a: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.ca>

Publicació disponible al Repositori Digital de Medi Ambient:
<https://mediambient.repositori.gencat.cat/>

Índex

1— Introducció	4
2— Objectius i abast sectorial	6
2.1. Objectius de la transició energètica i la descarbonització	6
2.2. Abast sectorial	6
3— Context i marc normatiu	15
3.1. Normativa i polítiques de la Comissió Europea en matèria de descarbonització	15
3.2. Normativa i polítiques d'Espanya en matèria de descarbonització	16
3.3. Normativa i polítiques de Catalunya en matèria de descarbonització	18
4— Diagnosi del sector industrial a Catalunya	22
4.1. Descripció del sector i del seu perfil d'activitat	22
4.2. Consum energètic	34
4.3. Anàlisi de les emissions de gasos d'efecte hivernacle del sector	44
5— Diagnosi energètica i tecnològica	58
5.1. Diagnosi dels processos i les tecnologies industrials	58
5.2. Perspectives de futur del sector industrial, dels seus processos i de les tecnologies associades	61

6— Estratègies de descarbonització del sector industrial	66
6.1. Anàlisi global	67
6.2. Anàlisi d'estratègies	67
7— Full de ruta	82
7.1. Criteris de selecció i prioritització	82
7.2. Resum d'estratègies	87
7.3. Desenvolupament estratègic	88
7.4. Mesures de suport econòmic directe	89
7.5. Mesures de suport tècnic	91
7.6. Full de ruta de descarbonització	92
8— Impacte esperat i sistemes de seguiment	93
8.1. Context i hipòtesis prèvies	93
8.2. Estalvis energètics i reducció d'emissions agregats	93
8.3. Impacte econòmic	96
8.4. Impacte en l'activitat industrial	104
9— Conclusions	106
10— ANNEXOS	108
10.1. Annex 1. Pressupostos de carboni (2030)	108
10.2. Annex 2. Resums executius subsectorials	110

1. Introducció

La crisi climàtica en què ens trobem ha fet que regions, països i organitzacions governamentals hagin hagut d'actuar per tal de tractar de reduir i mitigar l'impacte que tenen sobre el clima a conseqüència del desenvolupament de la seva activitat econòmica.

En aquest context, Catalunya, a través de la Llei 16/2017, de l'1 d'agost, del canvi climàtic, ja posa de manifest la necessitat de fer una transició cap a una economia neutra en emissions de gasos d'efecte hivernacle (GEH), amb l'objectiu d'assolir un model econòmic i energètic no dependent dels combustibles fòssils ni nuclears en l'horitzó de l'any 2050. Davant d'això, el Govern de la Generalitat de Catalunya aprova la Prospectiva Energètica de Catalunya 2050 (PROENCAT 2050), la qual estableix les estratègies per guiar la transició energètica de Catalunya cap a un model descarbonitzat i sostenible l'any 2050.

Posteriorment, el Parlament Europeu, mitjançant la Llei europea del clima, aprovada el 2021, converteix en objectius obligatoris i jurídicament vinculants per al conjunt de la Unió l'assoliment de la neutralitat climàtica l'any 2050 i la reducció de les emissions netes de GEH en almenys un 55 % respecte dels nivells d'emissions de 1990 abans de 2030.

Com es pot percebre, l'objectiu d'assolir la neutralitat climàtica en l'economia ja no és una opció i té un horitzó ben definit. A més, aquesta fita ha de ser transversal a tots els sectors de l'economia, en la qual el sector industrial ha de tenir un paper clau.

Davant d'aquesta situació, la Generalitat de Catalunya ha impulsat diverses iniciatives i mesures per tal d'encaminar i ajudar el sector industrial a dur a terme aquesta transició.

Aquest *Full de ruta per a la transició energètica i la descarbonització en l'horitzó 2050*, d'ara endavant citat com a «pla» o «full de ruta», s'emmarca dins d'aquestes iniciatives amb l'objectiu d'esdevenir un marc de referència que estableixi les estratègies i les mesures concretes que s'han de dur a terme per permetre una transició cap a un sistema industrial neutre en emissions l'any 2050.

Aquests plans pretenen ser la base sobre la qual es deriven els acords, els compromisos i les accions necessàries, per part de tots els agents implicats en la descarbonització de la indústria, perquè aquest camí cap a la neutralitat climàtica es pugui dur a terme i es desenvolupi al seu voltant una economia pròspera, moderna i competitiva.

Els plans que es presenten a continuació són el resultat d'una anàlisi exhaustiva que ha involucrat diversos organismes públics, centres de recerca de referència, consultores especialitzades i una àmplia representació dels agents clau del sector industrial.

El contingut d'aquests plans inclou, en primer lloc, l'obtenció d'una radiografia de l'estat actual del sector: se n'avaluen els principals paràmetres d'activitat, els consums energètics, les emissions i es parametrizen els processos i les tecnologies més habituals. Seguidament, s'elabora un exercici de prospectiva i vigilància tecnològica per analitzar com aquests processos i tecnologies poden evolucionar durant els pròxims anys. Finalment, amb tot el coneixement adquirit, es defineix el full de ruta amb les mesures, les estratègies i les accions necessàries per encaminar el sector cap a la neutralitat climàtica.

Complementàriament, els fulls de ruta també posen de manifest les barreres i els obstacles que poden dificultar-ne l'execució i proposen mesures concretes per mitigar-los. Com a darrer punt, s'hi incorpora una anàlisi d'impacte socioeconòmic que permet visibilitzar els seus efectes sobre l'economia i la societat.

Es prepara aquest full de ruta general per al sector de la indústria de Catalunya com a resum dels fulls de ruta per a la transició energètica i la descarbonització de la indústria que s'han elaborat per a un total de vint sectors industrials. En un apartat posterior, s'aporta el detall dels sectors i subsectors considerats. Aquest document presenta una anàlisi global que integra la visió i les conclusions de tots els sectors i subsectors considerats en aquest pla.

2. Objectius i abast sectorial

2.1. Objectius de la transició energètica i la descarbonització

Com s'ha vist, l'objectiu a llarg termini que ha de satisfer aquest pla és l'assoliment de la neutralitat climàtica dels sectors industrials l'any 2050.

Els plans aquí desenvolupats també fixen fites parcials de descarbonització a curt termini, l'any 2030, amb l'objectiu d'anar encaminant el sector cap a la descarbonització total. Aquests objectius sectorials a curt termini estan fortament influenciats pels objectius fixats en la Llei europea del clima:

- **Reduir les emissions netes de GEH almenys un 55 % respecte dels nivells d'emissions de 1990 abans de 2030.**

Més concretament, el Parlament de Catalunya va aprovar, el dia 4 de desembre de 2025, els primers pressupostos de carboni, els quals estableixen objectius clars de reducció d'emissions en l'horitzó 2030 per a cadascun dels sectors econòmics de Catalunya. Pel que fa a aquest treball, els pressupostos de carboni fixen:

- **Reduir les emissions netes de GEH del sector industrial en almenys un 33 % respecte dels nivells d'emissions de 1990 abans de 2030.**

Més enllà dels objectius de descarbonització industrial, cal adoptar una visió més àmplia i integrar en aquests plans els objectius clau per a la transició energètica a Catalunya. Així, cal tenir present, per exemple, que la Llei 16/2017, de l'1 d'agost, del canvi climàtic:

- Impulsa un model energètic en què el consum de combustibles fòssils tendeixi a ser nul per tal que el **2030 es pugui assolir el 50 % de participació de les energies renovables en el sistema elèctric català i per poder arribar al 100 % d'energies renovables el 2050.**

Alhora, no es deixen de banda tots els principis i objectius estratègics al voltant dels quals Catalunya ha de desenvolupar el camí cap a la transició energètica. En aquesta línia, desenvolupar estratègies i accions que encaminin el sistema energètic català cap a una reducció de la dependència energètica, una major integració de renovables o una prioritització de les mesures d'eficiència energètica, entre d'altres, serà clau per desenvolupar, al seu voltant, una economia pròspera, moderna i competitiva que busqui l'empoderament de ciutadans i empreses i l'impuls d'una transformació social.

Aquest document s'ha preparat per considerar el sector industrial en conjunt, i presenta una visió general dels processos i les tecnologies associades a les activitats industrials. S'ha intentat no entrar en un gran nivell de detall per assegurar que les anàlisis i les conclusions d'aquest full de ruta són aplicables a tots els sectors i subsectors industrials.

2.2. Abast sectorial

Aquest full de ruta per a la descarbonització s'ha elaborat sectorialment i s'ha establert un marc general d'anàlisi i actuació per al conjunt del sector industrial. Tanmateix, per tal de captar la

diversitat de processos productius i perfils energètics dins el sector, s'ha treballat amb una desagregació subsectorial basada en les agrupacions més representatives de la Classificació catalana d'activitats econòmiques (CCAEC) 2009, aprovada mitjançant el Decret 137/2008, de 8 de juliol.

Aquesta desagregació permet identificar les especificitats de cada subsector, tant pel que fa a la tipologia de productes elaborats i processos involucrats com en relació amb les tecnologies utilitzades i els consums energètics associats. Així mateix, facilita una aproximació més ajustada a l'hora de definir mesures per a la descarbonització del sector.

De cara a l'organització dels plans aquí definits, s'han establert dos nivells de desagregació subsectorial:

- Nivell 1: desagregació subsectorial per activitat.
- Nivell 2: desagregació subsectorial per producte.

En el primer nivell d'activitat s'agrupen els subsectors en vint (20) grans famílies, segons l'activitat general que cadascuna desenvolupa.

Paper i cartó	Alimentació, begudes i tabac	Cuir i calçat	Transformats del cautxú
Fusta, suro i mobles	Extractives no energètiques	Arts gràfiques i edició	Transformats plàstics
Indústria diversa	Tractament d'aigües	Bugaderies industrials	Energètic
Químic	Siderúrgia i foneria fèrrica	Metal·lúrgia no fèrrica	Transformats metàl·lics
Ciment artificial	Vidre	Altres productes minerals no-metàl·lics	Tèxtil i confecció

Figura 1. Nivell 1 de desagregació subsectorial. Font: elaboració pròpia.

De cadascuna d'aquestes vint famílies s'ha desenvolupat un pla de descarbonització, que es reflecteix i materialitza en vint documents independents. Tot i que aquestes agrupacions ja permeten parametritzar de manera general el comportament actual i les tendències futures de cadascuna d'aquestes famílies, per poder fer una anàlisi més detallada en l'àmbit productiu i, er

tant, energètic de cada un dels subsectors d'aquestes famílies, cal afegir un nivell de desagregació més gran.

Així, el segon nivell permetrà desagregar, dins una mateixa família, els subsectors en entitats més petites, molt relacionades en com cada una d'aquestes entitats consumeix i fa ús de l'energia. Això permetrà **segmentar i definir un full de ruta d'estratègies, accions i mesures específiques per a cadascuna d'aquestes entitats, cosa que millorarà la seva concreció i fidelitat.**

En aquest nivell, es desagreguen les agrupacions subsectorials següents, d'acord amb les activitats productives i els codis CCAE corresponents:

- **Fabricació de paper i pasta de paper (CCAIE 1711, 1712):** la fabricació de pasta de paper, i també la fabricació de paper i cartó per a un tractament industrial posterior, incloent-hi l'encolatge, el recobriment i la impregnació del paper i el cartó, la fabricació de paper arrissat o plegat, la fabricació de paper d'alumini i laminats de paper i cartó, la fabricació de paper fet a mà, la fabricació de paper premsa i un altre paper d'edició o escriptura, la fabricació de buata de cel·lulosa i bandes de fibra de cel·lulosa, o la fabricació de paper de calcar i paper estergit.
- **Fabricació d'articles de paper (CCAIE 1721, 1722, 1723, 1724, 1725):** fabricació de paper i cartó ondulats, d'envasos i embalatges de paper i de cartó (CCAIE 1721), fabricació d'articles de paper i de cartó per a ús domèstic, sanitari i higiènic (CCAIE 1722), fabricació d'articles de papereria (CCAIE 1723), fabricació de papers pintats (CCAIE 1724) i fabricació d'altres articles de paper i de cartó (CCAIE 1725).
- **Indústries de productes carnis (CCAIE 1011, 1013):** sacrifici de bestiar i conservació de carn, excepte volateria (CCAIE 1011) i elaboració de productes carnis i de volateria, corresponent a activitats de transformació d'aquests aliments dins de la indústria alimentària (CCAIE 1013).
- **Indústries de productes de molinaria, farina, panificació i alimentació diversa (CCAIE 1061, 1071, 1072, 1073, 1082, 1084, 1086, 1089):** fabricació de productes de molinaria (CCAIE 1061), fabricació de pa i productes frescos de fleca i pastisseria (CCAIE 1071), fabricació de galetes i productes de fleca i pastisseria de llarga durada (CCAIE 1072), fabricació de pastes alimentàries (CCAIE 1073), fabricació de cacau, xocolata i productes de confiteria (CCAIE 1082), elaboració d'espècies, salses i condiments (CCAIE 1084), elaboració de preparats alimentaris homogeneïtzats i preparats dietètics (CCAIE 1086) i elaboració d'altres productes alimentaris n. c. a. a. (no classificats en altres apartats) (CCAIE 1089).
- **Indústries de productes lactis (CCAIE 1054, 1053):** inclou la preparació de llet i altres productes lactis (CCAIE 1054) i la fabricació de formatges (CCAIE 1053), corresponent a la transformació de la llet i la producció de derivats làctics.
- **Indústries de midons, greixos i pinsos (CCAIE 1031, 1044, 1062, 1083, 1091):** preparació i conservació de patates (CCAIE 1031) i fabricació d'altres olis i greixos (CCAIE 1044), fabricació de productes per a l'alimentació d'animals de granja (CCAIE 1091) i fabricació de midons i productes amilacis (CCAIE 1062).
- **Indústries de margarina i greixos comestibles similars (CCAIE 1042).**
- **Altres productes alimentaris (CCAIE 1021, 1022, 1032, 1039, 1052, 1081, 1085, 1092, 1043):** elaboració de peix, crustacis i mol·luscs (CCAIE 1021), fabricació de conserves de peix (CCAIE 1022), elaboració de suc de fruites i hortalisses (CCAIE

1032), altra preparació i conservació de fruites i hortalisses (CCAIE 1039), elaboració de gelats i gel comestible (CCAIE 1052), fabricació de sucre (CCAIE 1081), elaboració de menjars i plats preparats (CCAIE 1085), fabricació de productes per a l'alimentació d'animals de companyia (CCAIE 1092) i fabricació d'oli d'oliva (CCAIE 1043).

- **Elaboració de destil·lats (CCAIE 1101):** destil·lació, rectificació i mescla de begudes alcohòliques (CCAIE 1101).
- **Fabricació de cervesa (CCAIE 1105):** fabricació de cervesa a partir de cereals i processos de fermentació i maduració.
- **Altres begudes (CCAIE 1102, 1103, 1104, 1106, 1107):** elaboració de vins (CCAIE 1102), elaboració de sidra i altres begudes fermentades a partir de fruites (CCAIE 1103), elaboració d'altres begudes no destil·lades, procedents de la fermentació (CCAIE 1104), fabricació de malt (CCAIE 1106) i fabricació de begudes analcohòliques, producció d'aigües minerals i altres tipus d'aigües embotellades (CCAIE 1107).
- **Indústries del tabac (CCAIE 1200):** indústria del tabac, corresponent a la transformació de fulles de tabac i la fabricació de productes manufacturats de tabac.
- **Preparació de filatures i teixits (CCAIE 1310, 1320):** inclou les operacions inicials de transformació de les fibres tèxtils, com la preparació de fibres (neteja, cardat, pentinat) i el filat per a l'obtenció de fils (CCAIE 1310), així com els processos de fabricació de teixits mitjançant teixidura o teixit de punt (CCAIE 1320). Aquest subsector dona lloc a fils i teixits en cru que serveixen com a base per a etapes posteriors d'acabat o confecció.
- **Acabaments tèxtils (CCAIE 1330):** comprèn els processos aplicats als fils, teixits o peces ja confeccionades amb l'objectiu de conferir-los propietats funcionals, estètiques o dimensionals. Inclou operacions de preparació, blanqueig, tenyit, estampació, rentada, assecatge, termofixació i acabats químics o mecànics.
- **Fabricació de productes tèxtils (CCAIE 1391, 1392, 1393, 1394, 1395, 1396, 1399):** inclou la fabricació de productes tèxtils acabats diferents de les peces de vestir, a partir de teixits, teixits de punt o no teixits. Comprèn, entre d'altres, fabricació de teixits de punt (CCAIE 1391), fabricació d'articles confeccionats amb tèxtils, excepte la roba de vestir (CCAIE 1392), fabricació de catifes i moquetes (CCAIE 1393), fabricació de cordes, cordills, caramells i xarxes (CCAIE 1394), fabricació de teles no teixides i articles confeccionats amb aquestes teles, excepte la roba de vestir (CCAIE 1395), fabricació de productes tèxtils per a ús tècnic i industrial (CCAIE 1396) i fabricació d'altres productes tèxtils n. c. a. a. (CCAIE 1399).
- **Confecció de peces de vestir (CCAIE 1412, 1413, 1414, 1431, 1439, 1419):** inclou la confecció de peces de vestir de punt (CCAIE 1439), confecció d'altres peces de vestir exteriors (CCAIE 1413), confecció de roba interior (CCAIE 1414), confecció de calceteria (CCAIE 1431), confecció de roba de treball (CCAIE 1412) i confecció d'altres tipus de peces de vestir i accessoris (CCAIE 1419).
- **Fabricació de matalassos (CCAIE 3103):** fabricació de matalassos i suports per al descans, incloent-hi estructures amb components tèxtils, escumes, molles i altres materials. Les activitats principals inclouen el tall, modelatge, assemblatge, encoixinat i revestiment tèxtil.

- **Confecció de peces de vestir de pell (CCAEE 1411, 1420):** confecció de peces de vestir de cuir (CCAEE 1411) i fabricació d'articles de pelleteria (CCAEE 1420).
- **Indústria del cuir i calçat (CCAEE 1500, 1511, 1512, 1520):** preparació, adob i acabament del cuir; preparació i tenyida de pells de pelleteria (CCAEE 1511); fabricació d'articles de marroquineria i viatge, articles de guarnicioneria i talabarderia (CCAEE 1512); fabricació de calçat (CCAEE 1520).
- **Reparació de calçat i altres articles de cuir (CCAEE 9523):** reparació i manteniment de calçat, maletes i similars de cuir i altres materials i l'arranjament de talons.
- **Transformats del cautxú (CCAEE 2210, 2211, 2219):** fabricació de pneumàtics i cambres de cautxú; reconstrucció i recautxutatge de pneumàtics (CCAEE 2211), fabricació d'altres productes de cautxú (CCAEE 2219).
- **Indústria de la fusta i del suro, excepte mobles; cistelleria i esparteria (CCAEE 1610, 1612, 1622, 1623):** serrada i planejament de la fusta (CCAEE 1610), transformació i acabament de la fusta (CCAEE 1612), fabricació de sòls de fusta (CCAEE 1622), fabricació d'altres estructures de fusta i peces de fusteria i ebenisteria per a la construcció, excepte les destinades a la construcció industrialitzada (CCAEE 1623).
- **Fabricació de fulloles i taulers de fusta (CCAEE 1621, 1624, 1629):** fabricació de fulloles i taulers de fusta (CCAEE 1621), fabricació d'envasos i embalatges de fusta (CCAEE 1624), fabricació d'altres productes de fusta i peces de fusteria i ebenisteria per a la construcció, destinades a la construcció industrialitzada (CCAEE 1629).
- **Fabricació de mobles (CCAEE 3101, 3102, 3109):** fabricació de mobles d'oficina i d'establiments comercials (CCAEE 3101), fabricació de mobles de cuina (CCAEE 3102) i fabricació d'altres tipus de mobles (CCAEE 3109).
- **Reparació de mobles i articles de parament de la llar (CCAEE 9524).**
- **Extractives no energètiques (CCAEE 700, 710, 720, 729, 800, 810, 811, 812, 890, 891, 893, 899, 900, 990):** extracció de minerals metàl·lics (CCAEE 700, 710, 720, 729), extracció de minerals no-metàl·lics ni energètics (CCAEE 800, 810, 811, 812, 890, 891, 893, 899) i les activitats de suport a les indústries extractives (CCAEE 900, 990).
- **Impressió diaris (CCAEE 1811, 1812):** en primer lloc, les operacions preparatòries prèvies a la impressió, seguides de la impressió, l'assecatge i l'estabilització i, finalment, la postimpressió i els acabats.
- **Edició i altres arts gràfiques (CCAEE 5811, 5812, 5813, 5814, 5819, 5821, 5829, 1813, 1814, 1820):** inclou, com l'anterior agrupació, una fase de preimpressió i preparació de suports, una etapa de postimpressió i acabats gràfics, una part de reproducció de suports enregistrats i, per acabar, una etapa final de producció i distribució digital. En concret, els CCAEE inclosos són l'edició de llibres (CCAEE 5811), l'edició de periòdics (CCAEE 5813), l'edició de revistes (CCAEE 5814), altres activitats d'edició, excepte l'edició de programes informàtics (CCAEE 5819), l'edició de videojocs (CCAEE 5821), l'edició de programes informàtics, excepte de videojocs (CCAEE 5829), activitats de preimpressió i de preparació de suports (CCAEE 1813), enquadrernació i activitats dels serveis que s'hi relacionen (CCAEE 1814) i reproducció de suports enregistrats (CCAEE 1820).
- **Fabricació de productes de matèries plàstiques (CCAEE 2200, 2221, 2222, 2223, 2229):** fabricació de plaques, fulls, tubs i perfils de matèries plàstiques (CCAEE 2221),

fabricació d'envasos i embalatges de matèries plàstiques (CCAE 2222), fabricació de portes i finestres de matèries plàstiques (CCAE 2223), fabricació d'altres productes de matèries plàstiques (CCAE 2229).

- **Indústries manufactureres diverses (CCAE 3211, 3212, 3213, 3220, 3250, 3291, 3299, 9525, 3230 i 3240):** fabricació de monedes (CCAE 3211), fabricació d'articles de joieria i articles similars (CCAE 3212), fabricació d'articles de bijuteria i articles similars (CCAE 3213), fabricació d'instruments musicals (CCAE 3220), fabricació d'instruments i subministraments mèdics i odontològics (CCAE 3250), fabricació d'escombres, brotxes i raspalls (CCAE 3291), altres indústries manufactureres diverses n. c. a. a. (CCAE 3299), reparació de rellotges i joieria (CCAE 9525), fabricació d'articles d'esport (CCAE 3230) i fabricació de jocs i joguines (CCAE 3240).
- **Recollida i tractament d'aigües residuals i activitats de gestió de residus (CCAE 37, 38, 39):** recollida i tractament d'aigües residuals (CCAE 3700), recollida de residus no perillosos (CCAE 3811), recollida de residus perillosos (CCAE 3812), tractament i eliminació de residus no perillosos (CCAE 3821), tractament i eliminació de residus perillosos (CCAE 3822), activitats de classificació i separació de materials (CCAE 3831), activitats de valorització de materials classificats (CCAE 3832) i activitats de descontaminació i altres serveis de gestió de residus (CCAE 3900).
- **Tractament d'aigües: captació, potabilització i distribució d'aigua (CCAE 3600).**
- **Bugaderies industrials. Rentatge i neteja de peces tèxtils i de pell (CCAE 9601):** activitats de rentatge, tenyida, neteja en sec, planxat i similars de tots tipus de peces de vestir (fins i tot peces de pell) i altres articles tèxtils, que es realitzen a màquina, a mà o a màquines accionades amb monedes per al públic en general o per a clients industrials o comercials; recollida i lliurament de roba de bugaderia; rentada de catifes i tapissos amb escuma i neteja de cortines i draperies, en les instal·lacions del client o no; provisió de roba blanca, uniformes de treball i similars feta per bugaderies; serveis de subministrament de bolquers, i reparació i retoc menor de peces de vestir i altres articles de tela quan es realitzen en combinació amb les de neteja.
- **Refinatge de petroli (CCAE 1900, 1910, 1920):** coqueries (CCAE 1910) i refinatge del petroli (CCAE 1920).
- **Indústries químiques (CCAE 2010, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2020, 2030, 2041, 2042, 2050, 2051, 2052, 2053, 2059, 2060):** fabricació de colorants i pigments (CCAE 2012), fabricació d'altres productes bàsics de química inorgànica (CCAE 2013), fabricació d'altres productes bàsics de química orgànica (CCAE 2014), fabricació d'adobs i compostos nitrogenats fertilitzants (CCAE 2015), fabricació de primeres matèries plàstiques (CCAE 2016), fabricació de cautxú sintètic en formes primàries (CCAE 2017), fabricació de plaguicides i altres productes agroquímics (CCAE 2020), fabricació de pintures, vernissos i revestiments similars, tintes d'impremta i màstics (CCAE 2030), fabricació de sabons, detergents i altres articles de neteja i abrillantament (CCAE 2041), fabricació de perfums i productes de cosmètica (CCAE 2042), fabricació d'explosius (CCAE 2051), fabricació de coles (CCAE 2052), fabricació d'olis essencials (CCAE 2053), fabricació d'altres productes químics n. c. a. a. (CCAE 2059), fabricació fibres artificials i sintètiques (CCAE 2060).
- **Fabricació de gasos industrials (CCAE 2011).**

- **Fabricació de productes farmacèutics (CCAIE 2110, 2120):** fabricació de productes farmacèutics de base (CCAIE 2110), fabricació de preparats farmacèutics i altres productes farmacèutics d'ús medicinal (CCAIE 2120).
- **Metal·lúrgia: fabricació de productes bàsics de ferro, acer i ferroaliatges (CCAIE 2410, 2420):** fabricació de productes bàsics de ferro, acer i ferroaliatges (CCAIE 2410), fabricació de tubs, canonades, perfils buits i els seus accessoris d'acer (CCAIE 2420).
- **Fosa de ferro (CCAIE 2451) i fosa d'acer (CCAIE 2452).**
- **Producció, estiratge i laminat de productes en fred (CCAIE 2431, 2432, 2433, 2434):** estirat en fred de barres d'acer (CCAIE 2431), laminat en fred de bandes i xapes (CCAIE 2432), producció de perfils en fred (CCAIE 2433) i trefilatge en fred (CCAIE 2434).
- **Producció de metalls preciosos i d'altres metalls no fèrrics (CCAIE 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445):** producció de metalls preciosos (CCAIE 2441), producció d'alumini (CCAIE 2442), producció de plom, zinc i estany (CCAIE 2443), producció de coure (CCAIE 2444) i producció d'altres metalls no fèrrics (CCAIE 2445).
- **Fosa de metalls (CCAIE 2453, 2454):** fosa de metalls lleugers (CCAIE 2453) i fosa d'altres metalls no fèrrics (CCAIE 2454).
- **Fabricació de productes metàl·lics excepte maquinària i equips (CCAIE 2511, 2512, 2521, 2529, 2530, 2540, 2550, 2561, 2562, 2571, 2572, 2573, 2591, 2592, 2593, 2594, 2599):** fabricació d'elements metàl·lics per a la construcció (CCAIE 2511 i 2512), fabricació de radiadors i calderes per a calefacció central (CCAIE 2521) i fabricació d'altres cisternes, grans dipòsits i contenidors de metall (CCAIE 2529). També abasta la fabricació de generadors de vapor (CCAIE 2530), la fabricació d'armes i municions (CCAIE 2540), la forja, estampació i embotit de metalls (CCAIE 2550), el tractament, revestiment de metalls i la mecànica per compte de tercers (CCAIE 2561 i 2562), la fabricació d'articles de ganiveteria, coberteria i ferralles (CCAIE 2571, 2572 i 2573) i la fabricació de bidons, envasos metàl·lics, productes de filferro, cargols, perns i altres productes metàl·lics diversos (CCAIE 2591, 2592, 2593, 2594 i 2599).
- **Fabricació de productes elèctrics, informàtics, electrònics i òptics (CCAIE 2611, 2612, 2620, 2630, 2640, 2651, 2652, 2660, 2670, 2680, 2711, 2712, 2720, 2731, 2732, 2733, 2740, 2751, 2752, 2790):** fabricació de components electrònics i circuits impresos (CCAIE 2611 i 2612), fabricació d'ordinadors i equips perifèrics (CCAIE 2620), fabricació d'equips de telecomunicacions (CCAIE 2630), fabricació de productes electrònics de consum (CCAIE 2640), fabricació d'instruments i aparells de mesura, verificació i navegació i equips òptics (CCAIE 2651, 2652, 2670 i 2680), fabricació d'equips de radiació, electromèdics i electroterapèutics (CCAIE 2660), fabricació de motors, generadors i transformadors elèctrics (2711), fabricació d'equips de control elèctric (CCAIE 2712), fabricació de piles elèctriques i acumuladors (CCAIE 2720), fabricació de cables i dispositius de cablatge (CCAIE 2731, 2732 i 2733), fabricació d'equips d'il·luminació (CCAIE 2740), fabricació d'electrodomèstics (CCAIE 2751 i 2752) i fabricació d'altres equips i material elèctric (CCAIE 2790).
- **Fabricació de maquinària i equips n. c. a. a. (CCAIE 2811, 2812, 2813, 2814, 2815, 2821, 2822, 2823, 2824, 2825, 2829, 2830, 2841, 2849, 2891, 2892, 2893, 2894, 2895, 2896, 2899):** fabricació de motors i turbines per a usos no aeronàutics (CCAIE 2811), fabricació d'equips hidràulics i pneumàtics (CCAIE 2812), fabricació de bombes i compressors (CCAIE 2813), fabricació de vàlvules i altres components mecànics (CCAIE 2814 i 2815), fabricació de diversa maquinària d'ús general (CCAIE 2821, 2822, 2823, 2824, 2825 i 2829). També, fabricació de maquinària agrària i forestal (CCAIE 2830),

fabricació de màquines eina (CCAIE 2841 i 2849) i fabricació de maquinària per a usos específics en sectors com la metal·lúrgia, alimentació, tèxtil, paper, plàstic i altres (CCAIE 2891, 2892, 2893, 2894, 2895, 2896, 2897, 2898 i 2899).

- **Fabricació de vehicles de motor, remolcs i semiremolcs (CCAIE 2910, 2920, 2931, 2932):** fabricació de vehicles de motor complets (CCAIE 2910), fabricació de carrosseries, remolcs i semiremolcs (CCAIE 2920) i fabricació de components i accessoris per a vehicles de motor, tant elèctrics com mecànics (CCAIE 2931 i 2932).
- **Fabricació d'altres materials de transport (CCAIE 3011, 3012, 3030, 3040, 3020, 3091, 3092, 3099):** construcció de bucs civils i embarcacions d'esbarjo (CCAIE 3011 i 3012), fabricació de locomotores i material ferroviari (CCAIE 3020), construcció aeronàutica i espacial (CCAIE 3030), fabricació d'altres tipus de vehicles de transport i equipament associat (CCAIE 3040) i altres activitats de fabricació relacionades amb el transport no classificades en altres apartats (CCAIE 3091, 3092 i 3099).
- **Reparació i instal·lació de maquinària i equips, ordinadors i electrodomèstics (CCAIE 3311, 3312, 3313, 3314, 3315, 3316, 3317, 3319, 3320, 9511, 9512, 9521, 9522):** reparació i manteniment de productes metàl·lics, maquinària industrial, equips electrònics i òptics, i equips elèctrics (CCAIE 3311, 3312, 3313 i 3314), reparació de material de transport i altres equips (CCAIE 3315, 3316, 3317 i 3319), instal·lació de maquinària i equips industrials (CCAIE 3320) i reparació d'ordinadors, equips de comunicació i electrodomèstics (CCAIE 9511, 9512, 9521 i 9522).
- **Fabricació de ciment (CCAIE 2351).**
- **Fabricació de vidre pla (CCAIE 2311) i manipulació i transformació del vidre pla (CCAIE 2312).**
- **Fabricació de vidre buit (CCAIE 2313) i fabricació i manipulació d'altres vidres, inclòs el vidre tècnic (CCAIE 2319).**
- **Fabricació de fibra de vidre (CCAIE 2314).**
- **Fabricació de calç i guix (CCAIE 2352) i fabricació d'elements de guix per a la construcció (CCAIE 2362).**
- **Fabricació d'altres productes minerals no-metàl·lics (CCAIE 2361, 2363, 2364, 2365, 2369, 2370, 2391, 2399):** fabricació de formigó fresc (CCAIE 2363), fabricació de morter (CCAIE 2364), fabricació de fibrociment (CCAIE 2365), fabricació d'altres productes de formigó, guix i ciment (CCAIE 2366), fabricació d'elements de formigó per a la construcció no industrialitzada (CCAIE 2367), fabricació d'elements de formigó per a la construcció industrialitzada (CCAIE 2368), serrada, tall i acabament de la pedra (CCAIE 2370), fabricació de productes abrasius (CCAIE 2391) i fabricació d'altres productes minerals no-metàl·lics n. c. a. a. (CCAIE 2399).
- **Productes ceràmics i refractaris (CCAIE 2320, 2331, 2341, 2342, 2343, 2344, 2349):** fabricació de productes ceràmics refractaris (CCAIE 2320), fabricació de rajoles de València i rajoles de ceràmica (CCAIE 2331), fabricació d'articles ceràmics d'ús domèstic i ornamentals (CCAIE 2341), fabricació d'aparells sanitaris ceràmics (CCAIE 2342), fabricació d'aïlladors i peces aïllants de material ceràmic (CCAIE 2343), fabricació d'altres productes ceràmics d'ús tècnic (CCAIE 2344) i fabricació d'altres productes ceràmics n. c. a. a. (CCAIE 2345).
- **Bòbiles (CCAIE 2332):** fabricació de maons, teules i productes de terra cuita per a la construcció (CCAIE 2332).

Aquest nivell de detall subsectorial assegura que els objectius i les actuacions proposades responen a les necessitats específiques de cada subsector, alhora que permet una visió agregada per al conjunt del sector dins del marc del procés de descarbonització.

En aquest document s'aborda la visió global del sector industrial sota el primer nivell de desagregació, mentre que, en els documents dels plans subsectorials, el tractament es farà segons el segon nivell de desagregació.

3. Context i marc normatiu

Els fulls de ruta per a la transició energètica i la descarbonització de la indústria s'han elaborat considerant la regulació i els objectius en matèria de penetració d'energies renovables, la millora de l'eficiència energètica i la reducció de les emissions de gasos d'efecte hivernacle que s'han establert a escala europea, estatal i catalana.

Si bé s'inclou, al final del document, una descripció més detallada de la normativa, a continuació es presenta un resum dels objectius principals en matèria de descarbonització, a escala europea, estatal i catalana.

3.1. Normativa i polítiques de la Comissió Europea en matèria de descarbonització

La Comissió Europea i els estats membres de la Unió Europea consideren la lluita contra el canvi climàtic un dels objectius principals i, en aquest àmbit, lideren a escala global les mesures de mitigació de les emissions de gasos d'efecte hivernacle.

L'objectiu de reduir les emissions i aconseguir la neutralitat climàtica l'any 2050, mantenint alhora la competitivitat de l'economia, és un dels pilars fonamentals de la política europea.

En matèria de descarbonització, cal destacar les polítiques següents:

- **Acord de París:** en aquest acord internacional, signat en la Convenció Marc de les Nacions Unides per al Canvi Climàtic, 194 estats i la Unió Europea van acordar emprendre mesures per reduir les emissions de gasos d'efecte hivernacle.

L'objectiu principal és mantenir l'augment de la temperatura mitjana mundial molt per sota de 2 °C respecte dels nivells preindustrials, i prosseguir els esforços per limitar-lo a 1,5 °C respecte dels nivells preindustrials, reconeixent que això reduiria considerablement els riscos i els efectes del canvi climàtic.

La Comissió Europea ha establert una contribució determinada de reducció d'emissions, tant a escala europea com per a cada estat membre, d'almenys un 55 % respecte de les emissions de 1990 fins a l'any 2030.

- **Pacte Verd Europeu (Green Deal):** llançat el desembre de 2019 i aprovat el gener de 2020, és l'acord dels països de la Unió per avançar cap a una Europa més neta, saludable i climàticament neutra. Incorpora dos objectius principals de descarbonització:
 - Reduir les emissions de GEH almenys un 55 % respecte dels nivells de 1990 l'any 2030.
 - Aconseguir emissions netes zero de GEH a la Unió Europea l'any 2050.

També incorpora l'objectiu d'incrementar la producció europea de tecnologies netes, de manera que, per a l'any 2030, almenys el 40 % de la demanda europea de tecnologies estratègiques per a la transició energètica es cobreixi amb fabricació europea.

- **Llei europea del clima:** El Reglament (UE) 2021/1119 del Parlament Europeu i del Consell, de 30 de juny de 2021, estableix el marc per assolir la neutralitat climàtica i modifica els reglaments (CE) núm. 401/2009 i (UE) 2018/1999.

Aquesta norma, coneguda com a *Llei europea del clima*, converteix en objectius obligatoris i jurídicament vinculants per al conjunt de la Unió l'assoliment de la neutralitat climàtica l'any 2050 i la reducció de les emissions netes de GEH almenys en un 55 % respecte dels nivells d'emissions de 1990 abans de 2030.

- **Paquet Objectiu 55 (Fit for 55):** presentat el juliol de 2021, aquest paquet legislatiu inclou diverses propostes de revisió de la normativa europea d'energia i clima, amb l'objectiu d'augmentar els compromisos de reducció d'emissions i la penetració d'energies renovables. En concret, es van establir els objectius següents:
 - Reduir les emissions de GEH almenys un 55 % l'any 2030 respecte de 1990.
 - Millorar l'eficiència energètica un 36 % en termes d'energia final i un 39 % en termes d'energia primària (en tots dos casos, en comparació amb l'escenari base de 2030).
 - Aconseguir una penetració d'energies renovables del 40 % en el consum final d'energia l'any 2030. Aquest objectiu es va augmentar posteriorment fins al 45 %.
- **Pacte per una Indústria Neta (Clean Industrial Deal):** publicat el febrer de 2025, és un programa d'acció europeu que busca millorar la competitivitat del sector industrial europeu. Els seus objectius principals són, en primer lloc, garantir el subministrament d'energia a preus competitius i, en segon lloc, fomentar l'oferta i la demanda de productes descarbonitzats, com també de tecnologies i productes nets fabricats a Europa.

3.2. Normativa i polítiques d'Espanya en matèria de descarbonització

La normativa espanyola en matèria d'energia i clima es regeix, des de l'any 2019, pel marc estratègic d'energia i clima, que es fonamenta en tres grans objectius: mitigació, adaptació i transició justa.

Els instruments principals d'aquest marc estratègic són els següents:

- **Llei 7/2021, de 20 de maig, de canvi climàtic i transició energètica.** Aquesta llei estableix l'obligació que l'economia espanyola assoleixi els objectius següents:
 - Reduir les emissions del conjunt de l'economia espanyola almenys un 23 % respecte de l'any 1990.
 - Aconseguir la neutralitat climàtica com a molt tard l'any 2050.
 - Assolir una penetració d'energies renovables d'almenys el 42 % en el consum d'energia final l'any 2030.
 - Aconseguir una generació elèctrica renovable d'almenys el 74 %.
 - Millorar l'eficiència energètica, reduint el consum d'energia primària almenys un 39,5 % respecte de la línia base.

- **Reial decret 214/2025, de 18 de març, pel qual es crea el registre de petjada de carboni, compensació i projectes d'absorció de diòxid de carboni i s'estableix l'obligació del càlcul de la petjada de carboni i de l'elaboració i publicació de plans de reducció d'emissions de gasos d'efecte hivernacle.** Aquest reial decret crea el registre de petjada de carboni, compensació i projectes d'absorció de diòxid de carboni. També estableix l'obligació que determinades empreses calculin la seva petjada de carboni i elaborin un pla de reducció de la petjada de carboni i el publiquin. El pla de reducció ha d'incloure un objectiu quantificat de reducció, amb un horitzó temporal almenys de cinc anys. El pla ha de ser compatible amb l'Acord de París i amb l'objectiu d'aconseguir la neutralitat climàtica l'any 2050, tal com estableix el Reglament (UE) 2021/1119 del Parlament Europeu i del Consell.
- **Estratègia de descarbonització a llarg termini (ELP 2050).** Publicada el novembre de 2020, aquesta estratègia és el full de ruta de l'Estat **espanyol** per **afrontar** la crisi climàtica, amb l'objectiu d'aconseguir una economia climàticament neutra. A més, fixa objectius intermedis per a 2030 i 2040 per assolir la neutralitat climàtica l'any 2050.
- **Pla Nacional Integrat d'Energia i Clima (PNIEC).** Es tracta de l'eina d'orientació de l'estratègia de política d'energia i clima d'Espanya, amb horitzó 2030, d'acord amb els objectius de la Comissió Europea, i aprovada per aquesta.

El PNIEC 2023-2030, publicat el setembre de 2024 (actualització de l'anterior PNIEC 2021-2030), incorpora els objectius següents:

- 55 % de reducció d'emissions de gasos d'efecte hivernacle el 2030, respecte de 2005, la qual cosa suposa una reducció del 32 % de les emissions respecte de 1990 (comparat amb un 49 % de reducció respecte de 2005, considerat en el PNIEC de 2020, i un 23 % establert en el PNIEC de 2020 comparat amb 1990).
- 42 % de reducció de les emissions de gasos d'efecte hivernacle dels sectors difusos, i un 70 % dels sectors subjectes al comerç de drets d'emissió, respecte de 2005.
- 48 % d'ús d'energies renovables el 2030, respecte de l'ús final de l'energia (en el PNIEC de 2020, s'establia un 42 %).
- Aconseguir una penetració de les energies renovables del 81 % sobre la generació d'electricitat (en el PNIEC de 2020, es determinava un 74 %).
- 43 % de millora de l'eficiència energètica sobre l'ús final de l'energia el 2030, comparat amb la projecció d'un escenari de referència sense mesures (en el PNIEC de 2020, es fixava un 41,7 %).
- Disposar de 19 GW d'autoconsum i 22,5 GW d'emmagatzematge el 2030.
- Reduir la dependència energètica exterior de l'economia espanyola d'un 73 % el 2019 a un 50 % el 2030 (en el PNIEC de 2020, s'establia un 39 %).
- Aconseguir una taxa d'electrificació de l'economia espanyola del 35 %.

Finalment, cal destacar dos instruments de finançament i suport a la descarbonització: el Pla de Recuperació, Transformació i Resiliència (PRTR) i els projectes estratègics per a la recuperació i transformació econòmica (PERTE).

El PRTR gestiona els fons rebuts per Espanya de la Comissió Europea com a conseqüència de la pandèmia de la COVID-19. Compta amb un total de 79.854 milions d'euros en ajuts i 83.160 milions d'euros en préstecs. D'aquest conjunt, prop d'un 39,7 % es destina a l'impuls de la transició ecològica, i, entre d'altres, inclou el desenvolupament d'un sector energètic descarbonitzat.

Els PERTE són un instrument de col·laboració publicoprivada en què participen administracions públiques, empreses i centres de recerca, amb l'objectiu d'impulsar iniciatives clau de l'economia espanyola. Actualment, hi ha dotze PERTE, dels quals els més rellevants per a aquest full de ruta són el PERTE d'energies renovables, hidrogen renovable i emmagatzematge, el PERTE per al desenvolupament del vehicle elèctric i connectat i, especialment, el PERTE de descarbonització industrial.

3.3. Normativa i polítiques de Catalunya en matèria de descarbonització

La normativa catalana de descarbonització inclou els elements següents:

- **Llei 16/2017, de l'1 d'agost, del canvi climàtic.** En línia amb la Llei europea del clima i la Llei 7/2021, de 20 de maig, de canvi climàtic i transició energètica, però anterior cronològicament, aquesta llei té per objectiu impulsar la transició de l'economia catalana cap a la descarbonització i assolir un consum nul de combustibles fòssils l'any 2050.

S'hi estableixen els objectius següents:

- Reduir les emissions de GEH, respecte de 1990, un 40 % l'any 2030, un 65 % l'any 2040 i el 100 % l'any 2050.
- Reduir les emissions d'òxids de nitrogen un 35 % i les emissions de partícules en suspensió de menys de 10 micres (PM₁₀) un 30 % l'any 2020.
- Aconseguir que, almenys, un 50 % del consum elèctric de Catalunya provingui de fonts d'energia renovable l'any 2030 i el 100 % l'any 2050.
- **Decret llei 16/2019, de 26 de novembre, de mesures urgents per a l'emergència climàtica i l'impuls a les energies renovables.** Aquest decret llei té per objectiu simplificar i agilitzar els procediments d'autorització de projectes de generació d'energia eòlica i solar fotovoltaica, després de constatar la paralització que havien sofert des de 2012.

Com a conseqüència, es va produir un increment significatiu de la presentació de projectes de potència renovable a Catalunya, amb més de 600 projectes que sol·licitaven accés a les xarxes elèctriques, amb una potència total de 13,7 GW. Si tots aquests projectes s'executessin, superarien els objectius establerts a la Prospectiva Energètica de Catalunya Horitzó 2030.

- **Decret llei 24/2021, de 26 d'octubre, d'acceleració del desplegament de les energies renovables distribuïdes i participades.** El desenvolupament del Decret llei 16/2019 va comportar diversos efectes no previstos, com la manca de participació dels actors locals, la proliferació de projectes de gran escala allunyats dels centres de consum o l'afeció a sòls agrícoles i terrenys de cultiu de gran valor. Per corregir aquestes disfuncions, aquest decret estableix criteris d'acceptació social i participació

en el desenvolupament dels projectes, dona la possibilitat a persones físiques o jurídiques dels municipis de participar en la propietat de les instal·lacions i incorpora la valoració de les afeccions ecològiques i socials.

- **Decret llei 22/2025, de 28 d'octubre, per augmentar la resiliència del subministrament elèctric a Catalunya.** Aquest decret llei inclou un conjunt de mesures destinades a millorar la seguretat del subministrament elèctric de Catalunya. Es considera necessari incrementar la producció d'energies renovables i l'emmagatzematge per assolir un sistema energètic català competitiu, sostenible i segur.

D'altra banda, el Govern de Catalunya ha desenvolupat diversos plans i programes estratègics en matèria de descarbonització:

- **Prospectiva Energètica de Catalunya 2050 i Transició Energètica de Catalunya (PROENCAT 2050).** Aprovada pel Govern de la Generalitat de Catalunya el juny de 2023, aquest document estableix les estratègies per guiar la transició energètica de Catalunya cap a un model descarbonitzat i sostenible l'any 2050.

Els objectius principals de la PROENCAT 2050 són els següents:

- Assolir la neutralitat climàtica: assolir zero emissions netes de GEH l'any 2050.
- Eficiència i estalvi energètic: reduir el consum energètic final un 30,3 % l'any 2050, sense comprometre el benestar ni el creixement econòmic.
- Sistema energètic renovable: aconseguir una producció elèctrica 100 % renovable l'any 2050.

Per a això, el 2050 s'espera disposar de 61,86 GW de potència elèctrica instal·lada, principalment solar fotovoltaica (33,15 GW, un 54 %) i eòlica (26,64 GW, un 43 %).

- Sobirania energètica: reduir la dependència energètica exterior de Catalunya del 93 % al 7 %.
 - Empoderament ciutadà i empresarial: situar ciutadans i empreses al centre del model energètic com a agents actius i participants en la generació i gestió de l'energia.
- **Pla Catalunya Lidera:** publicat el gener de 2025, és l'eina estratègica que busca consolidar l'economia catalana a Europa i recuperar el seu lideratge econòmic. Per a això, compta amb un total de dues-centes actuacions, de les quals vint considerades destacades. Es preveu una inversió de 18.500 milions d'euros en el període 2025-2030. Es crearà un nou operador, LIDERA, que estarà a càrrec de liderar i executar aquesta inversió. En matèria energètica, les accions principals proposades per aquest pla són les següents:
 - Implementació de 12.000 MW de nova potència, 5.000 MW d'eòlics i 7.000 MW de fotovoltaics, per assolir el 50 % de generació elèctrica amb renovables el 2030, tal com marquen els objectius de la Unió Europea (UE).
 - Impuls del projecte H2Med per fomentar la descarbonització de l'economia i reforçar l'autonomia energètica europea mitjançant una xarxa sostenible i innovadora.

- Aprovació i desplegament del Pla integrat d'energia i clima de Catalunya 2030 (PINECCAT30) com a eina de planificació i acceleració de la transició energètica.
- Desenvolupament del Pla territorial sectorial per al desenvolupament de les energies renovables a Catalunya (PLATER) com a mapa català de les energies renovables per a l'ordenació territorial, la promoció d'energia verda, l'equilibri territorial, la transparència, l'eficiència i la participació.
- Simplificació dels tràmits per a la generació, el transport i la distribució de l'energia.
- Instal·lació de cinquanta plantes de biogàs, implementant l'Estratègia catalana del biogàs i el seu Pla d'acció 2024-2030, per promoure la generació i l'aprofitament energètic del biogàs generat a partir de dejeccions ramaderes i residus orgànics.
- Promoció de regulacions per fomentar l'autoconsum, la creació i desenvolupament de comunitats energètiques i la redistribució dels excedents energètics.
- Planificació de les necessitats d'emmagatzematge d'energia, tant en bateries com en centrals reversibles.
- Anàlisi de les inversions necessàries en infraestructures per reforçar la xarxa elèctrica i les instal·lacions de producció elèctrica renovable, avaluant les opcions de finançament amb els instruments de finançament europeu.
- **Pacte Nacional per a la Indústria 2026-2030:** el Govern de Catalunya i els principals agents econòmics i socials signen el Pacte Nacional per a la Indústria 2026-2030 (PNI), una estratègia conjunta que vol reforçar el paper de la indústria catalana i preparar-la per afrontar els grans reptes econòmics, tecnològics i ambientals dels pròxims anys.

Aquest pacte té com a objectiu establir les bases per a la prosperitat i la competitivitat sostenible de la indústria catalana. Incorpora les últimes tendències en política industrial, i s'alinea amb tres grans missions proposades per Mario Draghi per a Europa, entre les quals, aprofitar la descarbonització global i avançar cap a un model de producció i consum més sostenible amb l'objectiu d'assolir els objectius fixats en el Pacte Verd Europeu.

S'han creat cinc grups de treball temàtics per buscar el màxim consens:

- **Sostenibilitat i energia:** descarbonització de l'economia i reducció dels costos energètics. Desenvolupament de processos i productes més sostenibles, inversió en tecnologies netes i energies renovables, valorització de residus, ús de subproductes i manteniment del valor dels recursos durant més temps.
- **Ocupació de qualitat:** donar més impuls a la formació professional, a l'aprenentatge permanent i a la retenció de capacitats. Incorporació del talent femení a la indústria i millora de les condicions de treball per aconseguir una ocupació industrial de qualitat.
- **Innovació i competitivitat:** la tecnologia ha de ser el centre de la prioritització d'actuacions per fomentar l'autonomia productiva, apostar pels nous models de negoci en la indústria, incrementar la dimensió empresarial per augmentar la

productivitat industrial i facilitar el finançament. Suport als clústers i als doctorats industrials, a la digitalització de les empreses, la internacionalització i el creixement empresarial.

- Infraestructures i sòl industrial: dotació d'infraestructures de transport de mercaderies, logístiques, digitals i energètiques necessàries per incrementar la competitivitat de la indústria catalana i garantir la sostenibilitat del territori. Èmfasi en els polígons industrials i en la creació o reciclatge de sòl industrial.
- Eix transversal de coordinació de polítiques i simplificació administrativa: coordinació de les polítiques que tenen impacte en la indústria, reducció de la càrrega administrativa que afecta les empreses, facilitació i agilització de l'activitat econòmica, impuls de la compra pública verda i innovadora i millora de la coordinació amb la resta d'administracions públiques.

El document final incorpora un nombre reduït d'actuacions transformadores, amb una dotació pressupostària adequada, que ha de permetre a la indústria catalana avançar en la consecució de les tres missions proposades. Incorpora un calendari i un compromís de recursos per a cadascun dels anys de vigència, com també indicadors per a la seva avaluació.

Aquest pacte preveu una inversió pública de 4.393 milions d'euros.

L'anterior Pacte Nacional per a la Indústria, corresponent al període 2022-2025, va suposar la inversió de 3.270 milions d'euros i va incorporar mesures destinades a una producció més sostenible, generar menys residus per unitat de valor afegit brut industrial i valorar més els que es generen (82 % dels residus), augmentar el grau d'electrificació del sector industrial fins a un 42,4 %, al mateix temps que s'incrementava la generació d'energies renovables fins al 27 % del total de l'energia elèctrica i es reduïen les emissions de CO₂ per complir amb els objectius establerts a escala europea.

- **Pressupostos de carboni de Catalunya:** es tracta d'una eina de planificació aprovada el desembre de 2025 pel Parlament de Catalunya. Els pressupostos inclouen la quantitat màxima d'emissions que Catalunya pot generar en un període de temps per complir amb els seus compromisos en matèria de descarbonització.

En concret, entre 2026 i 2030, els pressupostos estableixen unes emissions totals que es poden produir a Catalunya de 161.562 tones equivalents de CO₂. Això suposa una reducció del 31 % respecte de 1990. Ara bé, la reducció és diferent per a cada sector: les reduccions més importants s'esperen en residus (57 %), energia (50 %) i serveis (45 %). Així mateix, el sector industrial haurà de reduir les seves emissions en un 33 % respecte de 1990; és a dir, podria emetre, entre 2026 i 2030, un total de 54.742 tones equivalents de CO₂.

4. Diagnosi del sector industrial a Catalunya

4.1. Descripció del sector i del seu perfil d'activitat

Per entendre la rellevància del sector industrial dins de l'economia catalana, es presenten a continuació les variables d'activitat principals que permeten analitzar-ne l'evolució i el pes específic:

- **Valor de la producció:** és el valor total de béns i serveis generats pel sector en un període determinat.
- **Valor afegit brut (VAB):** és el valor generat pel sector com a resultat de la seva activitat, mesurat com la diferència entre la producció total valorada a preus de mercat i els consums intermedis necessaris per obtenir-la.
- **Excedent brut d'explotació (EBE):** és la part del valor afegit brut que queda disponible una vegada deduïdes d'aquest valor la remuneració d'assalariats (salaris i cotitzacions socials a càrrec de l'ocupador) i els impostos nets de subvencions lligats a la producció, però abans de comptabilitzar la depreciació del capital (consum de capital fix).
- **Despeses de personal:** és la remuneració total, en metàl·lic o en espècie, dels assalariats del sector, a canvi d'un treball fet per ells en el període de referència. Les despeses de personal inclouen els impostos i les cotitzacions a la Seguretat Social dels empleats retinguts per l'ocupador, com també les cotitzacions socials obligatòries i voluntàries de l'empresari. S'inclouen també les gratificacions, les primes de productivitat i rendiment, els pagaments sense contraprestació, les pagues extraordinàries, les indemnitzacions per acomiadament, l'allotjament i el transport, les hores extraordinàries, el treball nocturn, etc.
- **Persones ocupades:** nombre de professionals emprats en el període de referència que duen a terme una activitat econòmica remunerada per compte d'altri o pròpia, o bé estan temporalment absents del seu lloc de treball (per vacances, baixa, etc.). Inclou tant treballadors assalariats com autònoms.
- **Taxa de participació femenina en el personal assalariat:** reflecteix el pes relatiu de les dones dins de l'ocupació total del sector, en percentatge sobre el total de persones ocupades assalariades.
- **Distribució territorial:** es tracta d'una anàlisi de la distribució de les empreses del sector per comarca de Catalunya.
- **Grandària d'empreses:** anàlisi de la grandària de les empreses, pel nombre d'empleats, de cada sector.

L'evolució de les variables d'activitat principals del sector industrial entre 2015 i 2023 mostra una dinàmica marcada per la crisi sanitària de la covid-19 i la posterior recuperació parcial del

sector, tal com es mostra en la **figura 2**. El valor de la producció agregada registra un creixement del 9,7 % entre 2016 i 2019 fins a assolir un màxim de 156.142 milions d'euros. L'any 2020 es produeix una caiguda abrupta del 12,8 %, vinculada a la disminució de l'activitat econòmica i de la demanda industrial derivada de la pandèmia. Els anys posteriors, el sector experimenta una recuperació notable, i l'any 2022 arriba al valor màxim de la sèrie amb 174.667 milions d'euros, però el 2023 es registra una lleugera contracció.

Tant el VAB com l'EBE segueixen una evolució similar a la del valor de la producció, fet que reflecteix la relació directa entre activitat productiva i generació de riquesa. El VAB presenta una reducció significativa l'any 2020, amb una caiguda del 10,7 %, però es recupera progressivament fins a assolir el 2023 el valor més elevat de la sèrie, amb 41.460 milions d'euros. Pel que fa a l'EBE, després del descens registrat durant la pandèmia, es produeix una recuperació intensa en el període 2021-2023, se superen fins i tot els nivells pre-pandèmia i s'assoleix un màxim de 18.235 milions d'euros el darrer any analitzat.

Les despeses de personal mostren una evolució més estable al llarg del període. Entre 2015 i 2019 augmenten de manera sostinguda, amb un increment acumulat del 12,5 %, fins a assolir els 24.091 milions d'euros. L'any 2020 es registra una disminució associada a l'impacte de la crisi sanitària, mentre que els anys següents els valors es recuperen parcialment i es mantenen lleugerament per sobre dels nivells previs a 2018, però sense recuperar el màxim assolit abans de la pandèmia.

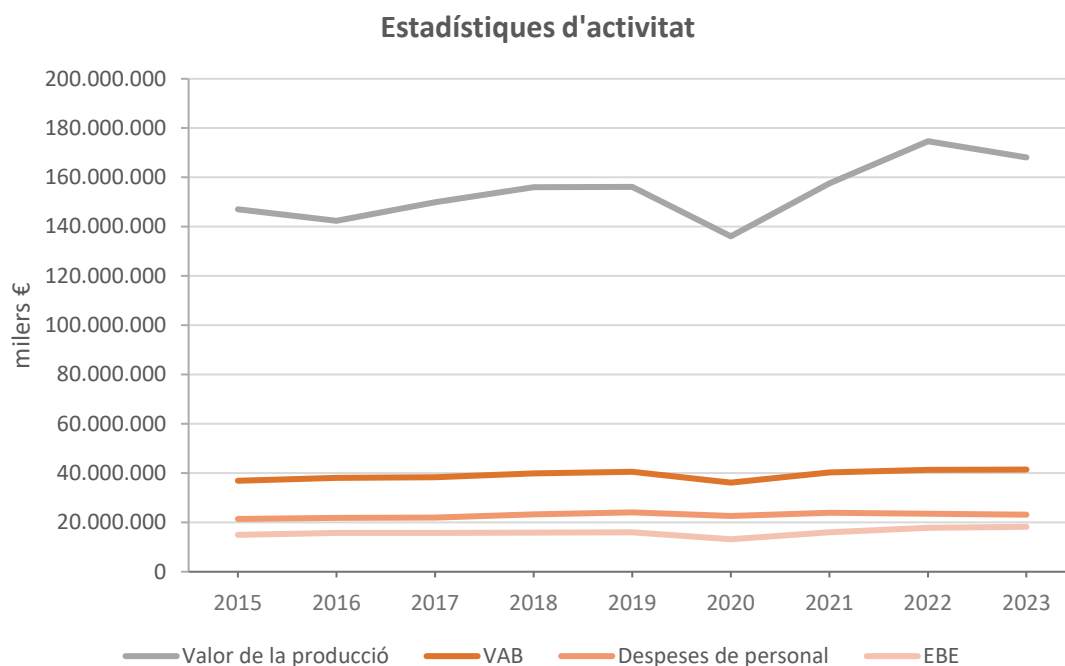


Figura 2. Evolució de les variables d'activitat per al sector industrial a Catalunya (2015-2023). Font: Idescat.¹ Valors expressats en euros reals, sobre la base de 2023.

1. Font: Estadística estructural d'empreses del sector industrial. Macromagnituds, per agrupacions, 2015-2023. Institut d'Estadística de Catalunya, Idescat. Data de descàrrega del fitxer: 07/10/2025.

La taula següent presenta les dades de la figura anterior per als tres últims anys.

Variable	2021	2022	2023
Valor de la producció (k€)	157.564.555	174.667.295	168.048.760
VAB (k€)	40.256.269	41.368.681	41.459.703
Despeses de personal (k€)	23.928.445	23.499.331	23.181.849
EBE (k€)	16.063.334	17.848.907	18.235.463

Taula 1. Resum de l'evolució de les variables d'activitat del sector industrial a Catalunya (2021-2023).
Font: Idescat.¹ Valors expressats en milers d'euros reals, sobre la base de 2023.

Pel que fa a l'ocupació, tal com es mostra a la **figura 3**, el sector industrial manté una evolució generalment estable i lleugerament creixent al llarg del període analitzat. Entre 2015 i 2019, el nombre de persones ocupades augmenta de manera sostinguda, amb un increment acumulat de l'11,1 %. L'any 2020 es registra una lleugera disminució de l'ocupació associada a l'impacte de la crisi sanitària de la covid-19, amb un descens de fins a 483.470 persones ocupades. Tanmateix, els anys posteriors, el sector recupera la tendència positiva i assoleix, l'any 2023, un total de 497.727 professionals, el valor més elevat de tota la sèrie analitzada.

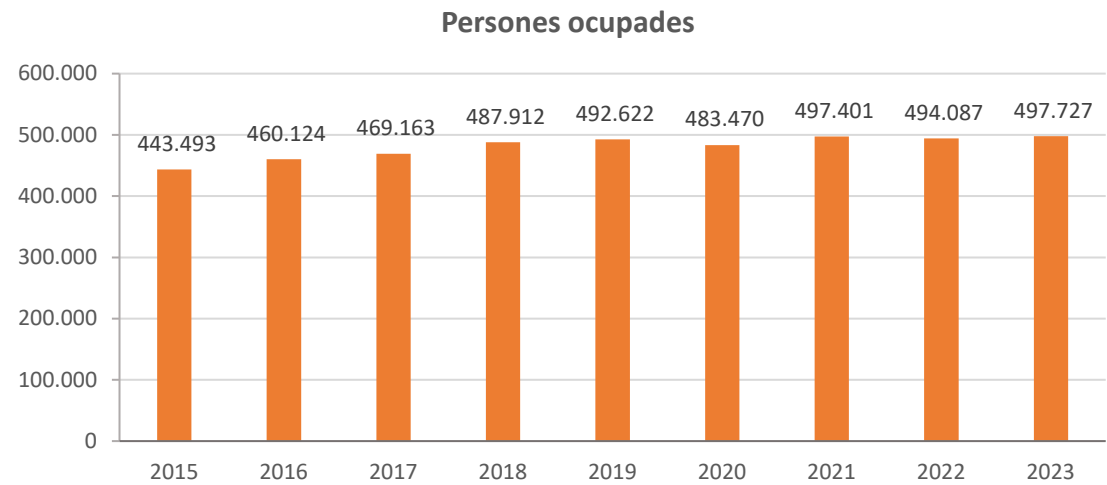


Figura 3. Evolució de les persones ocupades en el sector industrial i la seva participació respecte del total de la indústria catalana (2015-2023). Font: Idescat.²

2. Font: Estadística estructural d'empreses del sector industrial. Persones ocupades i hores treballades, per agrupacions, 2015-2023. Institut d'Estadística de Catalunya, Idescat. Data de descàrrega del fitxer: 07/10/2025.

Dins la parametrització de l'ocupació del sector, es mostra, a continuació, el percentatge de participació femenina en el personal assalariat del sector industrial.

Percentatge de participació femenina en el personal assalariat	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Sector industrial	29,6 %	30,0 %	29,8 %	30,6 %	30,6 %	30,5 %	30,9 %	31,4 %

Taula 2. Percentatge de participació femenina en el personal assalariat del sector industrial. Font: Idescat.³

Com es pot veure, la taxa de participació femenina del sector industrial mostra una evolució lleugerament creixent al llarg del període analitzat. Entre 2016 i 2019 es manté al voltant del 30 %, amb valors compresos entre el 29,6 % i el 30,6 %, i, per tant, reflecteix una presència femenina relativament constant dins del sector. A partir de 2020, la taxa es consolida en nivells lleugerament superiors i, l'any 2023, assoleix un màxim del 31,4 %.

D'altra banda, també s'ha estudiat el nombre d'unitats legals existents a Catalunya dins del sector industrial, segons el nombre d'empleats.

Com es pot veure, a Catalunya per al sector industrial hi ha 34.605 unitats legals. Com a comparació, a tot Catalunya hi ha 611.342 empreses i 629.204 unitats legals.

Cal destacar que la major part de les unitats legals es troben a la franja d'entre 1 i 9 assalariats, amb gairebé un 48,8 % de les unitats legals; un 15,8 % addicional (5.475 unitats legals) tenen entre 10 i 49 treballadors, mentre que només 1,3 % de les 34.605 unitats legals tenen 250 assalariats o més.

Una altra anàlisi important que es pot fer és la relativa a la distribució de l'ocupació del sector industrial a les diferents comarques de Catalunya.

Aquesta anàlisi s'ha dut a terme utilitzant les dades d'afiliacions al règim general de la Seguretat Social i al règim especial de la mineria del carbó, per divisió d'activitat econòmica, del mes de setembre de 2025, proporcionades per l'Idescat.

3. Font: Estadística estructural d'empreses del sector industrial. Principals indicadors, per branques. Institut d'Estadística de Catalunya, Idescat. Data de descàrrega del fitxer: 07/10/2025.

Els resultats, per a l'any 2024, es mostren a la figura següent.

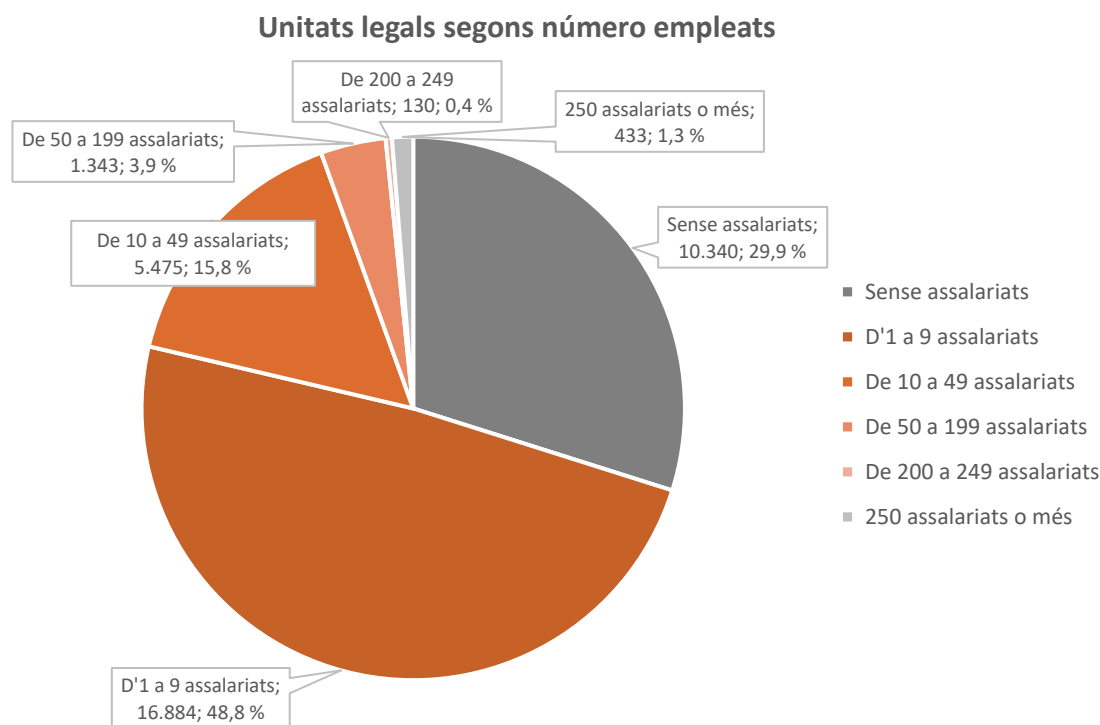


Figura 4. Resum del nombre d'unitats legals segons el nombre d'empleats en el sector industrial, any 2024. Font: Idescat.^{4,5,6}

4. Font: Empreses amb establiments a Catalunya l'1 de gener. Per grup d'activitat econòmica (CCAIE-2009) i nombre d'assalariats de l'empresa. Catalunya. Institut d'Estadística de Catalunya, Idescat. Data de descàrrega del fitxer: 07/10/2025.

5. D'acord amb el Sistema Estadístic Europeu (SEE), es diferencia, a l'hora de considerar el nombre d'empreses, entre els conceptes d'*empresa* i *unitat legal*. Fins a l'any 2018, es considerava empresa cada unitat legal amb un NIF assignat. No obstant això, algunes empreses poden dur a terme més d'una activitat econòmica, estar presents en més d'una ubicació i estar compostes d'una o més unitats legals. Per això, d'acord amb la seva manera interna d'operar, algunes empreses tenen unitats legals amb reduïda capacitat de decisió sobre l'ús dels seus recursos, que són responsables d'un únic factor de producció, o presten serveis únicament a altres unitats legals del mateix grup d'empreses, sense estar orientades al mercat, o tenen capacitat de decisió sobre el conjunt del procés productiu. Així, sota el concepte *empresa*, s'ha d'entendre que, a vegades, s'agrupa més d'una unitat legal, per exemple, en el cas que diferents unitats legals duguin a terme diferents etapes d'un mateix procés de producció, i l'input d'una és l'output de l'altra. Font: Nota de premsa de l'Institut Nacional d'Estadística. Unitat Estadística Empresa. «L'INE adapta el concepte estadístic d'*empresa* per mesurar amb major precisió l'activitat econòmica dels grups empresarials», 17 de desembre de 2019.

6. Segons la classificació utilitzada per l'Institut Nacional d'Estadística (INE), dins de l'estadística d'empreses per nombre d'assalariats, la categoria «sense assalariats» inclou les empreses que no tenen treballadors per compte d'altri en la data de referència, i poden incloure tant empresaris individuals o treballadors autònoms com societats mercantils actives que, en el moment de referència, no disposen de treballadors assalariats.

La taula següent presenta la desagregació del nombre d'afiliats dels sectors relacionats amb el sector industrial, per comarca de Catalunya, i la seva comparació amb l'ocupació a Catalunya.

Comarca	Total empleats del sector industrial	% sobre el total del sector industrial a Catalunya	Total empleats per comarca	% d'empleats del sector industrial sobre el total de la comarca
Alt Camp	5.925	1,2 %	16.090	36,8 %
Alt Empordà	5.215	1,1 %	42.245	12,3 %
Alt Penedès	11.290	2,4 %	36.750	30,7 %
Alt Urgell	815	0,2 %	4.725	17,2 %
Alta Ribagorça	35	0,0 %	850	4,1 %
Anoia	8.855	1,9 %	29.700	29,8 %
Aran	130	0,0 %	3.000	4,3 %
Bages	18.030	3,8 %	62.375	28,9 %
Baix Camp	9.215	1,9 %	56.060	16,4 %
Baix Ebre	3.635	0,8 %	23.685	15,3 %
Baix Empordà	3.645	0,8 %	37.345	9,8 %
Baix Llobregat	51.900	10,9 %	315.170	16,5 %
Baix Penedès	3.845	0,8 %	27.445	14,0 %
Barcelonès	83.195	17,5 %	1.266.985	6,6 %
Berguedà	2.000	0,4 %	8.235	24,3 %
Cerdanya	265	0,1 %	5.715	4,6 %
Conca de Barberà	4.190	0,9 %	7.135	58,7 %
Garraf	3.755	0,8 %	27.585	13,6 %
Garrigues	1.045	0,2 %	3.775	27,7 %
Garrotxa	11.410	2,4 %	24.085	47,4 %
Gironès	11.730	2,5 %	113.270	10,4 %
Lluçanès	640	0,1 %	1.390	46,0 %
Maresme	16.260	3,4 %	111.495	14,6 %
Moianès	985	0,2 %	2.560	38,5 %
Montsià	4.710	1,0 %	16.170	29,1 %
Noguera	1.850	0,4 %	8.820	21,0 %
Osona	22.535	4,8 %	63.965	35,2 %
Pallars Jussà	220	0,0 %	3.835	5,7 %
Pallars Sobirà	100	0,0 %	1.410	7,1 %
Pla d'Urgell	4.885	1,0 %	12.685	38,5 %
Pla de l'Estany	4.530	1,0 %	12.010	37,7 %
Priorat	580	0,1 %	1.640	35,4 %
Ribera d'Ebre	470	0,1 %	3.305	14,2 %
Ripollès	2.445	0,5 %	8.845	27,6 %
Segarra	6.575	1,4 %	10.030	65,6 %
Segrià	8.140	1,7 %	96.615	8,4 %
Selva	17.090	3,6 %	56.380	30,3 %
Solsonès	1.055	0,2 %	4.440	23,8 %
Tarragonès	14.705	3,1 %	132.545	11,1 %
Terra Alta	630	0,1 %	1.765	35,7 %
Urgell	3.480	0,7 %	11.495	30,3 %
Vallès Occidental	80.420	17,0 %	372.090	21,6 %
Vallès Oriental	42.185	8,9 %	130.375	32,4 %
No hi consta	–	0,0 %	55	0,0 %
Catalunya	474.375	100,0 %	3.176.145	14,9 %

Taula 3. Desagregació del nombre d'afiliats del sector industrial, per comarca de Catalunya, i comparació amb l'ocupació total a Catalunya. Font: Idescat.

D'acord amb les dades presentades en aquesta taula, en termes absoluts, les comarques amb un nombre més alt d'empleats del sector industrial són el Barcelonès, amb 83.195 afiliats, el Vallès Occidental, amb 80.420, i el Baix Llobregat, amb 51.900. Aquestes xifres representen,

El mapa següent inclou els percentatges que suposa l'ocupació del sector industrial de cada comarca sobre el total de 474.375 professionals d'aquest sector a Catalunya.



28

El mapa següent representa els percentatges que suposa el sector industrial sobre el total d'empleats de cada comarca.

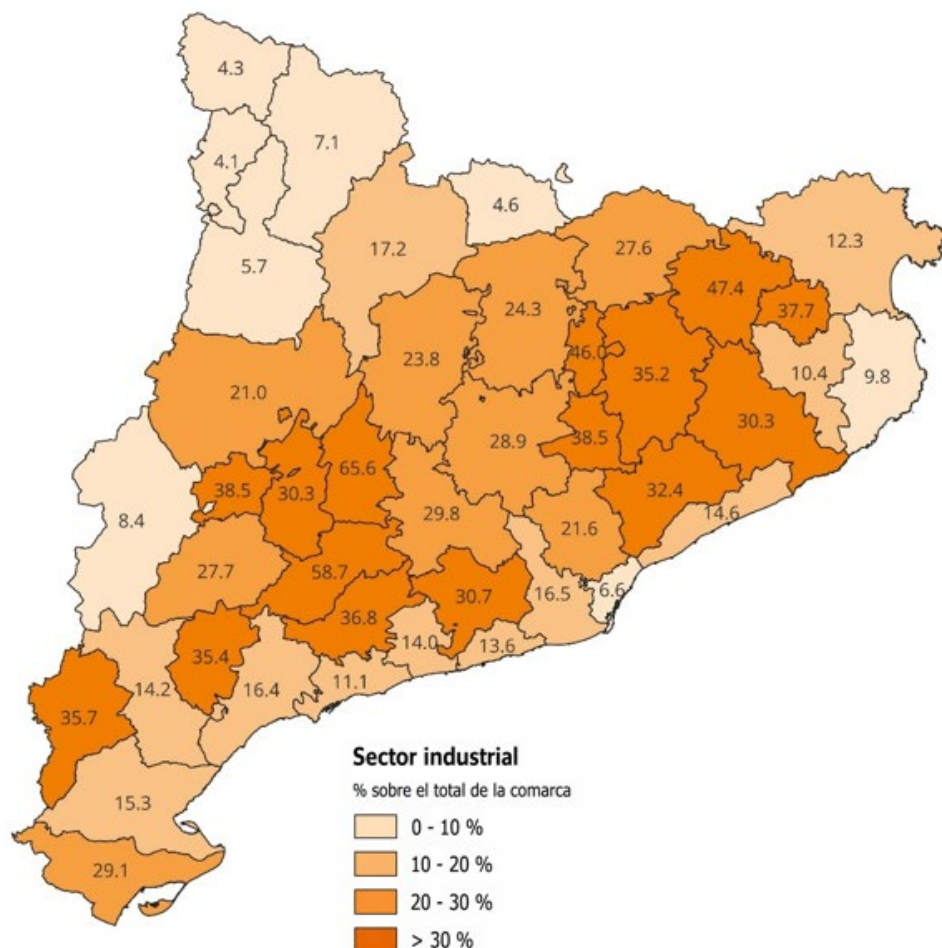


Figura 6. Percentatge que suposa l'ocupació del sector industrial en cada comarca de Catalunya sobre el total d'ocupació del sector industrial de cada comarca. Font: Idescat.

4.1.1. Comparativa d'activitat del sector industrial amb altres sectors econòmics de Catalunya

Per contextualitzar la rellevància del sector industrial dins del conjunt de l'economia catalana, la **figura 7** recull l'evolució del pes relatiu del valor afegit brut (VAB) dels principals sectors econòmics entre 2015 i 2023. Aquesta comparativa permet analitzar la contribució de la indústria respecte de la resta de grans sectors econòmics (primari, construcció i serveis).

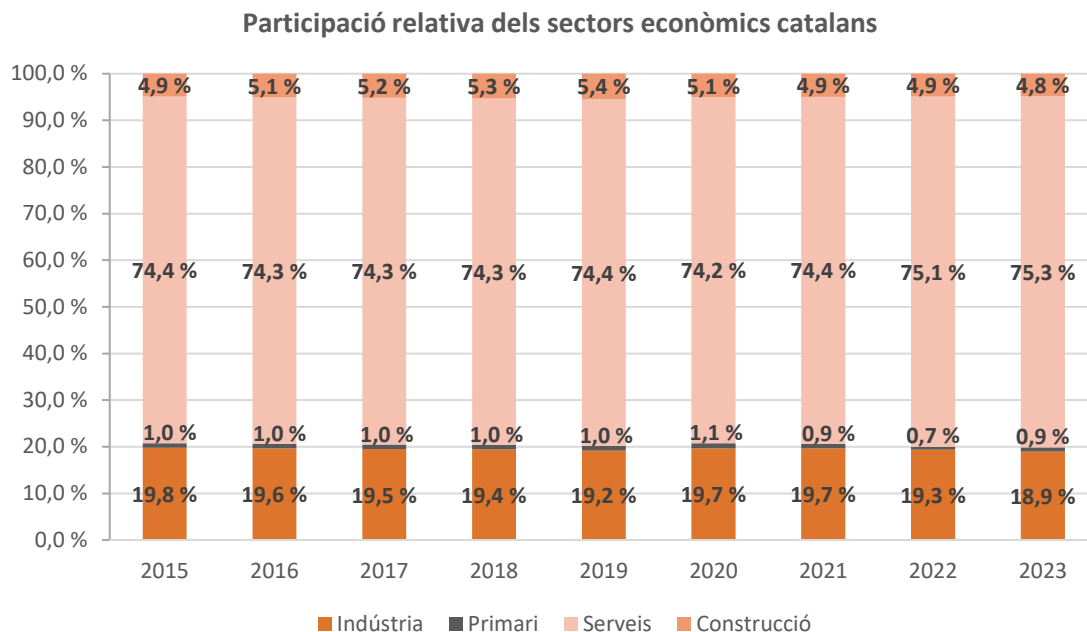


Figura 7. Evolució de la participació relativa del VAB del sector industrial a l'economia catalana (2015-2023). Font: Idescat.7

Tal com es pot observar, el sector serveis és clarament predominant dins de l'economia catalana, amb una contribució al VAB total superior al 74 % durant tot el període analitzat i arriba al 75,3 % l'any 2023. Tot i això, el sector industrial es manté com el segon gran pilar econòmic de Catalunya, amb una participació relativament estable entorn del 19 %-20 % del VAB total.

Per la seva banda, el sector de la construcció manté una contribució al voltant del 5 % del VAB català, mentre que el sector primari presenta un pes molt més reduït, inferior a l'1 % durant pràcticament tot el període analitzat.

4.1.2. Comparativa d'activitat subsectorial

Als apartats anteriors, s'ha descrit el sector industrial en conjunt, sense entrar en el detall de cadascun dels subsectors.

A continuació, s'exposen aquestes variables per als vint subsectors principals dins del sector industrial.

Els gràfics següents recullen les principals variables d'activitat d'aquests subsectors per a l'any 2023.

7. Font: Anuari estadístic de Catalunya. Economia. Macromagnituds, VAB, per branques d'activitat. Comptes econòmics anuals de Catalunya. Revisió estadística 2024. Institut d'Estadística de Catalunya, Idescat. Data de descàrrega del fitxer: 08/05/2026.

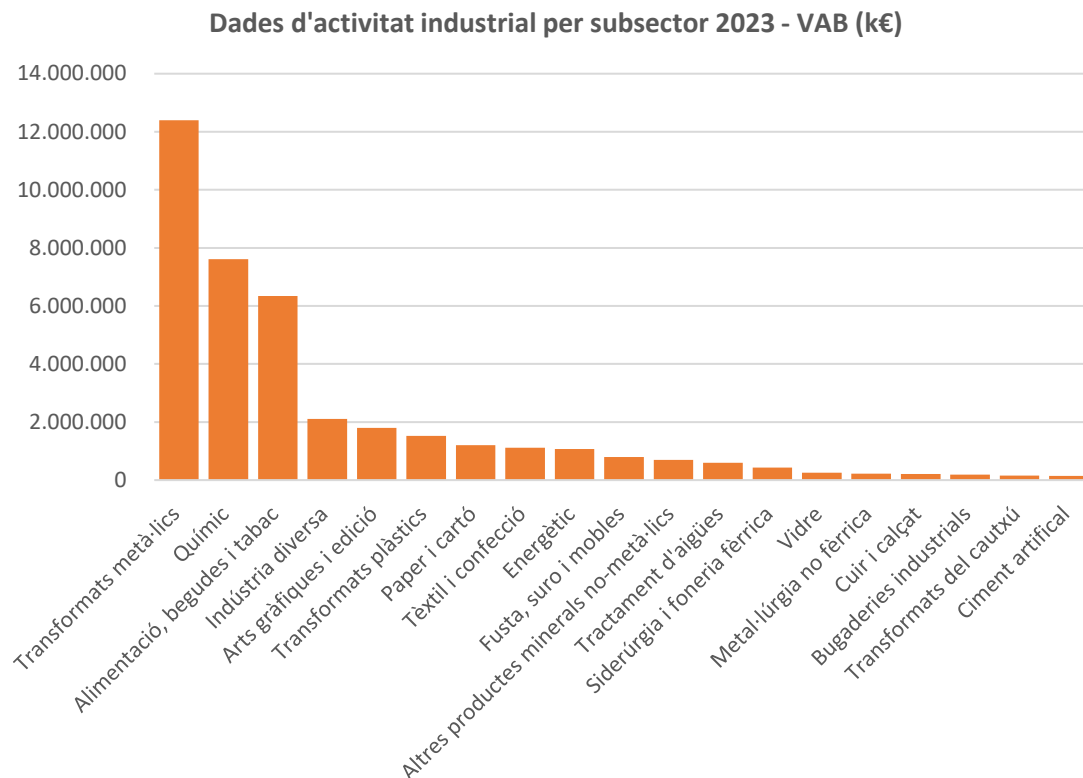


Figura 8. Evolució dels valors de VAB (k€) en els diversos subsectors, any 2023. Font: Idescat.

Com es pot observar (**figura 8**), dins del conjunt del sector industrial destaquen especialment els subsectors de transformats metàl·lics, químic i alimentació, que concentren una part molt rellevant del valor afegit brut total del sector. El subsector de transformats metàl·lics representa el contribuent principal al VAB industrial, amb un pes aproximat del 29,9 % sobre el total. Per la seva banda, el sector químic concentra aproximadament el 18,4 % del VAB industrial, i el subsector d'alimentació, begudes i tabac representa prop del 15,3 % del total.

En un segon nivell de representativitat se situen subsectors com indústria diversa (5,1 %), arts gràfiques i edició (4,3 %) i transformats plàstics (3,7 %), amb una contribució significativa, però inferior als grans sectors industrials. També destaquen paper i cartó (2,9 %), tèxtil i confecció (2,7 %) i energètic (2,6 %), que mantenen un pes rellevant dins del conjunt industrial català.

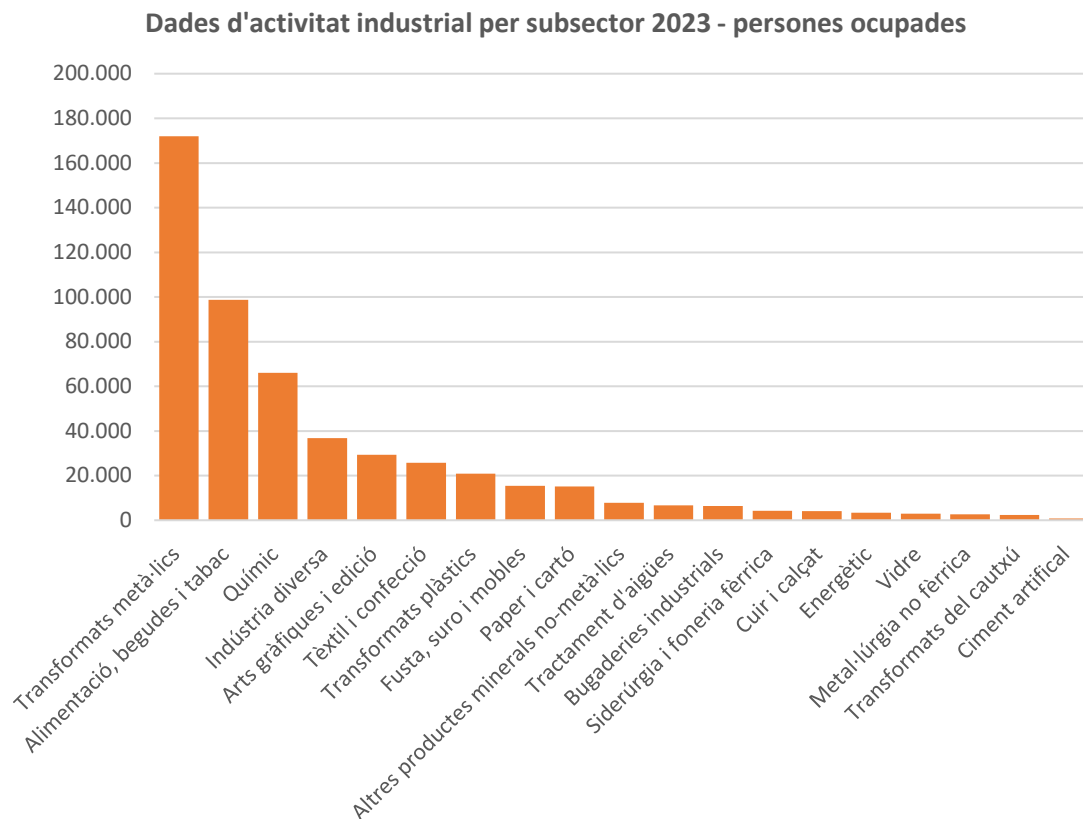


Figura 9. Evolució dels valors de persones ocupades en els diversos subsectors, any 2023. Font: Idescat.

Pel que fa al nombre de persones ocupades, la distribució sectorial presenta algunes diferències respecte del pes econòmic observat en el VAB. El subsector de transformats metàl·lics continua sent el més representatiu, amb prop de 172.000 persones ocupades, un 34,5 %, i es consolida com el motor industrial principal tant en activitat econòmica com en ocupació. També destaquen els sectors d'alimentació, begudes i tabac i el químic, amb més de 98.000 (19,8 %) i 66.000 (13,3 %) empleats respectivament.

D'altra banda, alguns sectors mostren una elevada capacitat d'ocupació en relació amb el seu VAB. És el cas d'arts gràfiques i edició, tèxtil i confecció o fusta, suro i mobles, que mantenen un volum considerable de persones ocupades, malgrat presentar un pes econòmic més moderat. Aquest comportament reflecteix estructures productives més intensives en mà d'obra i amb una dependència més gran de processos manuals o semiautomatitzats.

En canvi, sectors com l'energètic, el vidre o la metal·lúrgia no fèrrica presenten una ocupació relativament reduïda en comparació amb el seu VAB.

Adicionalment, s'ha analitzat el nombre d'unitats legals del sector industrial que existeixen a Catalunya, d'acord amb el nombre d'assalariats, l'any 2024. Els resultats es mostren en el gràfic següent (**figura 10**).

Nombre d'unitats legals segons assalariats per subsector, 2024

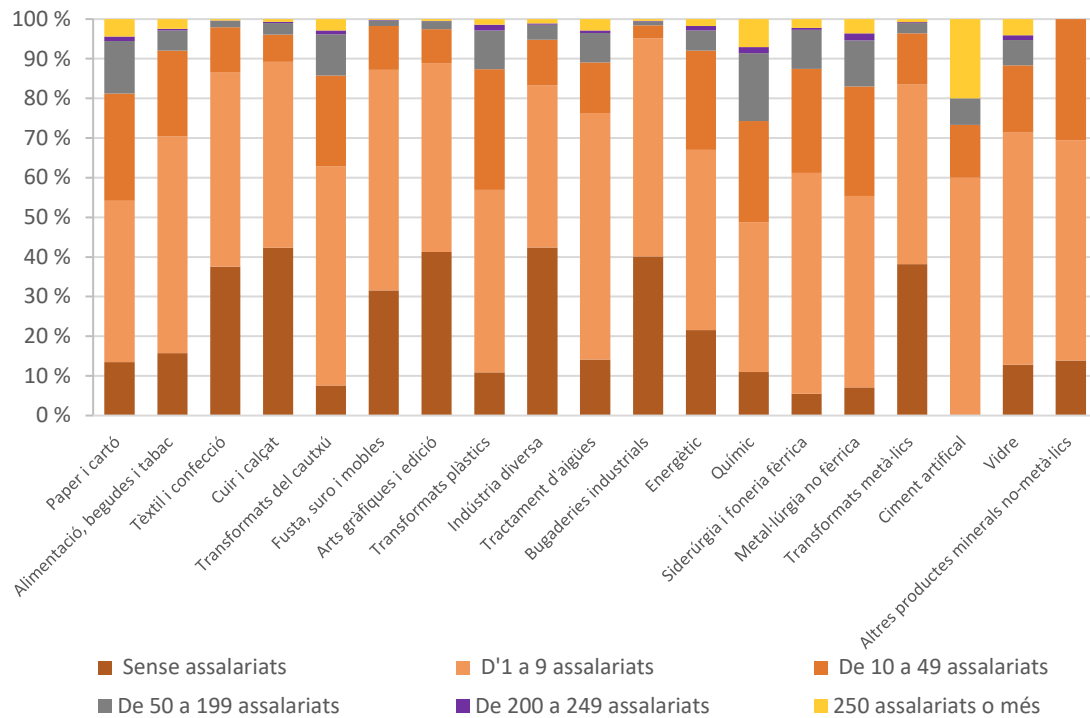


Figura 10. Comparativa del nombre d'unitats legals del sector industrial, classificades per nombre d'assalariats. Font: Idescat.⁸

Tal com es mostra a la **figura 10**, la major part de les unitats legals es concentren en les categories de menys de 10 assalariats, especialment en subsectors com transformats metàl·lics, tèxtil i confecció, arts gràfiques i edició o fusta, suro i mobles, en els quals predominen empreses de dimensió reduïda. Alternativament, sectors com el químic, alimentació, begudes i tabac o transformats plàstics tenen una representació significativa d'empreses mitjanes i grans, especialment en les categories de més de 50 i 250 assalariats.

En termes absoluts, el subsector de transformats metàl·lics concentra el major nombre d'unitats legals, amb un total de 17.648 empreses, seguit del tèxtil i confecció (5.326) i d'arts gràfiques i edició (4.937). Per contra, sectors com el vidre, el ciment artificial o els transformats del cautxú presenten una estructura empresarial molt més reduïda.

8. Font: Empreses amb establiments a Catalunya l'1 de gener. Per grup d'activitat econòmica (CCAIE 2009) i nombre d'assalariats de l'empresa, Catalunya. Institut d'Estadística de Catalunya, Idescat. Data de descàrrega del fitxer: 07/10/2025.

4.2. Consum energètic

L'any 2023, la totalitat de la indústria a Catalunya va assolir un consum energètic total de 4.783.658,87 tep (tona equivalent de petroli). Aquest consum suposa el 35 % del consum energètic del total de l'economia catalana, per darrere del sector transport, amb 5.426.334,1 tep, un 39 % del total.

A continuació, es fa una anàlisi de l'evolució de la intensitat energètica del sector industrial, prenent les dades del Balanç energètic de Catalunya.

Intensitat energètica	2021	2022	2023
Consum energètic (tep/any)	5.278.283,37	4.903.167,30	4.783.658,87
Valor afegit brut (milers € reals, base 2023)	40.256.269,13	41.368.681,48	41.459.703,00
Intensitat energètica (tep/milers € reals, 2023)	0,131	0,119	0,115

Taula 4. Intensitat energètica del sector industrial, període 2021-2023.⁹ Font: Basat en dades de consum energètic de l'ICAEN i dades de valor afegit brut de l'Institut d'Estadística de Catalunya.¹⁰

D'acord amb la taula anterior, la intensitat energètica del sector industrial es troba al voltant de 0,115 tones equivalents de petroli per cada miler d'euros reals el 2023.

Com a comparació, la intensitat energètica de l'economia catalana és al voltant de les 0,05-0,06 tones equivalents de petroli per cada miler d'euros reals el 2023; és a dir, al voltant de la meitat.

Es pot afirmar que el sector industrial, en conjunt, és un sector més intensiu en l'ús d'energia que molts dels altres sectors de l'economia catalana, en particular, el sector serveis.

Al llarg del període 2021-2023, la intensitat energètica del sector industrial ha mostrat una tendència decreixent, i el 2023 va assolir el valor més baix dels tres anys. Això es pot deure tant a una millora de l'eficiència energètica dels processos com, simplement, a la variació dels ingressos i despeses del sector, que afecten el valor afegit brut.

Respecte a l'evolució recent del consum energètic del sector industrial, mostra una tendència decreixent, en caure un 7,1 % entre 2021 i 2022 i un 9,4 % de manera acumulada entre 2021 i 2023 (**figura 12**). En termes d'usos, el consum industrial concentra la major part de la demanda, amb un 91,1 % del total, incloent-hi processos tèrmics i mecànics. En segon lloc, es troba l'energia recuperada, amb 384.643 tones equivalents de petroli el 2023, un 8 % del total. Els consums en calefacció, transport intern i aigua calenta sanitària són mínims, per sota de l'1 % en tots tres casos.

9. Cal destacar que, tot i que les dades de consum energètic mostrades a la taula tinguin l'origen en el Balanç energètic de Catalunya, hi ha petites diferències entre el nombre de sectors considerats com a industrials a les dades del Balanç energètic i els sectors inclosos en aquests plans, la qual cosa explica les diferències entre els consums energètics d'una font i de l'altra. En són exemple el sector de tractament d'aigües i el sector de bugaderies industrials, els quals, per les seves característiques, s'han tractat en aquests plans, però al Balanç energètic de Catalunya s'inclouen dins el sector serveis. Els valors de consum de la taula inclouen tots els sectors definits a l'apartat 2.2.

10. Font: Estadística estructural d'empreses del sector industrial. Macromagnituds, per agrupacions, 2015-2023. Institut d'Estadística de Catalunya, Idescat. Data de descàrrega del fitxer: 07/10/2025.

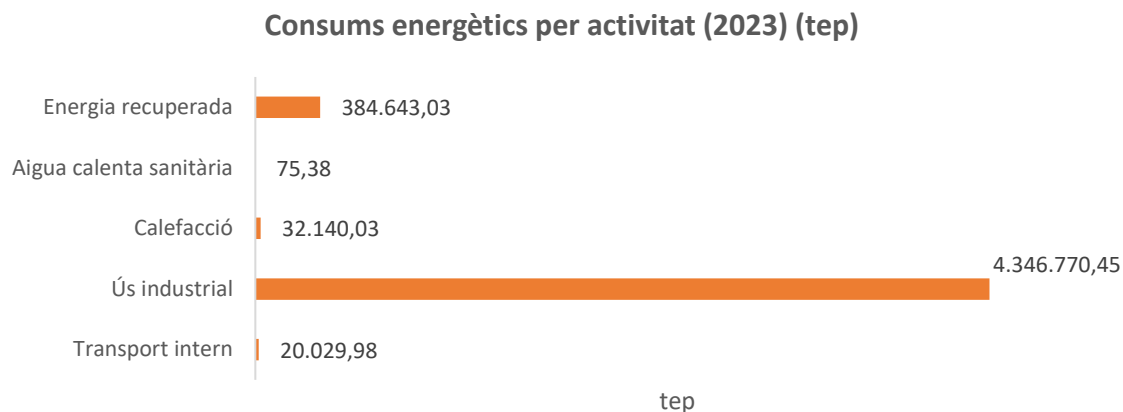


Figura 11. Distribució de la demanda total del sector industrial per activitat de consum, en tep/any (2023).
Font: ICAEN.

Pel que fa a la distribució de consums per fonts energètiques, el sector industrial presenta tres fonts principals que, de manera conjunta, suposen gairebé un 89 %. En primer lloc, la font d'energia més utilitzada és el gas natural, amb 1.771.719,39 tep, un 37,0 % del consum total el 2023. El gas natural és majoritari en els processos que requereixen calor. En segon lloc, es troba l'energia elèctrica, amb 1.438.391,42 tep, un 30,1 % del total. Aquesta font d'energia es caracteritza per la seva versatilitat, i s'usa majoritàriament en els processos mecànics. A una certa distància, es troben els gasos de refinaria, amb 1.025.801,3 tep, un 21,4 %. No obstant això, i malgrat la seva importància, aquesta font d'energia té un ús restringit a dos sectors: les indústries químiques, amb 941.415,7 tep, i l'energètic (i dins d'aquest el refinatge de petroli), amb 84.385,6 tep.

La resta de fonts d'energia, en conjunt, sumen un 11 % del consum total. Les més importants són el coc de petroli (180.161,3 tep, un 3,8 % del total), l'ús del qual es concentra en la fabricació de ciment i, en menys mesura, en el sector de la fabricació d'altres productes minerals no-metàl·lics, i en el de siderúrgia i foneria fèrrica. Són importants també la biomassa agrícola, animal i forestal, amb 107.872,0 tep, un 2,3 % del total, els residus industrials no renovables, amb 82.807,8 tep, un 1,7 % del total, i, finalment, el gasoil (49.335,2 tep, un 1,0 %) i els residus renovables (47.053,3 tep, un 1,0 %).

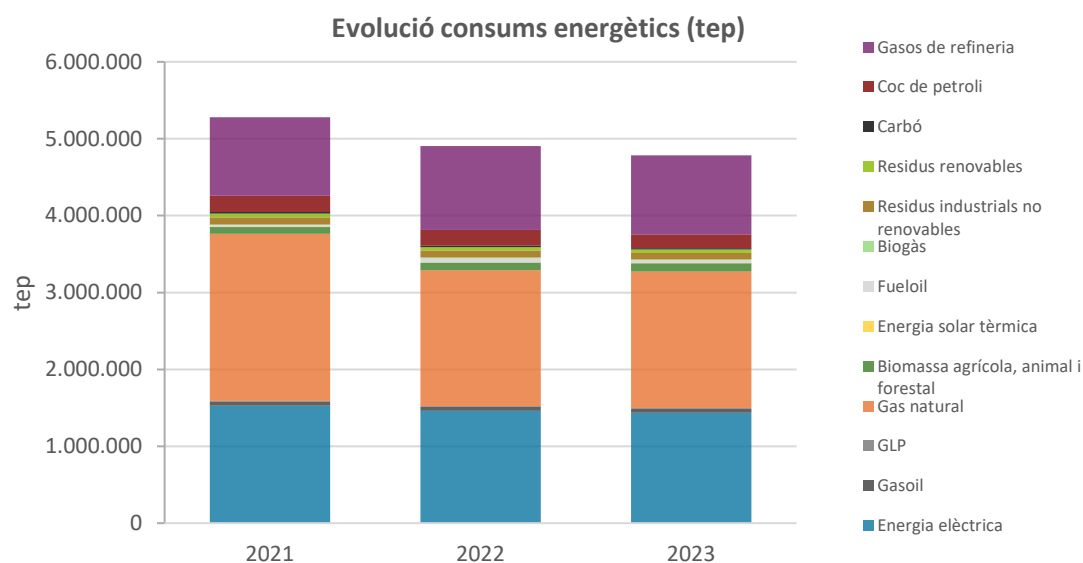


Figura 12. Evolució dels consums energètics del sector industrial a Catalunya (2021-2023), en tep/any.
Font: ICAEN.

La taula 5 mostra les dades anteriors, juntament amb els percentatges corresponents a cada font d'energia.

	2021		2022		2023	
Consums totals per font d'energia (tep)	Valor absolut	Percentatge	Valor absolut	Percentatge	Valor absolut	Percentatge
Energia elèctrica	1.528.551,18	29,0 %	1.461.879,60	29,8 %	1.438.391,42	30,1 %
Gasoil	54.245,13	1,0 %	53.978,92	1,1 %	49.335,16	1,0 %
GLP	8.179,00	0,2 %	9.784,71	0,2 %	12.329,04	0,3 %
Gas natural	2.173.961,12	41,2 %	1.764.062,34	36,0 %	1.771.719,39	37,0 %
Biomassa	84.918,62	1,6 %	98.348,74	2,0 %	107.871,97	2,3 %
Energia solar tèrmica	86,34	0,0 %	77,91	0,0 %	81,77	0,0 %
Fueloil	25.818,25	0,5 %	56.477,53	1,2 %	39.954,44	0,8 %
Biogàs	9.896,77	0,2 %	10.252,07	0,2 %	9.865,32	0,2 %
Residus industrials no renovables	92.951,95	1,8 %	87.297,94	1,8 %	82.807,83	1,7 %
Residus renovables	47.990,54	0,9 %	48.607,43	1,0 %	47.053,34	1,0 %
Carbó	21.953,46	0,4 %	21.165,84	0,4 %	18.286,54	0,4 %
Coc de petroli	211.087,32	4,0 %	201.988,01	4,1 %	180.161,32	3,8 %
Gasos de refinaria	1.018.643,69	19,3 %	1.089.246,26	22,2 %	1.025.801,33	21,4 %
Total	5.278.283,37	100,0 %	4.903.167,30	100,0 %	4.783.658,87	100,0 %

Taula 5. Evolució dels consums energètics del sector industrial en Catalunya (2021-2023), en tep/any, per font d'energia. Font: ICAEN.

D'acord amb la taula anterior, el sector industrial utilitza, de manera majoritària, tres fonts d'energia: gas natural, energia elèctrica i gasos de refineria. La importància relativa de cadascuna d'aquestes fonts ha variat amb els anys. S'observa, en primer lloc, una reducció en el consum de gas natural, tant en termes absoluts com relatius. En concret, aquesta font d'energia passa de suposar el 41,2 % del total el 2021 a un 37 % el 2023, amb una caiguda del 18,5 % en aquest període.

En segon lloc, s'ha incrementat el pes relatiu de l'energia elèctrica, que ha passat del 29 % el 2021 al 30,1 % el 2023. No obstant això, el consum absolut ha caigut en un 5,2 %, d'1.528.551,18 tep a 1.438.391,42 tep.

En tercer lloc, cal destacar el cas dels gasos de refineria, el consum dels quals es manté pràcticament constant, amb un augment del 0,7 % entre 2021 i 2023. En termes de pes sobre el consum total, oscil·la entre el 19,3 % el 2021 i el 21,4 % el 2022.

Aquestes tres fonts d'energia, de manera conjunta, suposen gairebé el 90 % del consum total del sector industrial.

Pel que fa a la resta d'energies, s'ha reduït el consum de coc de petroli de 211.087,3 tep el 2021 a 180.161,3 tep el 2023, una caiguda del 14,7 %; el seu pes ha passat del 4 % del total al 3,8 %.

S'ha incrementat l'ús de la biomassa agrícola, animal i forestal, que ha passat de 84.918,6 tep a 107.872,0 tep el 2023, un creixement del 27,0 %. Quant al seu pes, ha passat de l'1,6 % el 2021 al 2,3 % el 2023.

Els consums absoluts de residus industrials no renovables han caigut un 10,9 % i els dels residus renovables, un 2,0 %. Quant al pes total sobre la matriu energètica del sector industrial, els residus industrials no renovables suposen l'1,7 % i els residus renovables, l'1,0 %, l'any 2023.

Quant al gasoil, el seu pes s'ha trobat tots els anys al voltant de l'1,0 %. No obstant això, el consum ha caigut de 54.245,1 tep el 2021 a 49.335,2 tep el 2023, la qual cosa suposa una reducció del 9,1 %.

4.2.1. Comparativa de consums energètics dels sectors industrials amb altres sectors econòmics de Catalunya

En aquest apartat, es procedeix a comparar els consums energètics del sector industrial en conjunt amb altres sectors rellevants de l'economia catalana.

Per a aquesta comparació, es prenen les dades presentades en els balanços energètics de Catalunya, anys 1990-2023,¹¹ per a l'any 2023.

11. Font: Balanços energètics de Catalunya, anys 1990-2023. Principals agregats i indicadors. Institut Català d'Energia. Generalitat de Catalunya. Data de la versió: 04/12/2025. Data de descàrrega del fitxer: 7/05/2026.

En primer lloc, es presenten els consums energètics totals aquest any.

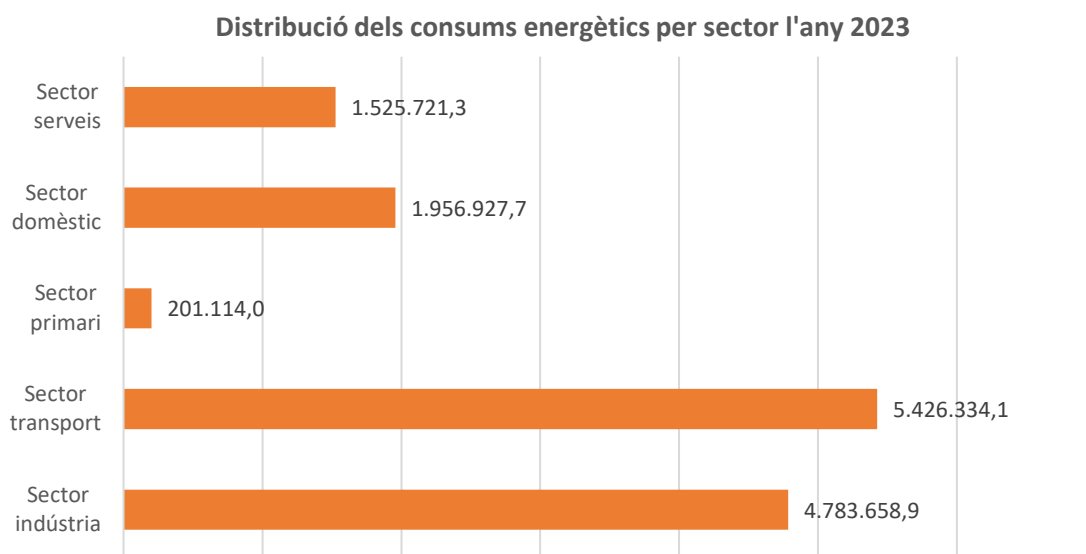


Figura 13. Distribució de la demanda energètica total de Catalunya per sector econòmic, en tep/any (2023). Font: ICAEN.

D'acord amb la figura anterior, hi ha dos sectors que suposen, de manera conjunta, gairebé tres quartes parts del consum total: el sector transport, amb 5.426.334,1 tep (39,1 %) i el sector indústria, amb 4.783.658,9 tep (34,4 %). A continuació, es troben el sector domèstic, amb 1.956.927,7 tep (14,1 %), i el sector serveis, amb 1.376.681,5 tep (11%). Finalment, el sector primari va consumir 201.114,0 tep (1,4 %).

És interessant assenyalar les diferències entre la rellevància dels sectors quant a consum energètic i a importància econòmica. En particular, el sector indústria va suposar el 2023 un 18,9 % del valor afegit brut total, mentre que, en termes d'energia, va consumir un 34,4 % del total. En canvi, el sector serveis suposa un pes molt important en termes de valor afegit brut, amb un 75,3 %, i utilitza tan sols un 11 % de l'energia. El sector primari té una importància reduïda tant en termes econòmics (0,9 % del valor afegit brut el 2023) com en termes energètics (1,4 % del total aquest any).

A continuació, s'inclou també la distribució dels consums energètics per sector i per font d'energia.

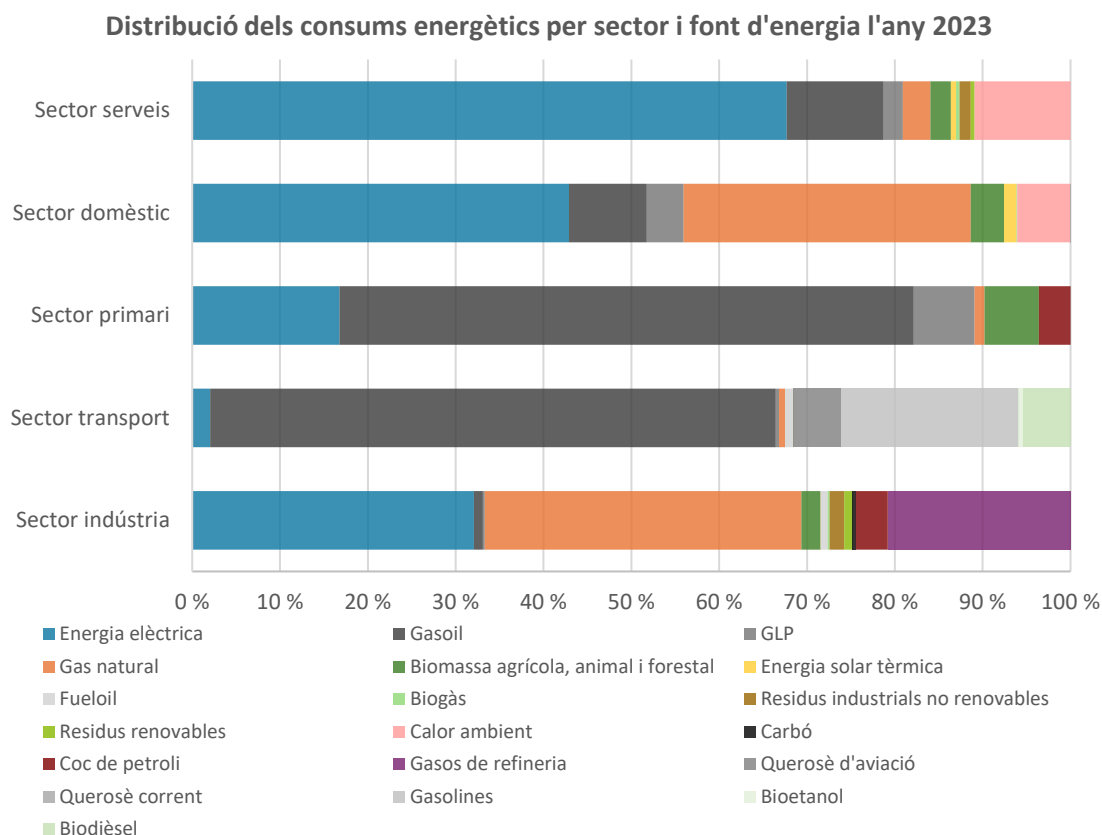


Figura 14. Distribució dels consums energètics per sector i font d'energia, en percentatge l'any 2023.
Font: ICAEN.

De la taula anterior, se'n poden extreure diverses conclusions. En primer lloc, es pot constatar que, en general, solen predominar tres fonts d'energia: el gasoil, que suposa el 28,8 % de l'energia consumida a Catalunya, l'energia elèctrica, amb un 25,2 %, i, finalment, el gas natural, amb un 18,0 %.

No obstant això, la distribució i la importància de cada font d'energia és diferent per a cada sector. D'una banda, al sector industrial, hi ha tres fonts d'energia principals: el gas natural, amb un 37,0 % (1.771.719,39 tep); l'energia elèctrica, amb un 30,1 % (1.438.391,42 tep), i els gasos de refineria, amb un 21,4 % (1.025.801,3 tep). És destacable que aquest sector és l'únic que utilitza com a font d'energia els gasos de refineria. D'altra banda, hi ha diverses fonts d'energia l'ús de les quals es limita al sector transport: el querosè d'aviació, el querosè corrent, les gasolines, el bioetanol i el biodièsel.

En el sector transport, dues fonts d'energia suposen pràcticament el 85 % del consum: el gasoil, amb un 64,4 % (3.493.082,7 tep), i les gasolines, amb un 20,3 % (1.098.881,2 tep), que només s'emprèn en aquest sector. Aquest sector és també l'únic que fa servir querosè d'aviació, 291.936,9 tep (5,4 % del total del sector); biodièsel, 292.646,2 tep (5,4 % del total), i bioetanol, 27.185,8 tep (0,5 % del total).

Quant al sector primari, la varietat de fonts d'energia emprades és limitada: quatre fons d'energia representen més del 95 % del consum. En primer lloc, destaca el gasoil, amb 131.472,4 tep (65,4 %), que s'utilitza principalment en la maquinària mòbil (tractors, recol·lectores, etc.). L'energia elèctrica, amb 33.716,5 tep, representa un 16,8 %. Les altres dues fonts d'energia són el gas liquat del petroli (GLP), amb 13.974,0 tep (6,9 % del total), i la biomassa agrícola, animal i forestal, amb 12.439,3 tep (6,1 % del total). Aquest sector és el sector en què aquestes dues fonts d'energia tenen un pes més important. El coc de petroli, amb 7.251,9 tep (3,6 %), solament s'usa en aquest sector i en l'industrial. Finalment, s'utilitza una quantitat limitada de gas natural, 2.255,8 tep (1,1 % del total).

El sector domèstic, per la seva banda, concentra un 42,9 % del consum energètic en electricitat (839.193,5 tep) i un 32,7 % en gas natural (639.746,7). El gas natural s'empra normalment en calefacció, generació d'aigua calenta sanitària i per cuinar, mentre que l'electricitat és polivalent i es pot usar per als diversos electrodomèstics d'una llar. Alguns habitatges antics utilitzen encara combustibles fòssils diferents del gas natural per a la calefacció, com són el gasoil (173.858,9 tep, 8,9 % del total), GLP (81.814,0 tep, 4,2 % del total d'energia utilitzada) o el querosè corrent, amb tan sols 25,6 tep (0,0 %). En canvi, altres habitatges més moderns estan adaptant fonts d'energia alternatives, com són la calor ambient recuperada amb bomba de calor (119.233,4 tep, 6,1 %), la biomassa agrícola, animal i forestal (73.858,7 tep, 3,8 %), l'energia solar tèrmica (28.036,8 tep, 1,4 %) i, finalment, el biogàs (1.106,1 tep, 0,1 % del total).

Quant al sector serveis, la principal demanda és d'energia elèctrica, que suposa el 67,7 % de l'energia total utilitzada, amb 931.977,1 tep. A continuació, hi ha el gasoil, amb 151.589,6 tep, un 11,0 %, i, a molt curta distància, la calor ambient, amb 150.203,5 tep, un 10,9 %. Aquestes tres fonts d'energia suposen, en conjunt, gairebé el 90 % del consum total d'aquest sector. A molta distància, es troben el gas natural, amb un consum de 43.190,0 tep (3,1 %); la biomassa agrícola, animal i forestal, amb 31.774,1 tep (2,3 %), i el GLP, amb 30.441,4 tep (2,2 %). La matriu energètica es completa amb residus industrials no renovables (17.414,5 tep, un 1,3 %), energia solar tèrmica (8.442,6 tep, un 0,6 %), residus renovables (6.130,8 tep, un 0,4 %) i, finalment, el biogàs (5.517,8 tep, un 0,4 %).

Al subapartat següent, es duu a terme una anàlisi més exhaustiva dels consums energètics de cadascun dels sectors en què s'ha dividit el sector industrial.

4.2.2. Comparativa subsectorial de consums energètics dels sectors industrials

En aquest subapartat, s'analitzen els consums energètics dels vint sectors de la indústria especificats a l'apartat 2.2.

En primer lloc, el gràfic següent mostra els consums, per font energètica, dels vint sectors principals. La xifra que apareix és el consum total l'any 2023, juntament amb el percentatge sobre el total de sectors.

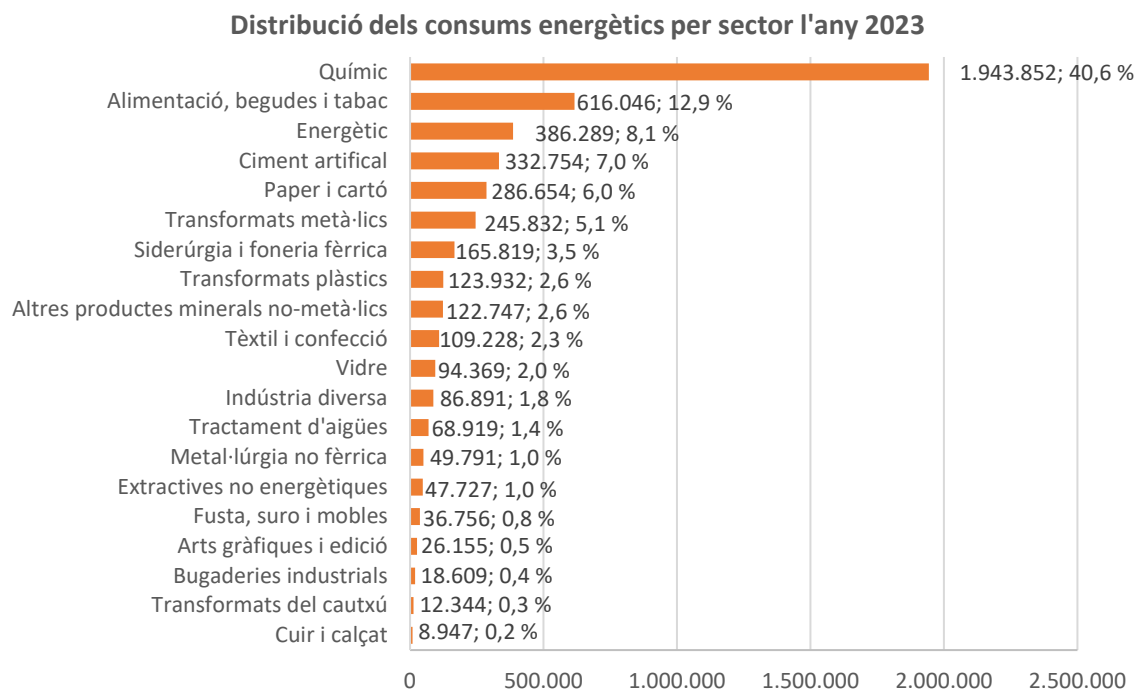


Figura 15. Distribució dels consums energètics per sector i font d'energia en tep, l'any 2023. Font: ICAEN.

D'acord amb la taula anterior, hi ha cinc sectors industrials principals que suposen, de manera conjunta, més del 75 % del consum de la indústria. Aquests són, en primer lloc, el sector químic, amb un consum el 2023 d'1.943.852 tep (40,6 %), seguit del d'alimentació, begudes i tabac, un 12,9 % o 616.046 tep. En tercer lloc, hi ha el sector energètic, amb 386.289 tep (8,1 %). En quart lloc, el sector del ciment artificial, amb 332.754 tep (7 %), i, finalment, el de paper i cartó, amb 286.654 tep (6,0 %).

Com es pot veure, a la figura següent hi ha diferències importants pel que fa a les distribucions de consums entre els diferents subsectors, sobretot en relació amb la font d'energia predominant. En la majoria dels sectors, predomina l'ús de l'energia elèctrica i el gas natural. Ara bé, també hi ha algunes excepcions: en el sector ciment, la font d'energia més utilitzada és el coc de petroli, amb un 46,5 %, pel fet que, en aquest sector, cal aconseguir una temperatura molt alta per a la clínquerització. Aquestes altes temperatures de clínquerització permeten alimentar els forns amb una gran varietat de combustibles, tal com es pot observar a la figura anterior.

Els gasos de refinaria s'utilitzen solament en els sectors energètic (21,9 %) i químic (48,4 %), perquè els gasos de refinaria són un producte propi del refinament de petroli que no es poden comercialitzar, però que tenen valor energètic i es poden aprofitar en el punt on es produeixen.

En el cas del sector de la fusta, suro i mobles, la font d'energia més important és la biomassa agrícola, animal i forestal, que suposa el 42,7 % del total. El motiu per a això és que, a conseqüència del tractament de la fusta i del suro, es genera una gran quantitat de residus de

fusta i serradures. La facilitat que té aquest sector per generar energia mitjançant els residus generats de la seva activitat, d'una banda, permet reduir la quantitat de residus generats que cal gestionar i, de l'altra, permet generar energia amb un cost mínim.

La figura següent mostra aquestes dades en valors percentuals.

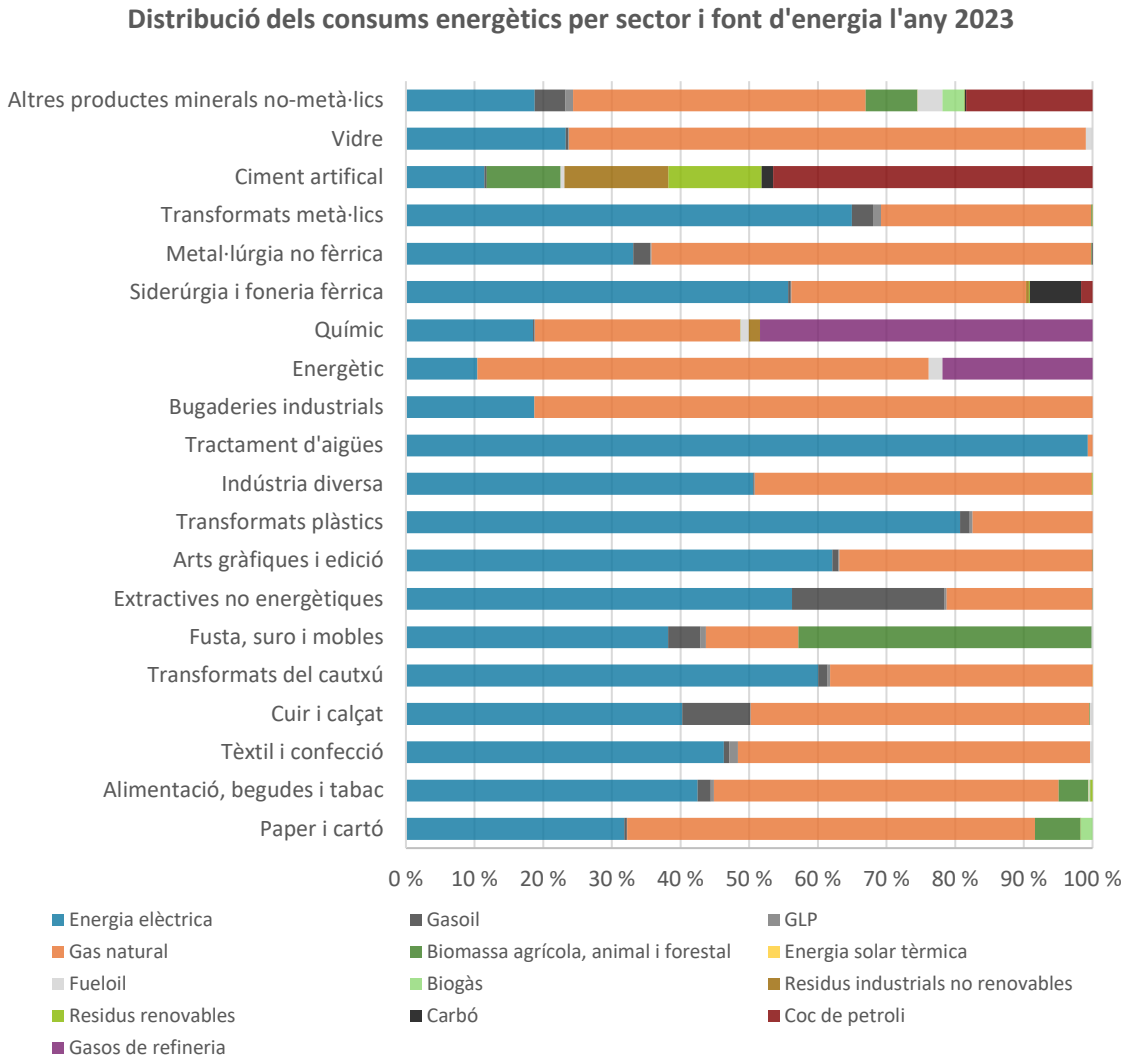


Figura 16. Distribució dels consums energètics per sector i font d'energia, en percentatge l'any 2023.
Font: ICAEN.

De manera complementària a les anàlisis anteriors, es pot fer una comparació sobre les intensitats energètiques de cada sector dins del sector industrial.

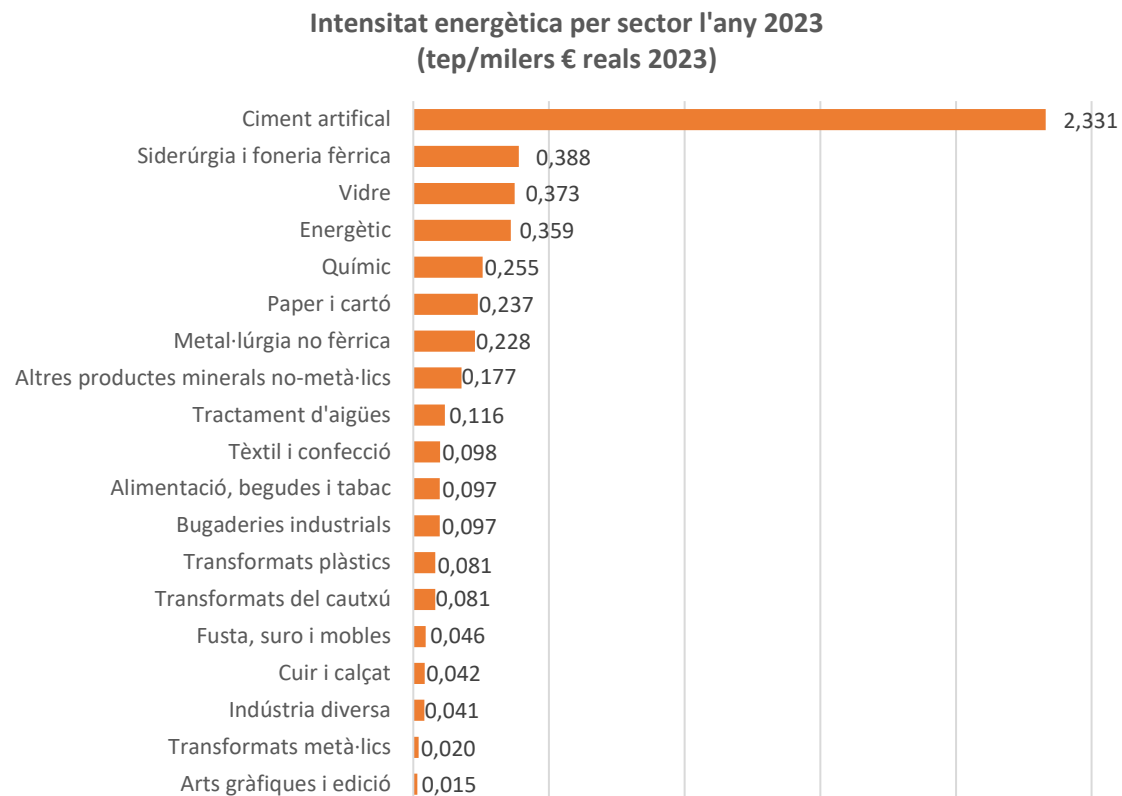


Figura 17. Intensitat energètica per sector l'any 2023 (tep/milers € reals 2023). Font: ICAEN.

En la figura anterior, sobre la base dels valors d'intensitat energètica corresponents a l'any 2023, s'observen diferències molt significatives entre els diversos sectors industrials, fet que evidencia una forta heterogeneïtat en l'ús d'energia per unitat de valor afegit.

El sector amb una intensitat energètica clarament més elevada és el ciment artificial, amb un valor de 2,331 tep per miler d'euros reals el 2023, que se situa molt per sobre de la resta de sectors, cosa que reflecteix el seu caràcter altament intensiu en energia. A continuació, destaquen els sectors siderúrgia i foneria fèrrica (0,388 tep/milers € reals 2023), seguits del vidre (0,373 tep/milers € reals 2023) i l'energètic (0,359 tep/milers € reals 2023), tots caracteritzats per processos industrials amb elevades necessitats tèrmiques i operacions d'alta temperatura.

En un nivell intermedi es troben sectors com el químic (0,255), el paper i cartó (0,237), la metal·lúrgia no fèrrica (0,228) i el d'altres productes minerals no-metà·lics (0,177), que presenten intensitats moderades però significatives dins del conjunt industrial. També s'inclouen en aquest rang el tractament d'aigües (0,116) i la indústria tèxtil i confecció (0,098), juntament amb l'alimentació, begudes i tabac (0,097) i les bugaderies industrials (0,097).

Finalment, els sectors amb menys intensitat energètica l'any 2023 són el de cuir i calçat (0,042) i el de la indústria diversa (0,041), seguits dels transformats metà·lics (0,020) i de les arts gràfiques i edició (0,015), que presenten una relació energia - valor afegit reduïda en comparació amb la resta del sistema industrial.

4.3. Anàlisi de les emissions de gasos d'efecte hivernacle del sector

L'anàlisi de les emissions de gasos d'efecte hivernacle es divideix en dos grups, en funció de si són produïdes a partir de la crema de combustibles fòssils (energètiques) o del mateix procés industrial (no energètiques). Així, es poden classificar les emissions de gasos d'efecte hivernacle (GEH) del sector industrial segons la naturalesa de la seva procedència:

- **Combustió energètica:** les emissions relatives a la crema de combustibles fòssils o l'ús d'energia elèctrica, en diferents processos, com ara forns, calderes de producció de calor, motors, maquinària pesant o equips de transport.
- **Emissions no energètiques:** són les emissions que es generen al marge dels processos energètics de combustió. Als efectes d'aquest document se'n fa la distinció següent:
 - **Emissions de procés:** les emissions de procés es generen en les reaccions químiques que es produeixen durant la **fabricació de determinats productes industrials**, diferents de la combustió de combustibles fòssils. Per exemple, la calcinació de carbonats com el carbonat de calci (CaCO_3) per generar calç (CaO) necessària en la fabricació de ciment o de calç, així com la descarbonatació d'altres carbonats usats com a matèries primeres, com el carbonat de potassi (K_2CO_3), el carbonat de bari (BaCO_3) i el carbonat de liti (Li_2CO_3), usats per fabricar vidres amb propietats especials.
 - **Altres emissions no energètiques:** són les emissions que **no es generen en el mateix procés productiu industrial**, sinó que tenen un altre origen, però que es vinculen als subsectors aquí tractats. En són un exemple les emissions originades en el tractament dels digestats a les estacions depuradores, analitzades en aquest document.

A continuació, s'analitzen les emissions de gasos d'efecte hivernacle del sector industrial i dels diferents sectors econòmics de l'economia catalana en conjunt, tant les derivades de la combustió com les de caràcter no energètic.

4.3.1. Emissions de combustió del sector industrial

L'any 2023, el sector industrial va ser responsable d'unes emissions totals de combustió de 9.411.402,36 tones de CO_2 equivalent. El total d'emissions de combustió de l'economia catalana va ser de 31.287.491 tones de CO_2 equivalent, de manera que el sector industrial va suposar, en total, un 30 % de les emissions de combustió de l'economia catalana el 2023.

En concordança amb els consums indicats a la **figura 11**, l'any 2023, l'activitat amb nivells més alts d'emissió de $\text{tCO}_2\text{-eq}$ per combustió van ser els usos industrials, que van representar el 89,1 % de les emissions totals del sector. L'energia recuperada també va tenir un pes representatiu (9,4 %), mentre que el transport intern i la calefacció van tenir un nivell d'emissions mínim, del 0,7 % i 0,8 % respectivament.

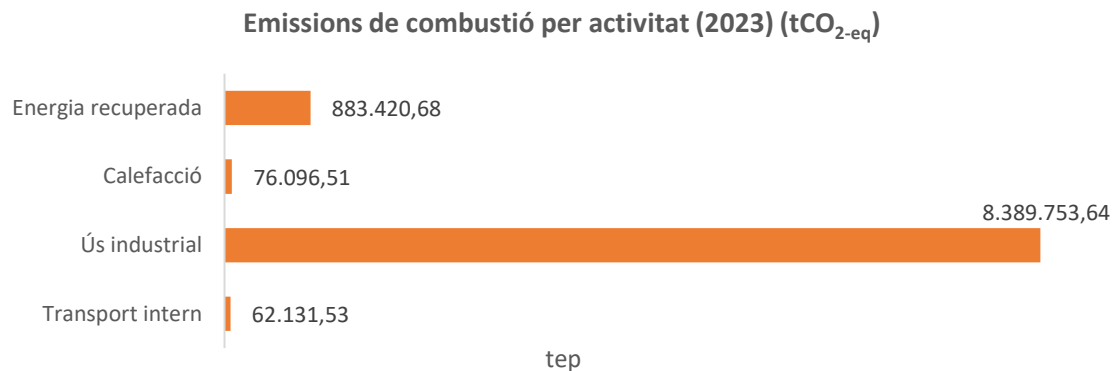


Figura 18. Distribució de les emissions de combustió del sector industrial per activitat de consum (2023).
Font: ICAEN i elaboració pròpia a través de dades de factors d'emissió.

A continuació, es presenta el repartiment d'emissions de gasos d'efecte hivernacle per font d'energia. El gruix (39,4 %) correspon a la crema de gas natural, i també destaca la contribució dels gasos de refinaria, amb un pes aproximat del 26,3 % de les emissions totals. L'electricitat, encara que no produeix emissions directes en el punt d'ús, sí que genera emissions indirectes associades a la matriu elèctrica, que arriben a suposar entorn del 16,9 % de les emissions de combustió totals. En menor mesura, el coc de petroli representa prop del 7,8 % i els residus industrials no renovables contribueixen amb aproximadament el 5,3 % de les emissions. La resta de combustibles, com el gasoil, el fueloil, el GLP o el carbó, presenten una incidència relativament reduïda dins del conjunt d'emissions del sector.

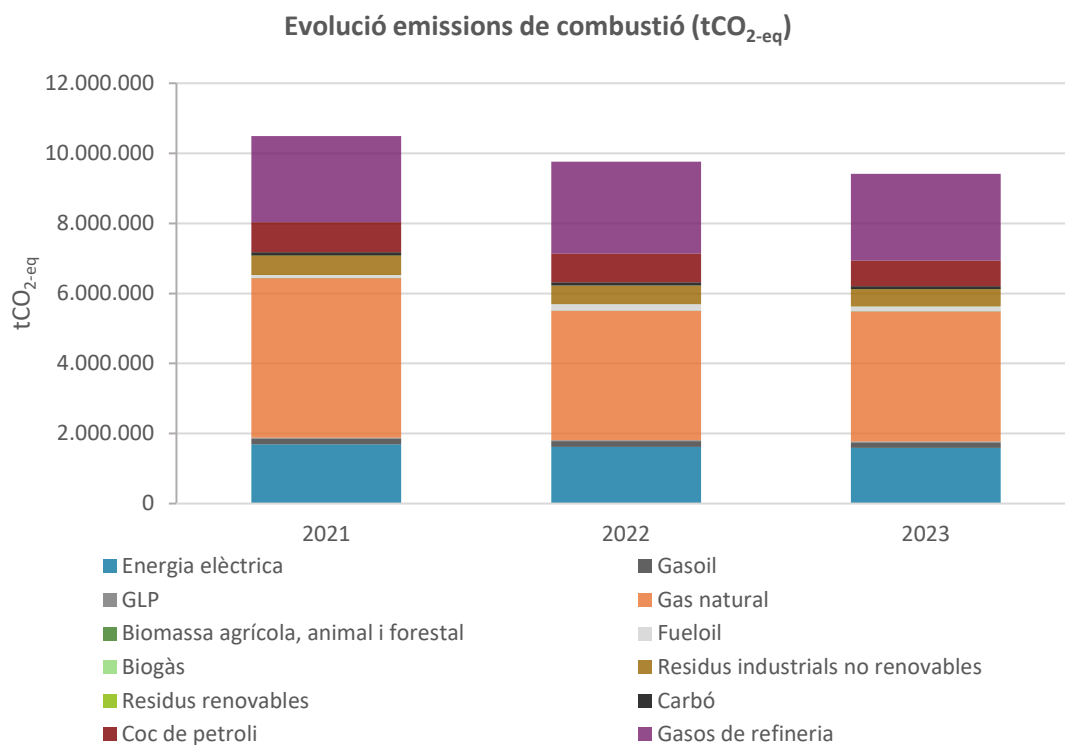


Figura 19. Evolució de les emissions de combustió per al sector industrial a Catalunya (2021-2023).
Font: ICAEN i elaboració pròpia a través de dades de factors d'emissió.

Durant el període 2021-2023, s'ha experimentat una reducció de les emissions de combustió en el sector: un 7,0 % entre 2021 i 2022 i un 10,32 % si es compara el 2023 amb el 2021.

Com es pot observar en la taula següent, el gas natural continua sent la principal font emissora del sector industrial al llarg de tot el període analitzat, amb un pes que oscil·la entre el 38 % i el 43 % de les emissions totals de combustió. Tot i la reducció significativa de les emissions absolutes entre 2021 i 2023, del 18,5 %, la seva importància relativa es manté molt elevada dins de la matriu energètica del sector.

En segon lloc, es troben els gasos de refineria, que veuen incrementat el seu pes relatiu del 23,4 % el 2021 al 26,3 % el 2023. Les emissions en termes absoluts es van incrementar un 0,7 %. A continuació, es troba l'energia elèctrica, amb un pes que passa del 16,1 % el 2021 al 16,9 % el 2023. No obstant això, les emissions en termes absoluts degudes a l'ús d'electricitat es van reduir en un 5,9 %.

Són destacables també les emissions degudes a l'ús de coc de petroli, si bé es van reduir un 14,7 % entre 2021 i 2023. En termes relatius, van passar d'un 8,2 % el 2021 a un 7,8 % el 2023

La taula següent mostra les dades anteriors, juntament amb els percentatges corresponents a cada font d'energia.

	2021		2022		2023	
	Valor absolut	Percentatge	Valor absolut	Percentatge	Valor absolut	Percentatge
Emissions totals de combustió per font d'energia (tCO₂-eq/any)						
Energia elèctrica	1.687.690,34	16,1 %	1.614.077,51	16,5 %	1.588.143,95	16,9 %
Gasoil	170.782,95	1,6 %	169.944,82	1,7 %	155.324,62	1,7 %
GLP	21.882,26	0,2 %	26.178,21	0,3 %	32.985,37	0,4 %
Gas natural	4.552.451,85	43,4 %	3.694.090,38	37,8 %	3.710.124,88	39,4 %
Biomassa agrícola, animal i forestal	6.854,83	0,1 %	7.938,94	0,1 %	8.707,68	0,1 %
Fueloil	84.285,67	0,8 %	184.375,27	1,9 %	130.434,36	1,4 %
Biogàs	22,92	0,0 %	23,75	0,0 %	22,85	0,0 %
Residus industrials no renovables	556.274,90	5,3 %	522.438,24	5,4 %	495.566,98	5,3 %
Residus renovables	3.873,91	0,0 %	3.923,71	0,0 %	3.798,26	0,0 %
Carbó	92.485,69	0,9 %	89.167,60	0,9 %	77.037,66	0,8 %
Coc de petroli	860.842,20	8,2 %	823.734,01	8,4 %	734.721,86	7,8 %
Gasos de refineria	2.457.267,59	23,4 %	2.627.581,71	26,9 %	2.474.533,91	26,3 %
Total	10.494.715,12	100,0 %	9.763.474,14	100,0%	9.411.402,36	100,0%

Taula 6. Evolució de les emissions de combustió del sector industrial a Catalunya (2021-2023), en tCO₂-eq per font d'energia. Font: ICAEN i elaboració pròpia a través de dades de factors d'emissió.

4.3.2. Emissions no energètiques del sector industrial

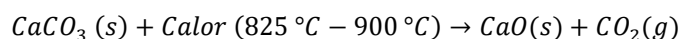
4.3.2.1. Emissions de procés

En els sectors industrials, les emissions de procés es generen a conseqüència de processos de reacció química o física diferents de la combustió de combustibles fòssils per produir energia.

A continuació, es descriuen alguns dels processos que donen lloc a aquestes emissions.

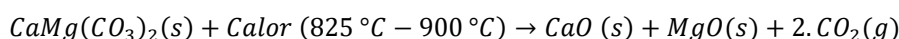
- **Descarbonatació de carbonat càlcic i de la dolomia per produir calç**

La reacció química que es produeix és la següent:



Atès que, en la natura, la calcària no sol trobar-se pura, sinó que pot contenir carbonat de magnesi, i formar dolomia ($CaMg(CO_3)_2$), a vegades la calcinació de la calcària també suposa la formació d'òxid de magnesi.

La reacció química de calcinació de la dolomia és com segueix:

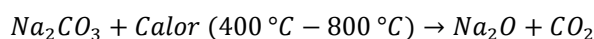


Aquestes emissions de procés són típiques del **sector de fabricació d'altres productes minerals no-metàl·lics**, durant la producció de calç, així com en la **producció de ciment**. Aquesta reacció també té lloc en la descomposició dels carbonats que formen part de les argiles, en la fabricació de productes ceràmics, com taulells, paviments ceràmics, maons i teules.

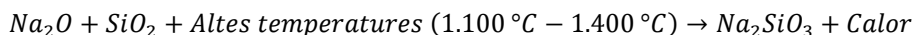
- **Descarbonatació de carbonat de sodi per produir òxid de sodi**

En molts processos industrials, com la fabricació del vidre, s'utilitza carbonat de sodi (Na_2CO_3) per produir òxid de sodi. La sosa s'empra com a fundent en la fabricació de productes ceràmics i en vidre per reduir la temperatura a la qual es fon la sílice.

El carbonat de sodi es descompon en òxid de sodi i diòxid de carboni, d'acord amb la fórmula següent:



Després, l'òxid de sodi es combina amb la sílice per formar silicats de sodi, d'acord amb la fórmula següent:



- **Descarbonatació d'altres carbonats**

En la fabricació del vidre, a part del carbonat de calci i el de sodi, s'utilitzen altres carbonats per donar unes certes propietats al vidre. Entre aquests, es poden esmentar:

- Carbonat de potassi (K_2CO_3): s'utilitza en la fabricació de vidres especials o de cristall, sovint en combinació amb òxid de plom.
- Carbonat de bari ($BaCO_3$): s'usa per millorar l'índex de refracció i augmentar la densitat d'uns determinats tipus de vidre.

- Carbonat de liti (Li_2CO_3): s'empra en vidres de borosilicat i aplicacions que requereixen baixa expansió tèrmica.

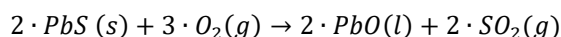
En transformar-se en els seus respectius òxids (K_2O , BaO i Li_2O), aquests carbonats alliberen quantitats importants de CO_2 , cosa que dona lloc a les emissions de procés del vidre.

▪ Producció de plom

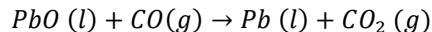
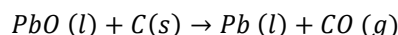
El plom es produeix, principalment, a partir de dos processos: sinterització/fosa i fosa directa.

- Sinterització/fosa: hi ha una sinterització inicial, en la qual es barregen els concentrats de plom (sulfur de plom) amb sinteritzats reciclats, pedra calcària i sílice, oxigen i llots amb alt contingut en plom. Mitjançant combustió, s'elimina el sofre i els metalls volàtils. El procés produeix un sinteritzat torrat, que conté òxid de plom i altres òxids metàl·lics, i emet diòxid de sofre (SO_2).

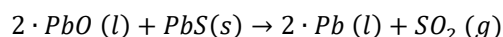
Les reaccions que tenen lloc són dues. En primer lloc, s'escalfa el mineral (galena) amb aire, i el sulfur de plom es converteix en òxid de plom:



A continuació, aquest sinteritzat s'introdueix en un alt forn, juntament amb minerals que contenen altres metalls, aire, productes derivats de fosa i coc metal·lúrgic. El coc crema en entrar en contacte amb l'aire i produeix monòxid de carboni (CO), que provoca la reducció de l'òxid de plom a plom metall.



També es pot produir la reacció directa entre el sulfur de plom i l'òxid de plom residual per donar lloc a plom metàl·lic en estat líquid.

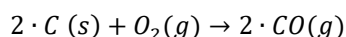


- Fosa directa: s'elimina l'etapa de sinterització inicial. El concentrat de plom i altres materials entren directament en un alt forn, en el qual són fosos i oxidats. A continuació, s'empren agents reductors, com el carbó, el coc metal·lúrgic i el gas natural, que eliminen l'oxigen de l'òxid de plom, cosa que dona com a resultat diòxid de carboni i plom metall.

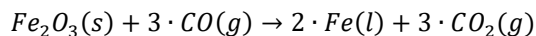
▪ Siderúrgia i foneria fèrrica

La producció de ferro i acer es produeix a partir de la reducció d'òxid de ferro contingut en minerals de ferro, mitjançant l'ús de coc metal·lúrgic. L'oxigen dels òxids de ferro es retira mitjançant coc, i genera ferro metàl·lic i diòxid de carboni.

La primera reacció fonamental és la reacció d'oxidació del coc per generar monòxid de carboni:



A continuació, el monòxid de carboni elimina l'oxigen del mineral de ferro, generalment, hematites o oligist (Fe_2O_3):



D'altra banda, en aquest sector és comú afegir pedra calcària com a fundent per eliminar impureses. En escalfar-la, el carbonat de calci es descompon per donar lloc a òxid de calci i diòxid de carboni.

Així mateix, en la producció de l'acer, s'afegeix coc metal·lúrgic al ferro, cosa que genera un ferro amb alt contingut en carboni (al voltant del 3-4 %). Aquest alt contingut en carboni dona lloc a acers molt durs, però massa fràgils, coneguts com a *foses*. Els acers típics contenen entre un 0 i un 2,11 %, depenent de l'ús que se'ls pretén donar.

Per això, és necessari refinar aquest acer, retirant l'excés de carboni mitjançant oxigen. Un altre origen de les emissions de procés en la siderúrgia, majoritari si es parteix de ferralla d'acer, són els elèctrodes de carboni usats en forns d'arc elèctric.

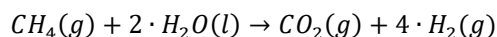
▪ Indústria química

El sector de la indústria química genera emissions de procés a causa de l'alliberament directe de gasos d'efecte hivernacle, incloent-hi el diòxid de carboni, l'òxid nítrós (N_2O), el metà (CH_4) i els gasos fluorats, a causa de la fabricació de productes químics.

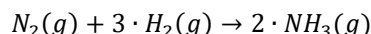
Alguns dels processos principals de fabricació de productes en els quals es produeixen emissions de procés són els següents.

- **Fabricació d'amoniac:** les emissions de procés es relacionen amb la generació d'hidrogen a partir d'hidrocarburs. En particular, se sol obtenir hidrogen a partir de gas natural, mitjançant el procés de reformat amb vapor.

La reacció de reformat de metà per obtenir hidrogen és com segueix:



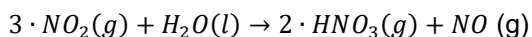
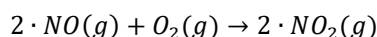
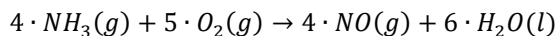
L'hidrogen obtingut es combina amb nitrogen extret de l'aire mitjançant destil·lació d'aire líquid, i genera amoníac mitjançant la reacció següent:



En aquest procés, també es generen petites emissions de CH_4 i N_2O , com a emissions fugitives, que també contribueixen al canvi climàtic.

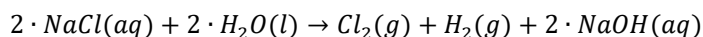
- **Fabricació d'àcid nítric:** la major part de l'àcid nítric fabricat s'empra en la producció de fertilitzants inorgànics, i es combina amb amoníac per produir nitrat amònic. Les emissions de procés consisteixen en òxid nítrós (N_2O), produït en el reactor en convertir-se l'amoniac en òxid nítric i a la torre d'absorció (on es generen òxids de nitrogen).

La producció d'àcid nítric es realitza mitjançant tres reaccions químiques que es desenvolupen de manera successiva:



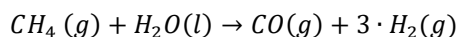
- **Fabricació de fertilitzants (nitrat amònic, sulfat amònic, fosfat amònic i urea):** de la mateixa manera que amb la fabricació d'amoníac, les principals emissions es relacionen amb la producció d'hidrogen a partir del gas natural. Així mateix, es genera òxid nítrós com a subproducte durant la fabricació d'àcid nítric, que s'utilitza posteriorment per produir nitrat amònic.
- **Fabricació d'etilè i productes derivats:** la producció d'etilè genera com a emissions de procés diòxid de carboni, metà (CH_4) i òxids de nitrogen (NO_x).
- **Fabricació d'àcid sulfúric:** en aquest cas, les emissions de procés consisteixen en emissions de diòxid de sofre al forn-caldera on s'oxida el diòxid de sofre a triòxid de sofre. També es produeixen emissions a la torre d'absorció i en el procés d'oxidació catalítica, pel fet que la conversió no és completa i que es produeixen fuites de diòxid de sofre.
- **Fabricació de clor:** el clor es produeix a partir de l'electròlisi de salmorra, és a dir, clorur sòdic dissolt en aigua. Les emissions de procés inclouen clor gasós que escapa (Cl_2), hidrogen generat en l'electròlisi i compostos clorats com l'àcid clorhídric (HCl).

La reacció general de l'electròlisi de salmorra és la que segueix (considerant la reacció conjunta d'oxidació dels anions clorur en l'ànode, i de reducció dels cations d'hidrogen en el càtode):

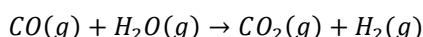


- **Producció d'hidrogen:** la fabricació d'hidrogen gris a partir del reformat de gas natural produeix grans quantitats de diòxid de carboni, pel fet que la reacció consisteix a fer reaccionar el metà (CH_4) amb vapor d'aigua (H_2O) a altes temperatures, sobre un catalitzador de níquel, amb la qual cosa es produeix hidrogen i monòxid de carboni.

Les reaccions químiques que es produeixen són les següents. En primer lloc, el metà del gas natural reacciona amb vapor d'aigua a alta temperatura i pressió (20-30 bars) per produir monòxid de carboni i hidrogen:



A continuació, el monòxid de carboni reacciona amb més vapor d'aigua per generar més hidrogen i diòxid de carboni:



El 2023, el sector industrial va ser responsable d'unes emissions de procés de 3.772.636 tones de CO_2 equivalent, que es correspon amb el total d'emissions de procés de l'economia catalana.

Com s'aprecia a la **figura 20**, les emissions de procés del sector industrial mostren una tendència descendent al llarg del període analitzat. L'any 2021 les emissions van assolir un total de 4.275.315 tCO₂-eq, mentre que el 2022 es va registrar una lleugera reducció fins a les 4.109.407 tCO₂-eq, fet que representa una disminució aproximada del 3,9 % respecte de l'any anterior. Aquesta tendència es consolida el 2023, quan les emissions disminueixen fins a les 3.772.636 tCO₂-eq, i se situen aproximadament un 11,8 % per sota dels valors de 2021.

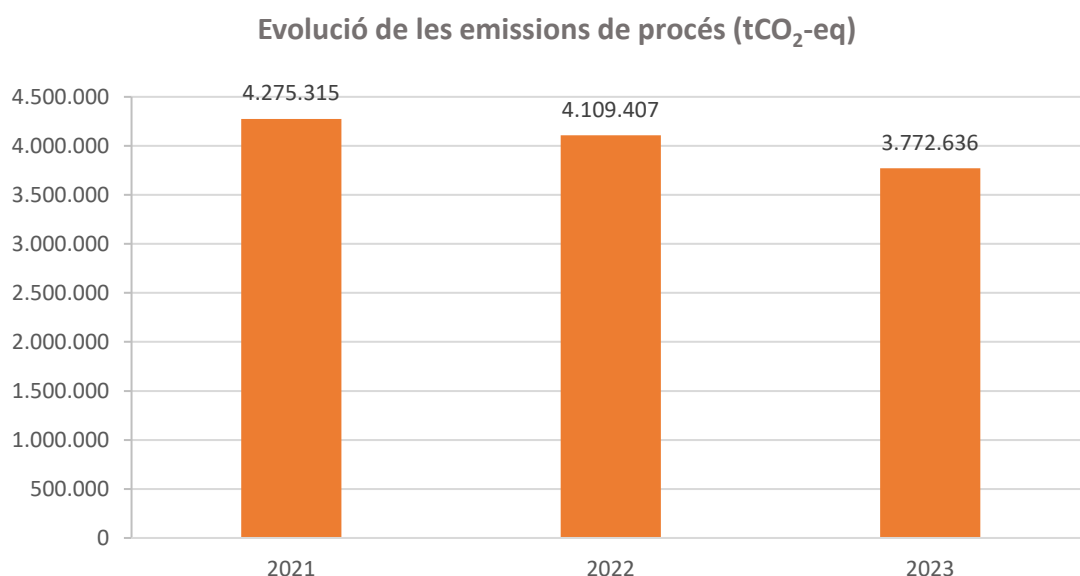


Figura 20. Evolució de les emissions de procés per al sector industrial a Catalunya (2021-2023).
Font: Oficina Catalana del Canvi Climàtic.

4.3.2.2. Altres emissions no energètiques

Les altres emissions no energètiques constitueixen una categoria diferenciada de les emissions de procés. A diferència d'aquestes últimes, que es generen com a resultat directe de reaccions o transformacions químiques inherents al procés productiu (com la calcinació de carbonats en la fabricació de ciment o vidre), les altres emissions no energètiques no provenen del procés de fabricació en si, sinó que tenen un origen vinculat als usos, als equips o les activitats associades als diferents subsectors considerats. Es tracta, per tant, d'emissions difuses o fugitives que acompanyen l'activitat econòmica sense ser-ne el resultat químic directe.

Des d'un punt de vista material, moltes d'aquestes emissions corresponen a gasos fluorats — HFC, PFC i SF₆— i a altres compostos com el N₂O o el NH₃. Una font especialment rellevant és l'ús d'hidrocarburs halogenats com a refrigerants.

D'altra banda, s'usen HFC en l'escumació de plàstics com el poliuretà, el poliestirè extrudit o el poliestirè expandit. En aquest cas, part de les emissions es consideren dins del sector industrial, però es calcula que tan sols un 10 % de les emissions es generen en la fabricació, mentre que el 90 % es genera durant l'ús dels plàstics, a un ritme del 4,5 % anual.

Comparades amb les emissions de gasos d'efecte hivernacle derivades de la combustió, les emissions no energètiques tenen una importància inferior, però encara molt rellevant. **Les emissions no energètiques en conjunt representen prop del 41 % del total**, i les emissions

de procés són responsables d'un 23 % de les emissions de gasos d'efecte hivernacle, mentre que la resta d'emissions no energètiques representen al voltant del 18 %.

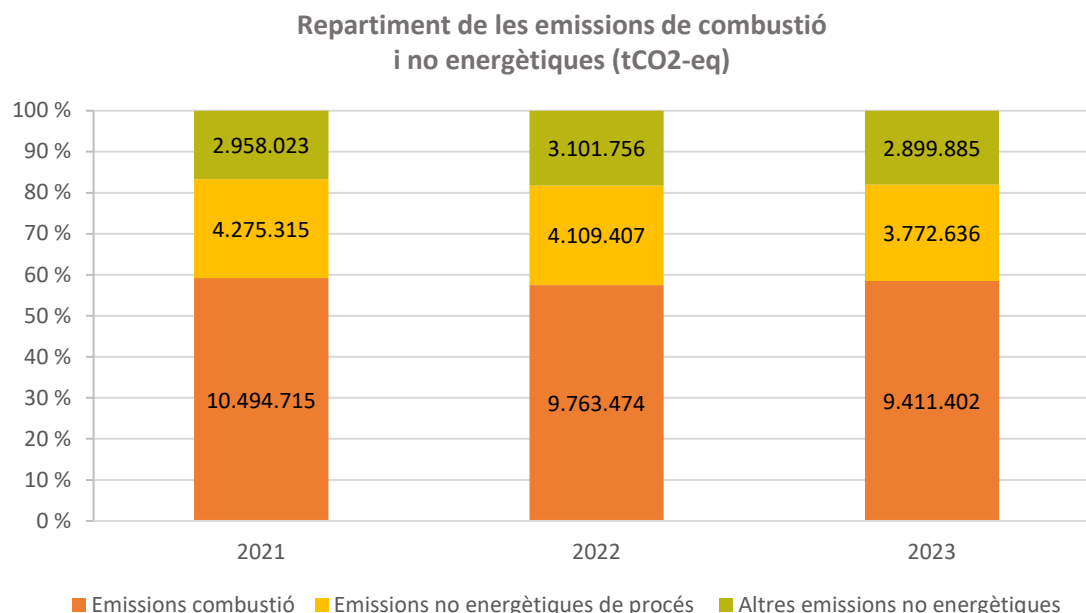


Figura 21. Distribució percentual de les emissions totals del sector industrial per anys (2021-2023).
Font: ICAEN i Oficina Catalana del Canvi Climàtic.

Considerant de manera conjunta les emissions de combustió i les emissions no energètiques, l'any 2023 el sector industrial va ser responsable d'un total de 16.083.923 tCO₂-eq. D'aquestes, aproximadament 9,41 milions de tones corresponen a emissions derivades de la combustió de combustibles, mentre que prop de 3,77 milions de tones estan associades a emissions de procés industrial i gairebé 2,9 milions de tones a altres emissions no energètiques.

Tal com es pot observar, les emissions totals del sector mostren una tendència descendent al llarg del període analitzat, i passen de 17,73 milions de tCO₂-eq l'any 2021 a 16,08 milions de tCO₂-eq el 2023, fet que representa una reducció aproximada del 9,3 %. Aquesta evolució reflecteix tant la disminució progressiva de les emissions de combustió com la reducció de les emissions de procés.

4.3.3. Comparativa d'emissions del sector industrial amb altres sectors econòmics de Catalunya

En aquest apartat, es comparen les emissions totals del sector industrial en conjunt amb altres sectors rellevants de l'economia catalana.

Per a aquesta comparació, es prenen les dades presentades en els balanços energètics de Catalunya, anys 1990-2023,¹² per a l'any 2023.

12. Vegeu la nota al peu 9.

En primer lloc, es presenten les emissions totals de l'any 2023.

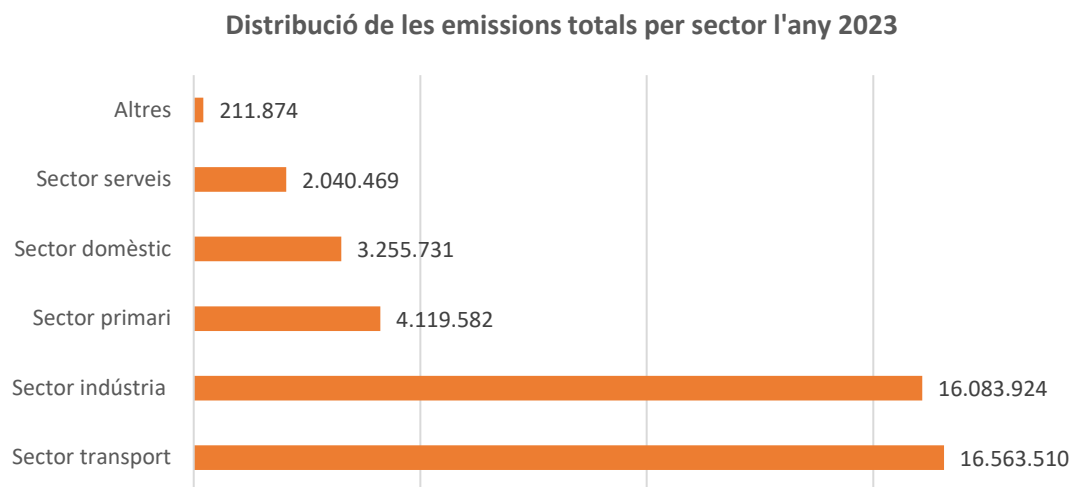


Figura 22. Distribució de les emissions totals de Catalunya per sector econòmic, en tep/any (2023)
Font: ICAEN.

D'acord amb la figura anterior, hi ha dos sectors principals que concentren, de manera conjunta, prop del 78 % de les emissions totals associades al consum energètic i als processos productius de Catalunya. En primer lloc, destaca el sector transport, amb 16.563.510 tCO₂-eq, que representa aproximadament el 39,2 % del total d'emissions. En segon lloc, es troba el sector indústria, amb 16.083.924 tCO₂-eq, equivalent al 38,0 % del total.

A continuació, se situen el sector primari, amb el 9,7 %, seguit del sector domèstic, amb un 7,7 %, i del sector serveis, que representa aproximadament el 4,8 % de les emissions totals. Finalment, la categoria d'altres (en la qual s'engloben emissions fugitives de procés que no es poden adjudicar clarament a cap sector, com les que es produeixen en el funcionament d'equips elèctrics, extintors d'incendis o altres equips que s'utilitzen transversalment en tots els sectors) representa aproximadament el 0,5 % del conjunt.

A continuació, es presenten les emissions totals desagregades per font energètica i sector d'activitat per a l'any 2023.

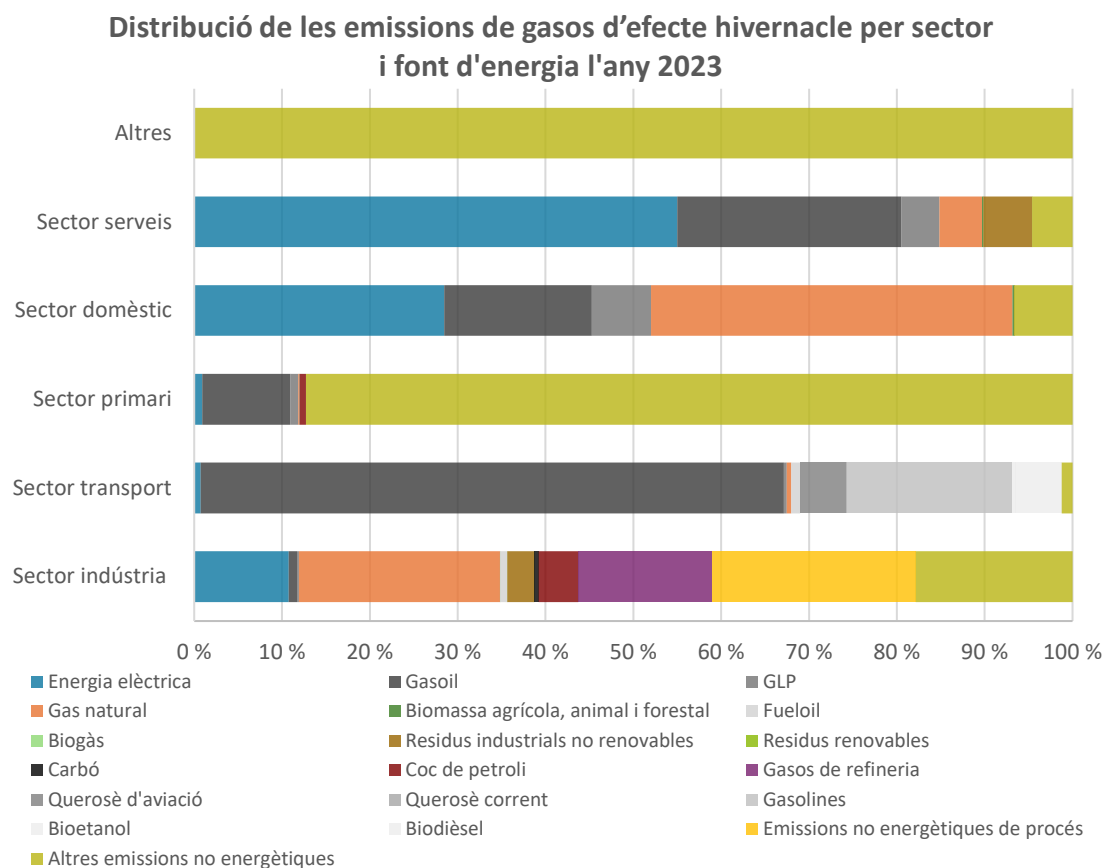


Figura 23. Distribució de les emissions totals per sector econòmic i font d'energia, en percentatge l'any 2023. Font: ICAEN i Oficina Catalana de Canvi Climàtic.

Des d'una perspectiva sectorial, el sector industrial concentra la totalitat de les emissions no energètiques de procés del sistema, juntament amb el gas natural i els gasos de refineria, i configura un patró clarament intensiu en calor i combustibles fòssils. En el conjunt industrial, les emissions de procés representen un element estructural clau de descarbonització.

En canvi, el sector transport està fortament dominat pels derivats del petroli, principalment gasoil (66,4 %) i gasolines (18,8 %), mentre que els sectors domèstic i serveis presenten més incidència relativa de l'electricitat i del gas natural, amb una estructura més vinculada al consum energètic final.

En el sector primari, tot i que el consum energètic global és inferior al de la indústria i el transport, també s'observa una contribució rellevant d'altres emissions no energètiques,¹³ que representen una part significativa del total sectorial. Aquestes emissions tenen un origen essencialment no energètic i biogènic, i estan associades a activitats pròpies del sistema agropecuari i del maneig de sòls.

13. Es consideren altres emissions no energètiques del sector primari les que provenen de processos com la fermentació entèrica del bestiar i la gestió dels fems, així com del cultiu d'arròs, dels sòls agrícoles i de pràctiques de fertilització com l'ús d'urea i d'altres fertilitzants amb contingut de carboni. També s'hi inclouen les emissions derivades de la crema de residus agrícoles al camp.

Finalment, els sectors domèstic i de serveis presenten un perfil d'emissions dominat principalment pel consum d'electricitat i gas natural, mentre que la categoria d'altres agrupa altres emissions no energètiques i usos específics no atribuïbles directament a cap sector concret, amb un pes global molt reduït dins del conjunt.

4.3.4. Comparativa subsectorial d'emissions totals dels sectors industrials

Com a resum d'aquest apartat, es pot comparar la distribució de les emissions totals per sectors inclosos dins de la indústria.

En primer lloc, el gràfic següent mostra les emissions totals (combustió, emissions no energètiques de procés i altres emissions no energètiques), per font energètica, dels vint sectors principals. La xifra que apareix són les emissions totals el 2023, juntament amb el percentatge sobre el total de sectors.

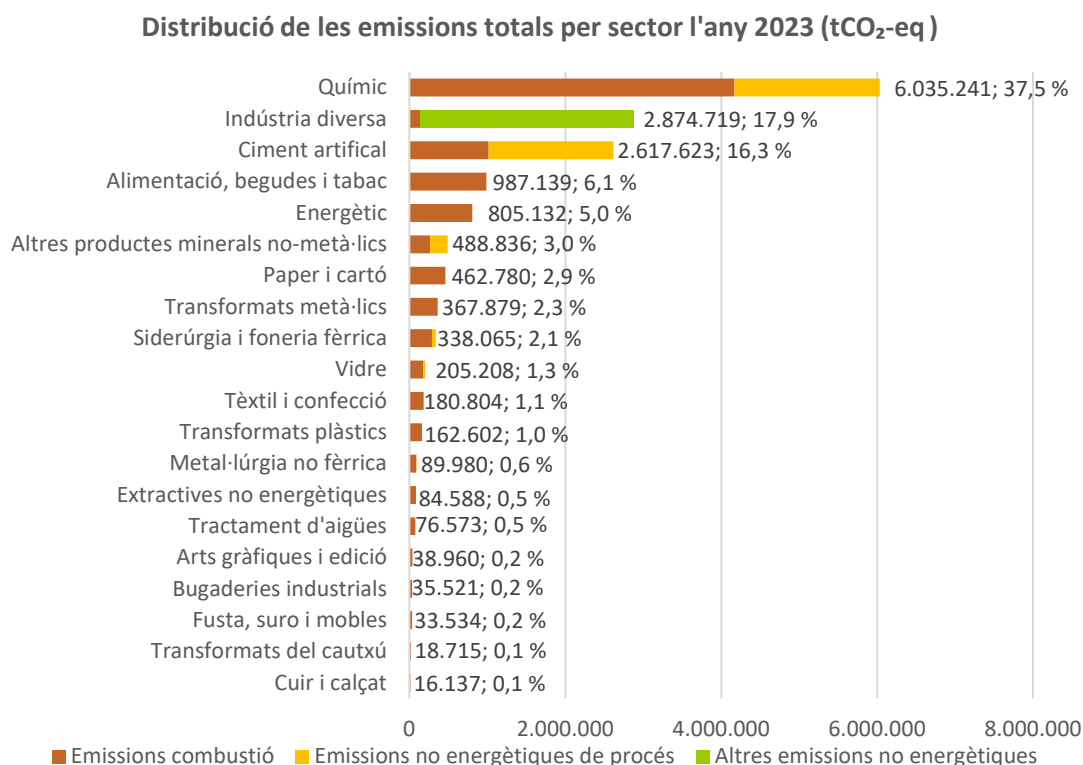


Figura 24. Distribució dels gasos d'efecte hivernacle per sector i font d'energia, l'any 2023. Font: ICAEN, Oficina Catalana del Canvi Climàtic i elaboració pròpia a través de dades dels factors d'emissió.

D'acord amb la figura anterior, tres sectors concentren prop del 71 % de les emissions totals de CO₂ de la indústria catalana. En primer lloc, destaca clarament el sector químic, amb 6.035.241 tCO₂-eq (37,5 % del total industrial). El segueixen indústria diversa, amb 2.874.719 tCO₂-eq (17,9 %), i ciment artificial, amb 2.617.623 tCO₂-eq (16,3 %).

En un segon nivell de representativitat, se situen els sectors d'alimentació, begudes i tabac (6,1 %) i energètic (5,0 %), seguits per altres productes minerals no-metàl·lics (3,0 %), paper i cartó (2,9 %), transformats metàl·lics (2,3 %) i siderúrgia i foneria fèrrica (2,1 %). La resta de

subsectors presenten una contribució individual inferior al 2 % de les emissions industrials, i destaquen els sectors del vidre (1,3 %), tèxtil i confecció (1,1 %) i transformats plàstics (1,0 %), mentre que activitats com cuir i calçat, transformats del cautxú o fusta, suro i mobles tenen un pes molt reduït.

La figura següent mostra aquestes dades en valors percentuals.

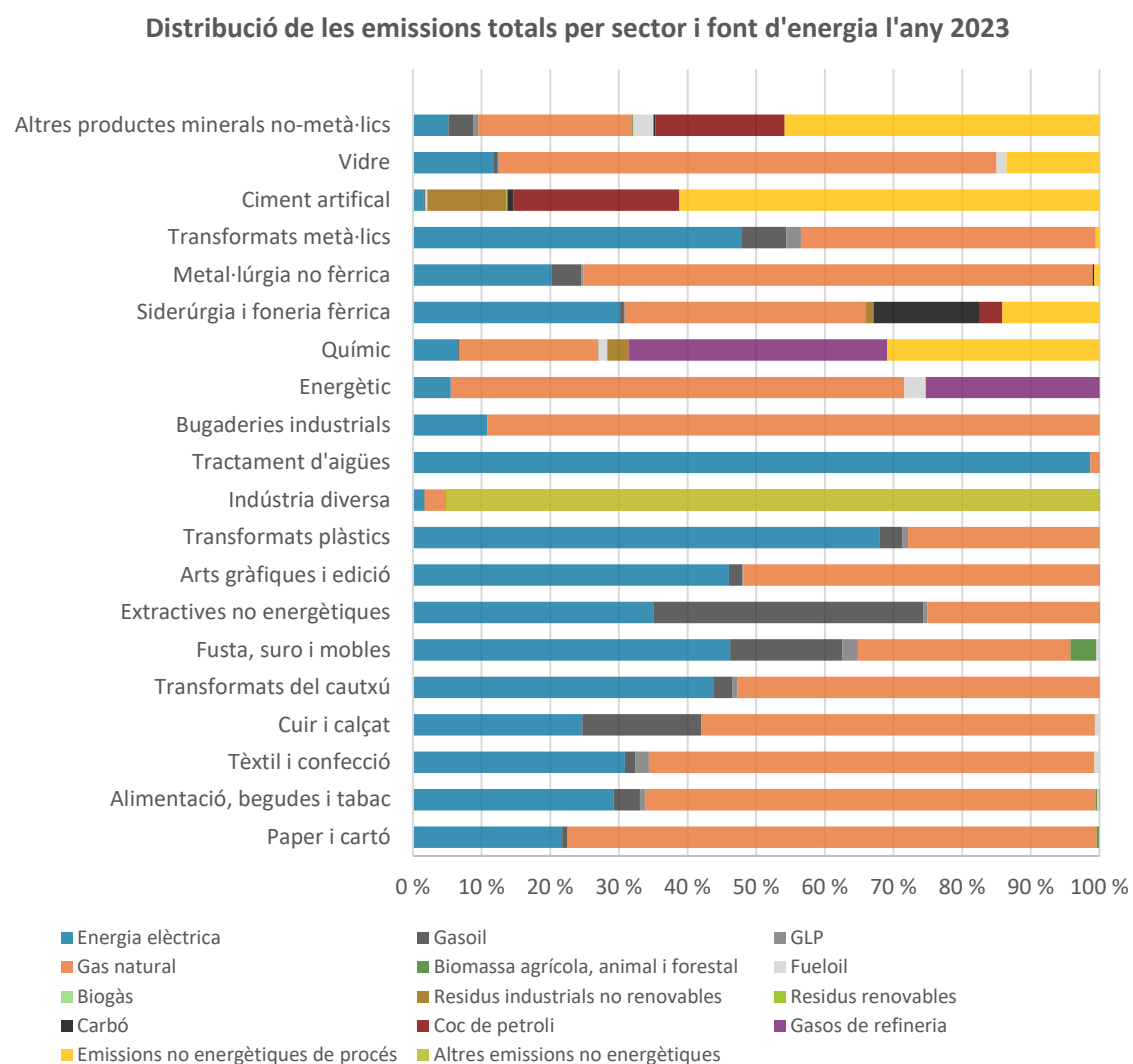


Figura 25. Distribució dels gasos d'efecte hivernacle per sector i font d'energia, en percentatge l'any 2023. Font: ICAEN, Oficina Catalana del Canvi Climàtic i elaboració pròpia a través de dades dels factors d'emissió.

Com es pot observar, hi ha diferències significatives en la distribució de les emissions entre els diferents subsectors industrials, especialment pel que fa a les fonts energètiques predominants i a la presència d'emissions de procés. En la majoria dels sectors, les emissions estan associades principalment al consum de gas natural i electricitat, com ara paper i cartó, alimentació, begudes i tabac, tèxtil i confecció, vidre o bugaderies industrials. Sectors com transformats metàl·lics, transformats plàstics, tractament d'aigües o arts gràfiques i edició

presenten una contribució molt més elevada d'electricitat, fet que evidencia més dependència dels accionaments mecànics, motors i equips elèctrics. En canvi, alguns sectors mostren una estructura energètica més específica.

En el sector del ciment artificial, les emissions associades al coc de petroli representen una part molt significativa del total, a causa de la necessitat d'assolir temperatures molt elevades en el procés de clinquerització. Cal destacar també el pes molt rellevant de les emissions de procés, que amb 1.602.597 tCO₂ superen fins i tot les emissions de combustió.

Pel que fa al sector químic, destaca l'elevada contribució dels gasos de refineria, com també dels residus industrials no renovables, igual que el sector energètic, en el qual també s'observa una presència rellevant de gasos de refineria. A més, cal posar en relleu el pes significatiu de les emissions de procés del sector químic, que representen el 30,9 % de les emissions d'aquest sector, i el situen com el sector de més emissions totals del conjunt industrial.

També destaca el cas de la indústria diversa, en què les altres emissions no energètiques¹⁴ arriben a representar aproximadament el 95 % del total sectorial, i el sector d'altres productes minerals no-metàl·lics, amb unes emissions de procés de 224.245 tCO₂, que representen gairebé el 46 % del total sectorial.

14. Provenen principalment de la descomposició de la matèria orgànica continguda en les aigües residuals i en els residus. Dins d'aquests dos processos, els més rellevants són la descomposició dels residus en abocadors per digestió anaeròbia i la descomposició de nitrogen contingut en l'aigua depurada que es retorna al medi.

5. Diagnosi energètica i tecnològica

5.1. Diagnosi dels processos i les tecnologies industrials

L'estructura industrial catalana presenta una elevada heterogeneïtat pel que fa als processos productius, els requisits energètics i el potencial de descarbonització. Tot i això, l'anàlisi agregada dels sectors inclosos dins dels fulls de ruta de descarbonització permet identificar patrons comuns en relació amb els usos energètics, les tecnologies predominants i les fonts d'emissions principals.

Des d'un punt de vista energètic, la indústria catalana es caracteritza per una coexistència de sectors amb necessitats diverses. Per una banda, sectors amb consums dominats per l'accionament de processos mecànics i serveis auxiliars o una elevada dependència de calor de procés de baixa i mitjana temperatura presenten ja un grau d'electrificació destacat. Per l'altra, sectors intensius en processos tèrmics d'alta temperatura, que en alguns casos també presenten emissions de procés, tenen un perfil de consum energètic encara molt dependent dels combustibles fòssils.

Els principals vectors energètics continuen sent l'electricitat i el gas natural, si bé determinats sectors mantenen una dependència significativa d'altres combustibles fòssils, com ara els gasos de refinaria, el coc de petroli o el fueloil, especialment quan els processos requereixen temperatures molt elevades o una elevada densitat energètica.

La **figura 26** presenta una classificació simplificada dels sectors industrials segons la temperatura característica dels seus processos, la intensitat energètica relativa, el vector energètic predominant i les emissions associades.

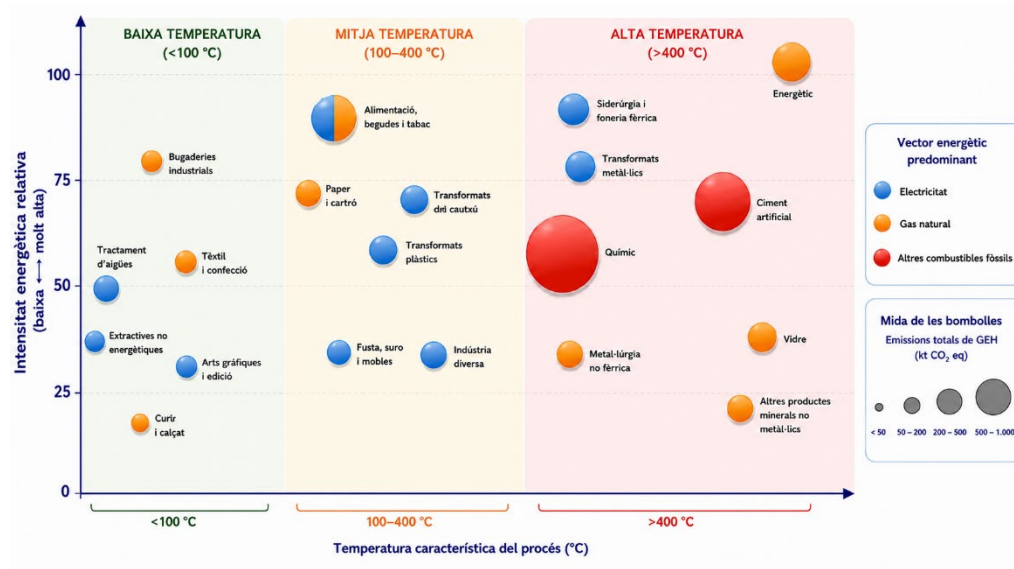


Figura 26. Classificació dels sectors industrials segons requisits tèrmics, vector energètic principal, intensitat energètica relativa i emissions. Font: elaboració pròpia.

5.1.1. Principals tipologies de processos industrials

L'anàlisi transversal dels diferents sectors industrials inclosos en els presents fulls de ruta permet identificar un conjunt de tipologies de processos productius amb característiques energètiques comunes. Tot i la diversitat d'activitats industrials existents a Catalunya, bona part dels consums energètics i de les emissions de gasos d'efecte hivernacle es concentren en un nombre limitat de tipologies de procés, principalment associades a usos tèrmics i processos químics intensius.

Aquesta classificació és especialment rellevant des del punt de vista de la descarbonització, ja que el potencial de reducció d'emissions, les tecnologies disponibles i els ritmes de transformació depenen en gran mesura de la naturalesa dels processos industrials i dels requisits energètics associats.

En termes generals, els sectors industrials catalans poden agrupar-se en quatre grans categories de processos:

- Processos electrointensius no tèrmics
- Processos tèrmics de baixa i mitjana temperatura
- Processos tèrmics d'alta temperatura
- Processos amb emissions intrínseques de procés

Processos electrointensius no tèrmics

Els processos electrointensius que no s'associen a processos tèrmics són aquells en què el consum energètic està dominat principalment per processos electromecànics, com ara sistemes de bombeig, compressors, ventiladors, motors, refrigeració industrial o línies automatitzades de producció, i per processos electroquímics. En aquests casos, les emissions directes associades al consum energètic són reduïdes, i la petjada de carboni del sector depèn majoritàriament del grau de descarbonització de la matriu elèctrica.

Aquesta tipologia està present especialment en sectors com el tractament d'aigües, les arts gràfiques, els transformats plàstics i de cautxú o determinades activitats dels transformats metàl·lics. En aquests sectors, els principals reptes energètics estan associats a la millora de l'eficiència dels equips, l'optimització operativa, la flexibilitat de la demanda i la integració de generació renovable distribuïda.

El potencial de descarbonització d'aquests processos és generalment elevat, especialment a curt i mitjà termini, ja que moltes de les tecnologies necessàries presenten un alt grau de maduresa i una viabilitat tècnica consolidada. Així mateix, la digitalització industrial, els sistemes avançats de control i monitoratge energètic i l'automatització permeten obtenir reduccions significatives dels consums sense necessitat de modificacions profundes dels processos productius.

Processos tèrmics de baixa i mitjana temperatura

Una part molt rellevant de la indústria catalana requereix calor de procés per a operacions com l'escalfament de fluids, l'assecatge de materials, la generació de vapor, la pasteurització, el rentat, el curat, o el tractament tèrmic de productes.

Aquest tipus de processos es desenvolupa habitualment en rangs de temperatura inferiors als 400 °C i és especialment característic de sectors com l'alimentació i begudes, les bugaderies industrials, el paper i cartó, el tèxtil, la fusta o els transformats plàstics.

Actualment, la major part d'aquesta demanda tèrmica es cobreix mitjançant combustibles fòssils, principalment gas natural, a causa de la seva elevada disponibilitat, flexibilitat operativa i maduresa tecnològica. No obstant això, aquest tipus de processos presenten un potencial de descarbonització elevat gràcies a la disponibilitat creixent de tecnologies alternatives.

Entre les opcions tecnològiques principals destaquen les bombes de calor industrials, les calderes elèctriques, la recuperació de calor residual, la biomassa, el biogàs (en forma de biometà), o els sistemes híbrids de generació tèrmica.

A curt termini, les mesures amb més potencial són les vinculades a l'eficiència energètica, la recuperació de calor i l'electrificació parcial dels processos. A mesura que avanci la descarbonització del sistema elèctric i es redueixi el cost de l'electricitat renovable, s'espera una penetració creixent de tecnologies totalment electrificades.

Processos tèrmics d'alta temperatura

Els processos industrials d'alta temperatura constitueixen un dels reptes principals de la descarbonització industrial. Aquest tipus de processos requereix temperatures superiors als 400 °C, i sovint arriben a valors superiors als 1.000 °C en activitats com la producció de ciment, el vidre, la siderúrgia, la metal·lúrgia, la química o determinats processos del sector energètic.

Aquests sectors concentren una part molt significativa del consum energètic industrial i de les emissions de gasos d'efecte hivernacle, tant per l'elevada demanda tèrmica com per l'ús intensiu de combustibles fòssils d'alt poder calorífic.

La descarbonització d'aquests processos és especialment complexa, ja que moltes de les tecnologies convencionals d'electrificació encara presenten limitacions tècniques o econòmiques per assolir temperatures molt elevades de manera eficient i competitiva.

En aquest context, les principals vies de descarbonització identificades inclouen tecnologies basades en l'electrificació, l'hidrogen renovable, la biomassa i el biogàs (en forma de biometà) o els combustibles sintètics.

Tanmateix, bona part d'aquestes tecnologies es troba encara en fases inicials de desplegament industrial o presenta costos elevats, fet que implica que la transformació d'aquests sectors es produirà de manera progressiva i fortament condicionada per la disponibilitat d'infraestructures energètiques i mecanismes de suport públic.

Processos amb emissions de procés

Finalment, hi ha processos en què una part significativa de les emissions no prové del consum energètic, sinó de les mateixes reaccions fisicoquímiques del procés industrial. És el cas de la producció de clínquer en la indústria del ciment, d'una part dels processos de la indústria química o de determinades activitats metal·lúrgiques. En aquests casos, fins i tot una substitució completa dels combustibles fòssils no permetria eliminar totes les emissions, ja que aquestes són inherents al procés productiu. Per aquest motiu, la descarbonització d'aquests sectors requerirà complementar les actuacions sobre l'energia amb altres mesures com la modificació dels processos productius, la substitució de matèries primeres, l'ús de nous materials, la circularitat dels recursos o, en els casos en què sigui necessari, tecnologies de captura, ús i emmagatzematge del CO₂.

En conjunt, aquesta diversitat de processos posa de manifest que no existeix una única via de descarbonització per al conjunt de la indústria catalana. Les estratègies s'hauran d'adaptar a

les característiques tècniques de cada tipus de procés, combinant actuacions d'eficiència energètica, electrificació, substitució de combustibles, integració de fonts renovables, recuperació de calor, digitalització i, en aquells sectors en què sigui necessari, tecnologies específiques per a la reducció de les emissions de procés.

5.2. Perspectives de futur del sector industrial, dels seus processos i de les tecnologies associades

Les perspectives de futur del sector industrial català estan determinades, en gran mesura, per l'evolució del context energètic i per la progressiva transformació dels processos productius. Ambdós elements estan estretament relacionats: l'evolució dels preus de l'electricitat, el gas natural i de la resta de vectors energètics condicionarà la viabilitat econòmica de moltes decisions tecnològiques, mentre que la transformació dels processos industrials modificarà els perfils de demanda energètica del sector.

5.2.1. Evolució dels preus de l'energia

En relació amb els preus de l'energia, l'experiència recent palesa que els vectors fòssils continuen presentant una volatilitat elevada i una forta correlació entre ells, amb un efecte de transmissió cap al preu de l'electricitat. La crisi energètica iniciada el 2021 i intensificada el 2022 va evidenciar fins a quin punt la dependència europea del gas importat pot traslladar-se ràpidament als costos industrials. Tot i que la situació posterior s'ha estabilitzat parcialment, la Comissió Europea continua assenyalant que els preus del gas a Europa no han retornat plenament als nivells previs a la crisi i que això continua afectant la competitivitat de la indústria europea, en particular dels sectors intensius en energia.

De cara al futur, el principal canvi estructural esperat és una electricitat progressivament menys exposada al gas i, per tant, potencialment més estable que en el passat, gràcies al desplegament de renovables, al reforç de xarxes i interconnexions i a la generalització de contractes de llarg termini com els acords de compravenda d'energia (PPA, *power purchase agreement*). La Comissió Europea vincula explícitament la reducció del cost de l'electricitat a una penetració més elevada de renovables, a la millora de la infraestructura elèctrica i a mecanismes que permetin donar estabilitat de preus a la indústria.¹⁵ En paral·lel, el gas natural i la resta de combustibles fòssils continuaran més exposats als equilibris globals d'oferta i demanda i als riscos geopolítics.

S'ha dut a terme una anàlisi prospectiva dels preus dels principals vectors energètics, atès que la seva evolució és un element clau per a la implementació de les estratègies de descarbonització. La **figura 27** mostra l'evolució dels preus d'aquests vectors energètics, prenent els valors històrics de 2013 a 2025¹⁶ i afegint-hi la previsió d'evolució per al període 2026-2050. Les taules completes amb tots els valors, les fonts utilitzades per a cada preu, així com les metodologies emprades per obtenir les estimacions de preus futurs s'inclouen dintre del document d'annex metodològic.

15. https://energy.ec.europa.eu/strategy/affordable-energy_en.

16. S'ha fet l'anàlisi des de l'any 2013, perquè és el primer any en el qual existeixen estadístiques passades del preu de determinats vectors energètics, com la biomassa. Hi ha dades més antigues d'altres fonts d'energia, com l'electricitat, però s'ha intentat que el gràfic sigui el més complet possible.

Valors històrics dels preus de les fonts d'energia anys 2013-2025 i
estimació de l'evolució dels preus 2026-2050 (€₂₀₂₄/tep)

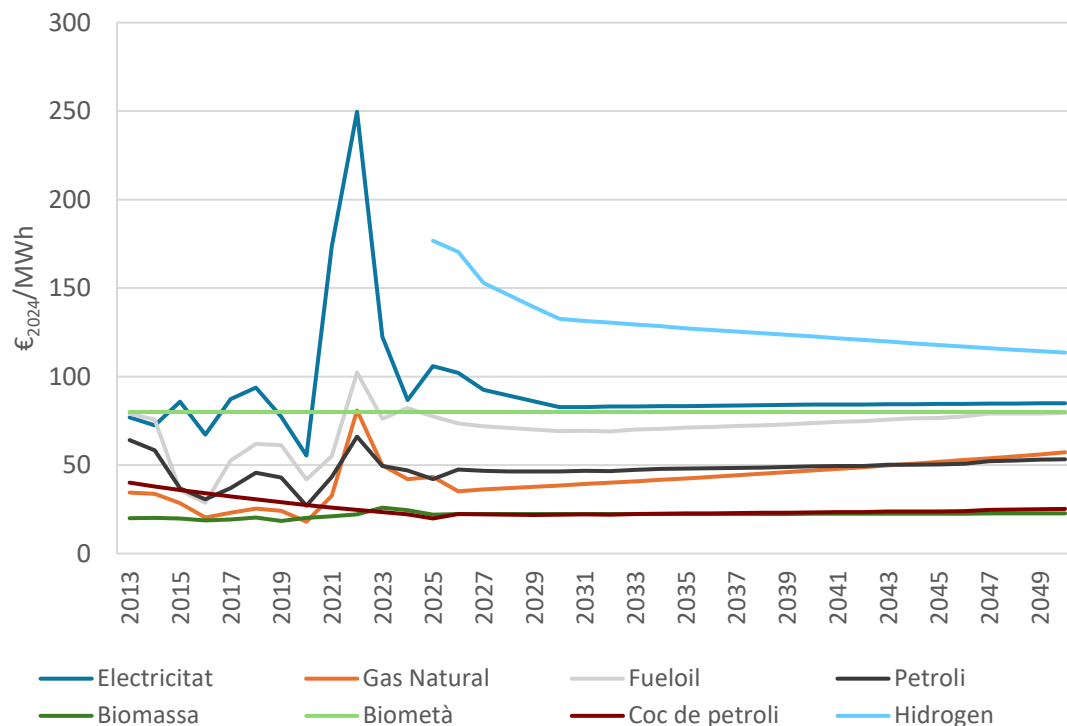


Figura 27. Valors històrics dels preus de les fonts d'energia anys 2013-2025 i estimació de l'evolució futura per al període 2026-2050. Font: elaboració pròpia

A grans trets, s'espera, en primer lloc, un augment progressiu però sostingut del preu dels combustibles fòssils en totes les seves formes energètiques. Tot i que el seu preu mitjà objectiu es presenti encara contingut, en els anys futurs s'espera que la volatilitat en el preu es mantingui o fins i tot s'incrementi, i aquest és un dels factors més crítics per a la indústria.

L'electricitat, per la seva banda, s'espera que aconseguixi assolir una forta estabilitat, i, tot i no percebre's una disminució notable en el seu preu mitjà a llarg termini, es preveu que, fruit de la major integració de renovables i els mecanismes de flexibilitat, el seu preu estigui molt menys subjecte a la volatilitat actual, i, per tant, és una font energètica molt més confiable.

A la vegada, la millora dels processos de producció i distribució local de fonts combustibles alternatives, com són la biomassa i el biogàs (en forma de biometà), estabilitzarà també els seus preus, i, per tant, aquestes fonts energètiques seran també un recurs limitat però segur i els seus preus tendiran a l'estabilitat a llarg termini.

Finalment, el preu de l'hidrogen verd es preveu que tendeixi a reduir-se els propers anys. Tot i que molt dependent dels preus de l'electricitat renovable, la millora de les tecnologies de producció actuals i el seu ús localitzat on les infraestructures de distribució es puguin desplegar de manera eficient fan pensar en una millora del seu preu actual.

5.2.2. Tendències tecnològiques

L'evolució dels processos productius industrials en l'horitzó 2050 estarà marcada per una doble transició. D'una banda, la transició energètica, centrada en la substitució progressiva dels combustibles fòssils per electricitat baixa en carboni, vectors renovables i sistemes d'emmagatzematge. D'altra banda, la transició productiva i digital, basada en la sensorització, el control avançat, la flexibilització de l'operació, la circularitat de materials i una creixent integració entre procés físic i capa digital. En termes pràctics, això implica que la indústria evolucionarà cap a plantes més eficients, més modulars, més connectades i més capaces d'ajustar la producció, el consum energètic i l'ús de matèries primeres a condicions canviants de mercat, disponibilitat energètica i exigències regulatòries.

Des d'una perspectiva global i europea, la primera gran tendència és l'**electrificació**. Els usos tèrmics de baixa i mitjana temperatura, els equips auxiliars, el bombeig, la compressió, el fred industrial, la ventilació, el tractament d'aire i una part creixent de l'assecatge, l'evaporació i la generació de vapor tendeixen a migrar cap a tecnologies elèctriques, especialment quan poden operar amb coeficients de rendiment elevats o quan es combinen amb recuperació de calor i emmagatzematge tèrmic. Aquest desplaçament és reforçat per la descarbonització progressiva de la matriu elèctrica.

La segona gran tendència és la **digitalització de procés**, que passa de la simple automatització a models de gestió en temps real. La implantació de bessons digitals, sensors distribuïts, manteniment predictiu, visió artificial, control avançat i algorismes d'optimització permet reduir variabilitat, consum específic, rebutjos i aturades no planificades. Aquesta digitalització també és clau per operar en entorns de més flexibilitat energètica: una planta digitalitzada pot desplaçar càrregues, reprogramar lots, modular consums i oferir resposta a preus o serveis de flexibilitat sense comprometre qualitat ni seguretat. La literatura recent mostra que els bessons digitals poden millorar l'eficiència i la sostenibilitat del sistema productiu, mentre que els estudis sobre ciment, acer i fosa metàl·lica confirmen que el valor econòmic i energètic de la flexibilitat depèn de la configuració del procés, de l'emmagatzematge intern, de la cistella de productes i de les restriccions operatives. En paral·lel, la transició cap a entorns productius més flexibles i personalitzables requereix interfícies home-màquina més adaptatives i una organització del treball més humanocèntrica.

La tercera tendència és la **circularitat productiva**, que deixa de ser només gestió de residus per convertir-se en un criteri de disseny de procés i de producte. En la pràctica, això significa més ús de matèria primera secundària, millor separació i qualitat dels fluxos reciclats, redisseny per a reutilització o reparació, reducció de minves i tancament de cicles d'aigua, calor i materials. En els ecosistemes més avançats, aquesta circularitat evoluciona cap a **simbiosi industrial**, en què residus, calor residual, aigua regenerada, subproductes o infraestructures es comparteixen entre empreses o dins de clústers territorials. La recerca sobre *hubs for circularity* subratlla que aquests sistemes exigeixen coordinació energètica, informació compartida i governança col·laborativa, i que la proximitat física només és útil si hi ha models operatius i contractuals que permetin aprofitar els intercanvis. Aquesta dimensió és especialment rellevant per a sectors intensius en calor residual, aigua o subproductes minerals i orgànics.

Una quarta línia de canvi és la **servitització** de la indústria, entesa aquí com una inferència operativa derivada de la digitalització i de la connectivitat de producte i equip. A mesura que les empreses disposen de dades de funcionament, rendiment i manteniment, guanyen sentit models basats en disponibilitat, capacitat garantida, manteniment predictiu, monitoratge remot

o pagament per ús, especialment en maquinària, equips tèrmics, sistemes de tractament, impressió, línies d'envasament o instal·lacions auxiliars. No es tracta només d'un canvi comercial: reconfigura el procés productiu perquè estableix incentius permanents per allargar la vida útil, reduir consums, optimitzar càrrega parcial i minimitzar parades; és a dir, per operar millor amb menys recursos. Aquesta lectura és coherent amb la literatura sobre bessons digitals i sistemes productius connectats, tot i que la magnitud sectorial exacta del fenomen no està especificada de manera harmonitzada a les fonts revisades.

5.2.3. Evolució dels processos en la descarbonització

Pel que fa a l'evolució dels processos productius, s'espera que els primers canvis globals es concentrin en els processos mecànics i electrointensius. En aquests àmbits, el futur no depèn tant d'una ruptura tecnològica com d'una electrificació més eficient i més flexible: motors d'altres prestacions, variadors de velocitat, sistemes avançats de control, automatització, digitalització, monitoratge en temps real i més capacitat d'adaptar el consum a les condicions del sistema elèctric. Aquesta trajectòria encaixa amb l'impuls europeu a l'electrificació i a l'eficiència com a base de la competitivitat industrial futura.¹⁷

Una segona línia d'evolució afectarà els processos tèrmics de baixa i mitjana temperatura, en què es preveu una transformació més ràpida que en la resta de la indústria. L'Agència Internacional de l'Energia (IEA) destaca que les bombes de calor industrials ja són capaces d'aportar calor fins a 140-160 °C,¹⁸ que els equips més habituals avui se situen en temperatures inferiors i que sectors com el paper, l'alimentació i la química concentren oportunitats importants d'implantació a curt termini. Això apunta a una evolució dels processos basada en una electrificació més elevada de la calor útil, una millor recuperació de calor residual, més integració entre etapes del procés i una gestió energètica òptima de les operacions.

En canvi, en els processos tèrmics d'alta temperatura, la transformació prevista és més lenta i més heterogènia. En aquests casos, el futur immediat no apunta a una substitució simple d'un vector energètic per un altre, sinó a configuracions més híbrides: redisseny gradual dels forns i reactors, millora de la integració tèrmica, preescalfament i recuperació de calor, més preparació per operar amb diferents combustibles i, en alguns casos, incorporació parcial d'electricitat o d'hidrogen en determinades etapes. La literatura recent mostra, per exemple, que en la siderúrgia europea el canvi cap a forns d'arc elèctric comporta també una reorganització profunda del subministrament de ferralla, que esdevé recurs estratègic. En paral·lel, en la indústria del ciment guanyen pes les vies de reducció del factor clínquer i les alternatives com les argiles calcinades. Això suggereix que l'evolució dels processos d'alta temperatura estarà marcada tant per la transformació energètica com pels canvis en materials, subproductes i cadenes de subministrament.

La indústria química presenta una dinàmica pròpia, perquè part de la transformació futura no afectarà només la font d'energia, sinó també la base material del procés. Les tendències més consistents apunten cap a una electrificació parcial i selectiva, cap a més flexibilitat operativa i cap a una diversificació de rutes tecnològiques, més que no pas cap a una única solució dominant a curt termini. Això és coherent amb la idea que els processos químics, especialment

17. https://commission.europa.eu/topics/competitiveness/clean-industrial-deal_en.

18. <https://www.iea.org/reports/the-future-of-heat-pumps/executive-summary>.

els més integrats i continus, requeriran transicions més graduals i combinades amb l'evolució del sistema energètic i de les matèries primeres disponibles.

En conjunt, la indústria catalana apunta cap a un escenari en què els processos seran progressivament més electrificats, més integrats energèticament, més digitalitzats i més flexibles, però amb ritmes molt diferents segons la temperatura, la intensitat energètica i el pes de les emissions de procés. Això reforça la idea que no hi haurà una evolució única per al conjunt del sector, sinó trajectòries diferenciades segons la naturalesa física i química de cada activitat productiva.

6. Estratègies de descarbonització del sector industrial

El plantejament i l'anàlisi d'estratègies centren el seu estudi, en primer lloc, en les alternatives que van alineades amb els principis i eixos sobre els quals la transició energètica a Catalunya s'ha de fonamentar. Els principis i els eixos estan fixats en les bases normatives establertes (vegeu l'apartat 3) i constitueixen el marc en el qual s'han desenvolupat les estratègies energètiques existents (PROENCAT 2050) i sobre el qual s'han de desenvolupar els pròxims exercicis.

A continuació, es fa un resum dels eixos més representatius i que són de directa aplicació en el plantejament d'aquest treball.

- **Abandonar el model energètic fòssil-nuclear**
 - No es promouen estratègies que puguin fomentar l'ús de combustibles fòssils o d'origen nuclear.
- **Aconseguir la sobirania energètica amb energies renovables**
 - Això es considera clau des d'un punt de vista estratègic: cal reduir l'exposició de la competitivitat del sistema industrial català a les decisions estratègiques d'altres països i actors.
 - Cal proposar estratègies que no depenguin de recursos energètics externs per poder ser implementades.
- **Posar en primer lloc l'eficiència energètica**
 - La sobirania energètica i l'abandonament del model fòssil nuclear plantegen un model energètic basat en energies renovables en què la minimització de l'ocupació del territori també és una prioritat.
 - Per tant, la reducció del consum energètic dels processos industrials ha de ser un dels pilars fonamentals en aquesta transició.

De l'anàlisi anterior ja és possible extreure una primera classificació general de la tipologia d'estratègies que es poden plantejar per a la descarbonització del sector industrial.

- **Mesures d'eficiència energètica** per reduir el consum energètic dels processos industrials.
- **Electrificació de processos tèrmics** actualment alimentats per combustibles fòssils.
- **Utilització de combustibles renovables (biocombustibles, hidrogen verd i combustibles sintètics)**, fonamentals en els processos en què l'electrificació no sigui una alternativa viable.

- **Implementació d'autogeneració renovable** amb el doble objectiu d'economitzar el subministrament d'energia elèctrica renovable i de contribuir a l'objectiu de distribució de generació renovable en espais artificialitzats del territori.

A més de l'anterior, molt focalitzat en els usos i processos energètics, cal plantejar estratègies per mitigar les emissions no energètiques.

- **Adaptació de processos i matèries primeres** per tal d'eliminar o reduir les emissions de procés alliberades en determinades etapes del cicle industrial.
- **Captura de CO₂** com a alternativa quan no sigui possible mitigar per complet les emissions de procés del sector industrial.

En els pròxims apartats s'aprofundeix en l'anàlisi d'estratègies i alternatives per fer front a la descarbonització del sector industrial.

6.1. Anàlisi global

Atesa l'heterogeneïtat dels processos industrials, no existeix una única via de descarbonització aplicable al conjunt de la indústria. Les diferents estratègies presenten un grau de maduresa, potencial de reducció d'emissions i aplicabilitat diferent segons el tipus de procés, els requisits energètics i les emissions associades.

Per aquest motiu, les mesures es presenten agrupades en grans línies estratègiques, i es prioritzen les mesures amb més contribució potencial i un nivell més elevat de maduresa tecnològica, sense perjudici que, en determinats sectors o processos específics, sigui necessària la combinació de diverses actuacions per assolir els objectius de descarbonització.

Cal assenyalar que els plans sectorials no desenvolupen accions específiques relatives a les emissions associades a la climatització d'edificis ni al transport intern, atès que aquestes representen una proporció reduïda del conjunt d'emissions del sector. L'anàlisi es focalitza principalment en la reducció de les emissions derivades dels processos productius i dels usos energètics industrials, que constitueixen el gruix d'emissions del sector. La descarbonització de la climatització dels edificis i del transport intern té avui dia unes condicions molt clares, que es consideraran en altres fulls de ruta corresponents als edificis i al sector del transport.

6.2. Anàlisi d'estratègies

6.2.1. Autoconsum solar fotovoltaic

6.2.1.1. Introducció

L'autogeneració es basa en la producció d'energia renovable *in situ*, principalment mitjançant instal·lacions solars fotovoltaïques d'autoconsum, amb l'objectiu de reduir la dependència de l'energia adquirida de la xarxa i disminuir l'exposició del sector a la volatilitat dels preus energètics. Des del punt de vista ambiental, aquesta estratègia té un doble impacte positiu: d'una banda, redueix la demanda d'electricitat de la xarxa, substituint-la per una font renovable i lliure d'emissions directes de gasos d'efecte hivernacle; de l'altra, els possibles excedents de generació poden ser abocats a la xarxa, cosa que contribueix a reduir el factor d'emissió de la matriu elèctrica global. En aquest sentit, l'autoconsum solar fotovoltaic contribueix a disminuir el factor d'emissió associat al consum elèctric de la indústria del vidre.

Es tracta d'una estratègia complementària a la resta de mesures de descarbonització, ja que no substitueix directament els processos productius existents, sinó que abasteix parcialment les necessitats energètiques d'aquests processos, especialment en un context d'electrificació progressiva.

En el marc de la PROENCAT, l'autoconsum industrial es considera una palanca transversal prioritària, especialment rellevant per facilitar l'electrificació progressiva dels processos i reforçar la competitivitat de la indústria en un context de transició energètica. L'estratègia contribueix a maximitzar l'aprofitament dels espais artificialitzats (cobertes de naus, aparcaments, zones auxiliars), evitant impactes addicionals sobre el territori i aportant generació distribuïda al sistema elèctric.

Cal tenir en compte, però, que a causa de l'elevada demanda elèctrica del sector industrial, el percentatge de consum que es pot cobrir mitjançant autoconsum fotovoltaic és limitat, però existeix un potencial rellevant per reduir emissions i avançar en la transformació energètica del sector.

L'horitzó temporal predominant d'aquesta estratègia és el curt i mitjà termini (2030-2040), atès que es tracta d'una tecnologia madura i amb terminis d'implantació relativament curts.

6.2.1.2. *Avaluació d'estratègies*

Atès que l'avaluació de les estratègies depèn en gran mesura del procés específic sobre el qual s'apliquen, l'avaluació detallada de cadascuna es fa en els fulls de ruta subsectorials. Tot i això, a continuació es realitza una anàlisi general qualitativa de les característiques principals de les estratègies relacionades amb l'**autoconsum solar fotovoltaic**, i es mostra el seu comportament tant a curt termini (2030) com a llarg termini (2050).

Anàlisi d'estratègies - Autoconsum solar fotovoltaic			
Horitzó	Nivell de maduresa tecnològica (NMT)	Rendibilitat econòmica	Desenvolupament d'infraestructures
Curt termini (2030)	Molt favorable	Favorable	Favorable
Llarg termini (2050)	Molt favorable	Molt favorable	Favorable

Com es pot observar, l'autoconsum fotovoltaic presenta unes condicions força favorables per a la seva implementació ja a curt i mitjà termini. El seu alt nivell de maduresa tecnològica i les seves condicions de rendibilitat econòmica sovint adients el posicionen com una estratègia amb un elevat grau de penetració en l'horitzó més immediat.

6.2.1.3. *Identificació de barreres i mesures*

Malgrat el seu elevat potencial, s'han identificat diverses barreres per al desplegament massiu de l'autoconsum. Destaca especialment la presència de cobertes amb amiant en nombrosos polígons i naus industrials, la qual cosa limita o impossibilita la instal·lació directa de sistemes fotovoltaics i requereix actuacions prèvies de retirada, amb costos econòmics i tràmits addicionals. Altres barreres rellevants inclouen limitacions estructurals d'algunes cobertes,

restriccions administratives i la capacitat de connexió a xarxa en determinades zones industrials.

Barreres identificades	
Barreres econòmiques	Encara que l'energia solar fotovoltaica d'autoconsum és, actualment, rendible, requereix, a vegades, importants inversions inicials.
Barreres en infraestructures associades	Limitació de la capacitat de connexió i tramitació lenta de nous permisos d'accés i connexió. Falta de sistemes de telemesura en xarxes de baixa tensió, cosa que impedeix la gestió dinàmica de fluxos bidireccionals d'electricitat.
Barreres tècniques	Limitació en la disponibilitat d'espai en teulades i terrenys adjacents a les plantes per instal·lar plaques solars fotovoltaïques. Pot haver-hi restriccions tècniques i normatives en zones com ara centres històrics, sòls rústics protegits o àrees d'alt valor paisatgístic. Generació d'electricitat limitada a hores diürnes, i que es pot veure reduïda per la meteorologia. Problemes de control de tensió en la xarxa elèctrica derivats d'excessos de generació injectada. Falta de sistemes de gestió de la demanda que permetin adequar els consums als pics de producció reals. Problemes estructurals de les teulades disponibles que poden encariar el cost de la instal·lació (per exemple, teulades amb fibrociment i amiant, materials que és obligatori retirar abans d'instal·lar les plaques solars fotovoltaïques, o teulades amb baixa resistència de càrrega, que exigeixen una rehabilitació prèvia de la teulada). Necessitat de coordinar-se amb altres empreses per desenvolupar projectes d'autoconsum compartit.
Mesures necessàries	
Desenvolupament de línies de finançament amb condicions favorables com a suport a les inversions inicials.	
Modificació de les taxes, com l'IBI, per incorporar bonificacions en cas d'instal·lar energia solar fotovoltaica.	
Simplificació i agilització dels tràmits administratius per instal·lar energia solar fotovoltaica d'autoconsum: autorització ambiental i d'utilitat pública, permisos d'accés i connexió, etc.	

6.2.2. Eficiència energètica i optimització de processos

6.2.2.1. Introducció

L'estratègia d'eficiència energètica i optimització de processos té com a objectiu reduir el consum energètic necessari per unitat de producte mitjançant la substitució de tecnologies obsoletes per equips més eficients, la millora del rendiment dels sistemes, la recuperació d'energia residual i una gestió més avançada dels processos productius, sense afectar la qualitat ni el rendiment del producte final. Es tracta d'una estratègia transversal i prioritària, aplicable a tots els sectors.

A diferència d'altres estratègies, no implica un canvi de vector energètic, sinó una reducció de la quantitat d'energia necessària. Aquesta reducció és rellevant tant si l'energia utilitzada prové de fonts amb emissions (com el gas natural o l'electricitat amb factor d'emissió associat), en què es redueixen directament les emissions de gasos d'efecte hivernacle, com si prové de fonts descarbonitzades, perquè en aquest cas permet dimensionar a la baixa les infraestructures de generació i transport, cosa que redueix les necessitats d'inversió.

En el marc de la PROENCAT, l'eficiència energètica constitueix la primera palanca d'actuació en la descarbonització industrial, ja que permet reduir emissions i costos de manera immediata, alhora que facilita i abarateix la implantació de la resta d'estratègies del full de ruta. El seu horitzó temporal predominant és el curt termini (2030), atès que es basa majoritàriament en tecnologies madures i d'implantació relativament ràpida.

6.2.2.2. Avaluació d'estratègies

Atès que l'avaluació de les estratègies depèn en gran mesura del procés específic sobre el qual s'apliquen, l'avaluació detallada de cada una es realitza en els fulls de ruta subsectorials. Tot i això, a continuació es fa una anàlisi general qualitativa de les característiques principals de les estratègies relacionades amb l'**eficiència energètica**, i es mostra el seu comportament tant a curt termini (2030) com a llarg termini (2050).

Anàlisi d'estratègies - Eficiència energètica			
Horitzó	Nivell de maduresa tecnològica (NMT)	Rendibilitat econòmica	Desenvolupament d'infraestructures
Curt termini (2030)	Molt favorable	Molt favorable	Molt favorable
Llarg termini (2050)	Molt favorable	Molt favorable	Molt favorable

Com es pot observar, les mesures d'eficiència energètica presenten unes condicions tant tècniques com econòmiques molt favorables per a la seva implantació ja a curt termini. El seu alt nivell de maduresa tecnològica i les seves bones condicions de rendibilitat econòmica identifiquen l'eficiència energètica com l'estratègia més ben posicionada per encapçalar els processos de descarbonització a les indústries.

6.2.2.3. Identificació de barreres i mesures

Tot i el seu elevat potencial i, en molts casos, la seva rendibilitat econòmica, el desplegament d'aquestes mesures es pot veure limitat per diverses barreres identificades en el contacte amb els agents del sector. Entre les principals barreres destaquen la manca de capacitats internes per identificar projectes d'optimització i gestionar-los, la percepció de risc operatiu associada a modificacions en processos crítics i, en alguns casos, la dificultat d'aturar instal·lacions per dur a terme actuacions de millora.

Barreres identificades	
Barreres tècniques	La implantació de tecnologies d'eficiència energètica pot resultar més complexa en instal·lacions existents que en plantes de nova construcció, especialment en el cas de sistemes de recuperació de calor. Aquests sistemes requereixen espais amplis i una ubicació propera al forn per minimitzar pèrdues tèrmiques, problemes associats a la pols i ineficiències en el transport dels gasos de fuga. Falta de coneixement, per part d'alguns dels actors industrials, sobre les principals tecnologies d'eficiència energètica, el seu potencial d'estalvi energètic i econòmic, com també les seves possibilitats d'ús en els seus processos i equips. En el cas dels variadors de freqüència, es poden produir interferències electromagnètiques i distorsions harmòniques a la xarxa elèctrica, amb possibles afectacions sobre equips electrònics propers.
Mesures necessàries	
Incrementar el nivell de coneixement sobre aquestes tecnologies dins el sector. Desenvolupament de línies de finançament amb condicions favorables com a suport a les iniciatives en què la inversió inicial pot resultar més elevada.	

En aquestes estratègies en particular cal destacar l'existència ja de mesures i mecanismes que hi donen suport en les fases inicials d'implantació del projecte. Són els **certificats d'estalvi energètic** (CAE, per les seves sigles en castellà). Aquest sistema compensa de manera clara i directa tota l'energia que, fruit d'una actuació en matèria d'eficiència, s'ha vist estalviada a les instal·lacions.

6.2.3. Electrificació de processos tèrmics de baixa i mitjana temperatura

6.2.3.1. Introducció

L'estratègia d'electrificació de processos tèrmics consisteix en la substitució progressiva de tecnologies basades en combustibles fòssils per equips que utilitzen electricitat com a vector energètic, amb l'objectiu de reduir de manera estructural les emissions associades al consum energètic de combustibles fòssils. Aquesta estratègia se centra, en aquest apartat, en els processos tèrmics de baixa i mitjana temperatura en els quals, com es veurà, resulta molt adient gràcies a la presència ja de solucions tècniques capaces de dur a terme aquesta transformació.

Dins del marc de la PROENCAT, l'electrificació de la demanda final és una de les línies estratègiques principals per assolir la neutralitat climàtica, sempre que vagi acompanyada d'un sistema elèctric altament descarbonitzat.

Així, en sectors amb una gran presència de processos tèrmics de baixa i mitjana temperatura, l'electrificació es considera una estratègia amb un potencial elevat de reducció d'emissions a mitjà i llarg termini, especialment a mesura que la matriu elèctrica esdevingui majoritàriament renovable. Tal com es detalla en l'anàlisi de mesures, tot i que la progressiva maduració de les infraestructures, juntament amb una previsió de reducció dels costos d'inversió, apunten cap a més competitivitat tècnica i econòmica en horitzons 2040-2050, es tracta d'una solució que, amb les mesures adequades, ja presenta les condicions per esdevenir una realitat en l'horitzó més proper.

6.2.3.2. Avaluació d'estratègies

Tenint en compte que l'avaluació de les estratègies depèn en gran mesura del procés específic sobre el qual s'apliquen, l'avaluació detallada de cadascuna d'aquestes estratègies es realitza en els fulls de ruta subsectorials. Tot i això, a continuació es fa una anàlisi general i qualitativa de les característiques principals de les estratègies relacionades amb l'**electrificació de processos tèrmics de baixa i mitjana temperatura**, i es mostra el seu comportament tant a curt termini (2030) com a llarg termini (2050).

Anàlisi d'estratègies - Electrificació de baixa i mitjana temperatura			
Horitzó	Nivell de maduresa tecnològica (NMT)	Rendibilitat econòmica	Desenvolupament d'infraestructures
Curt termini (2030)	Favorable	Desfavorable	Poc favorable
Llarg termini (2050)	Molt favorable	Poc favorable	Favorable

Com es pot observar, l'electrificació de processos de baixa i mitjana temperatura presenta ja avui dia, amb les mesures de suport adequades, les condicions necessàries per poder iniciar el seu desplegament. En ser aplicacions d'un consum unitari més moderat, les limitacions de la xarxa elèctrica no haurien de ser un impediment per dur a terme una transformació progressiva ja en l'horitzó proper. Tot i això, el seu desplegament generalitzat sí que requerirà millores en les infraestructures elèctriques i, per tant, s'haurà d'estendre també a mitjà i llarg termini.

6.2.3.3. Identificació de barreres i mesures

Tot i la viabilitat d'iniciar-ne una transformació, l'electrificació de processos a alta temperatura presenta una sèrie de reptes i barreres que caldrà superar si se'n vol aconseguir la implantació generalitzada.

A continuació es fa un resum d'aquestes barreres i de les mesures necessàries per superar-les.

Barreres econòmiques	Cost de l'electricitat sovint superior al del gas natural o altres combustibles fòssils en determinats escenaris de mercat energètic. Inversions inicials a vegades elevades, associades a la substitució d'equips industrials existents (forns, calderes, fregidores, assecadores, etc.).
Barreres en infraestructures associades	Capacitat limitada de connexió a la xarxa elèctrica en determinats polígons industrials. Necessitat d'ampliar la potència elèctrica contractada per poder electrificar processos tèrmics intensius. Reforç necessari de transformadors, quadres elèctrics i instal·lacions internes de distribució d'energia.
Barreres tècniques	Limitacions tecnològiques encara en alguns processos industrials que requereixen temperatures una mica més elevades o perfils tèrmics específics. Necessitat d'adaptar processos productius dissenyats originalment per a tecnologies de combustió. Integració complexa de nous equips elèctrics en línies de producció existents. Necessitat de formació del personal per operar i mantenir nous equips electrificats.
Mesures necessàries	
Desenvolupament de línies de finançament amb condicions favorables com a suport a les iniciatives en les quals la inversió inicial pot resultar més elevada. Instruments financers i altres iniciatives per reduir el cost d'adquisició d'energia durant la fase d'operació. Foment de l'autoconsum renovable industrial (fotovoltaica, cogeneració renovable, etc.). Reforç i modernització de la infraestructura de xarxa elèctrica en zones industrials. Simplificació administrativa per facilitar ampliacions de potència i noves connexions a la xarxa. Programes de suport tècnic i assessorament per a la transformació energètica de la indústria.	

6.2.4. Electrificació de processos tèrmics d'alta temperatura

6.2.4.1. Introducció

L'estratègia d'electrificació de processos tèrmics consisteix en la substitució progressiva de tecnologies basades en combustibles fòssils per equips que utilitzen electricitat com a vector

energètic, amb l'objectiu de reduir de manera estructural les emissions associades al consum energètic del sector industrial. Aquesta estratègia és especialment rellevant en processos amb una elevada demanda tèrmica.

Dins del marc de la PROENCAT, l'electrificació de la demanda final és una de les línies estratègiques principals per assolir la neutralitat climàtica, sempre que vagi acompanyada d'un sistema elèctric altament descarbonitzat.

En el sector industrial, l'electrificació de processos tèrmics d'alta temperatura es considera una estratègia amb un potencial elevat de reducció d'emissions a mitjà i llarg termini, especialment a mesura que la matriu elèctrica esdevingui majoritàriament renovable. La maduració progressiva de les infraestructures, juntament amb una previsió de reducció dels costos d'inversió, apunten cap a més competitivitat tècnica i econòmica en horitzons 2040-2050.

Cal destacar que aquesta estratègia actua principalment sobre les emissions associades al consum energètic, però no resol les emissions de procés.

6.2.4.2. Avaluació d'estratègies

Tenint en compte que l'avaluació de les estratègies depèn en gran mesura del procés específic sobre el qual s'apliquen, l'avaluació detallada de cadascuna d'aquestes estratègies es realitza en els fulls de ruta subsectorials. Tot i això, a continuació es fa una anàlisi general i qualitativa de les característiques principals de les estratègies relacionades amb l'**electrificació de processos tèrmics d'alta temperatura**, i es mostra el seu comportament tant a curt termini (2030) com a llarg termini (2050).

Anàlisi d'estratègies - Electrificació d'alta temperatura			
Horitzó	Nivell de maduresa tecnològica (NMT)	Rendibilitat econòmica	Desenvolupament d'infraestructures
Curt termini (2030)	Poc favorable	Desfavorable	Desfavorable
Llarg termini (2050)	Molt favorable	Poc favorable	Favorable

Com es pot observar, l'electrificació de processos d'alta temperatura presenta diversos reptes immediats tant tècnics com econòmics que fan que no sigui una alternativa de present. Tot i així, es preveu que a llarg termini la tecnologia avanci cap a nivells de maduresa tecnològica suficients perquè pugui esdevenir una alternativa real.

6.2.4.3. Identificació de barreres i mesures

No obstant l'exposat anteriorment, com a alternativa de futur, l'electrificació de processos a alta temperatura presenta una sèrie de reptes i barreres que caldrà superar si se'n vol aconseguir la implantació generalitzada.

A continuació es fa un resum d'aquestes barreres i de les mesures necessàries per superar-les.

Barreres identificades	
Barreres econòmiques	La barrera més important identificada per implementar la mesura són els elevats costos de l'electricitat, en comparació amb els dels combustibles fòssils, com també l'elevat cost d'adquisició i instal·lació dels equips electrificats.
Barreres en infraestructures associades	Limitació de la capacitat de connexió i tramitació lenta de nous permisos d'accés i connexió.
Mesures necessàries	
Es preveu que es necessitaran ajuts públics per a l'adquisició dels nous equips electrificats, com també altres mecanismes d'ajuda tant sobre els equips com sobre el consum d'energia elèctrica. Caldrà assegurar una millora de la infraestructura associada a la xarxa elèctrica per tal de garantir la disponibilitat de potència i connexió d'aquests nous equips, també una agilització en la tramitació dels permisos de connexió.	

6.2.5. Diversificació energètica de processos tèrmics

6.2.5.1. Introducció

L'estratègia de substitució de combustibles fòssils consisteix en el reemplaçament total o parcial del gas natural i d'altres combustibles fòssils utilitzats en els processos tèrmics del sector industrial per vectors energètics d'origen renovable o baix en carboni, com el biometà, la biomassa sòlida o l'hidrogen, amb l'objectiu de reduir les emissions associades a la combustió sense modificar substancialment els equips ni els processos productius existents.

Dins del marc de la PROENCAT, aquesta estratègia es considera una opció complementària i selectiva, especialment rellevant en els processos en què l'electrificació presenta limitacions tècniques, econòmiques o temporals, o com a solució de transició mentre no es disposi de les condicions necessàries per a una electrificació completa. En coherència amb les prioritats establertes, la substitució de combustibles no es planteja com una opció generalitzada, sinó focalitzada en aplicacions concretes en què aportí un valor clar en termes de descarbonització i viabilitat.

L'horitzó temporal predominant de la substitució de combustibles fòssils és el curt i mitjà termini (2030-2040), atès que es basa en tecnologies comercialment disponibles i, en molts casos, compatibles amb els equips existents amb modificacions acotades. Això permet assolir reduccions d'emissions relativament ràpides, especialment en processos d'alta temperatura, sempre que hi hagi disponibilitat suficient i sostenible dels recursos energètics alternatius.

No obstant això, el desplegament d'aquesta estratègia està fortament condicionat per la disponibilitat i la competència pels recursos, especialment en el cas de la biomassa i del biometà, que són vectors limitats i demandats per múltiples sectors. A més, la incertesa actual en l'evolució dels preus d'aquests combustibles, les dificultats logístiques i d'emmagatzematge, com també la necessitat de garantir criteris de sostenibilitat i traçabilitat dels recursos utilitzats estan dificultant el seu desplegament.

L'hidrogen, per la seva banda, en forma d'hidrogen verd, també es presenta com una de les alternatives allà on l'electrificació no sigui possible. Ara bé, el seu elevat preu actual i els reptes logístics per al transport d'aquest gas fan que la seva aplicació immediata sigui complexa i que calgui desenvolupar les mesures adequades perquè pugui ser una alternativa de futur.

6.2.5.2. Avaluació d'estratègies

Tenint en compte que l'avaluació de les estratègies depèn en gran mesura del procés específic sobre el qual s'apliquen, l'avaluació detallada de cadascuna d'aquestes estratègies es realitza en els fulls de ruta subsectorials. Tot i això, a continuació es fa una anàlisi general i qualitativa de les característiques principals de les estratègies relacionades amb **l'ús de fonts alternatives basades en energies renovables**, i es mostra el seu comportament tant a curt termini (2030) com a llarg termini (2050).

Anàlisi d'estratègies - Fonts energètiques renovables			
Horitzó	Nivell de maduresa tecnològica (NMT)	Rendibilitat econòmica	Desenvolupament d'infraestructures
Curt termini (2030)	Favorable	Desfavorable	Desfavorable
Llarg termini (2050)	Molt favorable	Favorable	Favorable

Com s'ha introduït prèviament, aquest detall reflecteix de manera generalitzada que, a curt termini, la tecnologia té un nivell de maduresa suficient per ser desplegada. Tot i així, cal donar resposta a la incertesa al voltant dels preus d'aquestes fonts energètiques, i també reforçar i donar solidesa a les cadenes de subministrament d'aquestes fonts perquè puguin esdevenir una alternativa real i estesa en l'horitzó proper. A mitjà i llarg termini l'estabilització de preus i de sistemes de distribució sí que presenten un escenari més favorable per a aquestes solucions.

6.2.5.3. Identificació de barreres i mesures

Com es desprèn de l'anàlisi anterior, la substitució de combustibles comporta una sèrie de reptes i barreres que cal superar si se'n vol aconseguir la implementació generalitzada.

A continuació, es fa un resum d'aquestes barreres i una primera descripció qualitativa de les mesures que serà necessari implementar per tal de superar-les.

Barreres identificades	
Barreres econòmiques	Cal considerar que la competitivitat del biometà i la biomassa depèn del preu del gas natural, que sovint és inferior (caldria reduir el cost d'aquest o reforçar mecanismes com el comerç de drets d'emissió). Pel que fa a la biomassa, tant la inversió com el manteniment suposen costos més elevats que una caldera equivalent de gas natural, a més hi ha un cost de transport significatiu.

Barreres identificades	
	Quant a l'hidrogen, el preu és molt superior als del gas natural i es preveu que continuï sent-ho fins al 2050, com a mínim.
Barreres en infraestructures associades	En el cas de la biomassa, les limitacions principals són la manca d'espai d'emmagatzematge, la necessitat d'adaptar els sistemes d'alimentació als forns, la gestió de les cendres i l'absència d'una xarxa de subministrament estable. En el cas del forn d'hidrogen, la barrera principal és la falta d'infraestructura de transport i de producció a gran escala.
Barreres tècniques	Disponibilitat i estabilitat del subministrament de biomassa, biometà i hidrogen, així com la presència d'impureses (H_2S, siloxans, compostos clorats o alcalins) que poden provocar corrosió i danys en cremadors, canonades i bescanviadors. En el cas de la biomassa, la variabilitat en humitat i poder calorífic, l'elevat contingut en cendres i la menor inèrcia tèrmica poden afectar l'estabilitat del procés i, per tant, requerir sistemes auxiliars. També es poden incrementar les emissions de partícules i NO_x.
Mesures necessàries	
En el cas del biometà, cal revisar la fiscalitat i l'aplicació de l'impost sobre hidrocarburs per millorar-ne la competitivitat. Alhora, cal treballar en el desplegament de noves centrals de biogàs i enfortir la seva distribució. Per a la biomassa, les mesures clau inclouen el desenvolupament d'una xarxa estable de subministrament, la millora de la gestió forestal per garantir matèria primera, suport econòmic per compensar el sobrecost d'inversió, simplificació administrativa i impuls de la compra pública verda. En el cas de l'hidrogen verd, cal treballar en el desplegament de generació elèctrica renovable que permeti estabilitzar-ne el preu, alhora que cal reforçar la planificació de la seva infraestructura de distribució i desenvolupar accions de recerca i pilotatge que permetin augmentar-ne la maduresa tecnològica i el rendiment.	

6.2.6. Canvis en el procés i materials

6.2.6.1. Introducció

L'estratègia de canvi de procés i de materials engloba el conjunt d'actuacions orientades a modificar les matèries primeres utilitzades o el mateix esquema del procés productiu amb l'objectiu de reduir, o eventualment evitar, les emissions de CO_2 de procés associades a determinats processos industrials que constitueixen una fracció d'emissions difícilment evitables amb les tecnologies convencionals actuals.

Aquesta estratègia té un caràcter principalment exploratori i de llarg termini, i és complementària a la resta de línies de descarbonització. A diferència de l'eficiència energètica,

l'electrificació o la substitució de combustibles, els canvis de procés i de materials no es troben, en general, en condicions de desplegament massiu, però poden contribuir de manera estructural a la reducció de les emissions de procés a mesura que avancin tecnològicament.

La seva implantació està condicionada per la maduresa tecnològica, la disponibilitat de materials, els requisits estrictes de qualitat del producte i l'adaptació de les instal·lacions existents, en un context encara marcat per la incertesa tècnica i econòmica.

En aquest marc, l'estratègia es planteja com una línia complementària dins del full de ruta, amb potencial rellevant a llarg termini, però no com una alternativa realista a curt o mitjà termini per eliminar les emissions de procés.

6.2.6.2. *Avaluació d'estratègies*

Tenint en compte que l'avaluació de les estratègies depèn en gran mesura del procés específic sobre el qual s'apliquen, l'avaluació detallada de cadascuna d'aquestes estratègies es realitza en els fulls de ruta subsectorials. Tot i això, a continuació es fa una anàlisi general i qualitativa de les característiques principals de les estratègies relacionades amb **el canvi de processos i materials en els processos amb emissions no energètiques**, i es mostra el seu comportament tant a curt termini (2030) com a llarg termini (2050).

Anàlisi d'estratègies - Canvis de procés i materials			
Horitzó	Nivell de maduresa tecnològica (NMT)	Rendibilitat econòmica	Desenvolupament d'infraestructures
Curt termini (2030)	Molt desfavorable	Molt desfavorable	Molt desfavorable
Llarg termini (2050)	Poc favorable	Poc favorable	Poc favorable

Com s'ha introduït prèviament i es reflecteix en la taula anterior, el poc grau de desenvolupament de processos i materials alternatius que permetin reduir de manera significativa les emissions no energètiques dels processos industrials fan que sigui una estratègia de molt difícil implantació a curt i mitjà termini. A llarg termini, es preveu que accions en matèria de recerca i desenvolupament de pilotatges puguin fer millorar de manera progressiva els seus indicadors, tot i que és complex que pugui esdevenir en l'horitzó 2050 una alternativa única i generalitzada per eliminar les emissions de procés.

6.2.6.3. *Identificació de barreres i mesures*

Els canvis en el procés productiu i els materials que s'utilitzen tenen una sèrie de reptes i barreres que caldrà superar si se'n vol aconseguir la implementació generalitzada.

A continuació, es fa un resum d'aquestes barreres, com també una primera descripció qualitativa de les mesures que serà necessari implementar per tal de superar-les.

Barreres identificades
El baix nivell de maduresa tecnològica és la principal barrera d'aquesta estratègia. Es tracta de processos complexos en els quals la substitució del mateix procés o de les matèries primeres que l'alimenten no és trivial. Aquests canvis poden tenir una afectació directa en les propietats dels productes finals.
Mesures necessàries
Promoció de línies de recerca i desenvolupament de pilotatges per trobar alternatives reals, viables i escalables.

6.2.7. Captura i emmagatzematge de CO₂

6.2.7.1. Introducció

L'estratègia de captura, transport i emmagatzematge de carboni (CCUS, de l'anglès *carbon capture, use and storage*) té com a objectiu reduir de manera directa les emissions de CO₂ associades als processos industrials que no provenen del consum d'energia, sinó de processos que alliberen CO₂.

Dins del marc de la PROENCAT, la captura de carboni es considera una estratègia específica per als sectors amb emissions de procés inevitables, amb un paper clau per assolir la neutralitat climàtica a llarg termini. No obstant això, no es planteja com una solució prioritària a curt termini, sinó com una mesura estructural que s'ha de desplegar de manera progressiva, un cop reduïdes al màxim les emissions energètiques i condicionada a la seva evolució per tal de certificar-ne la viabilitat real com a estratègia a llarg termini.

Aquesta estratègia actua principalment sobre les emissions de procés, tot i que també pot aplicar-se a emissions de combustió residuals. El seu horitzó temporal predominant és el mitjà i llarg termini (2040-2050), ja que requereix un elevat nivell de maduresa tecnològica i el desenvolupament d'infraestructures específiques de transport i emmagatzematge de CO₂. En aquest sentit, la viabilitat de la captura de carboni al sector del vidre està estretament vinculada a iniciatives coordinades i projectes d'abast suprasectorial, com ara xarxes compartides de CO₂ i emmagatzematges geològics segurs.

6.2.7.2. Avaluació d'estratègies

Tenint en compte que l'avaluació de les estratègies depèn en gran mesura del procés específic sobre el qual s'apliquen, l'avaluació detallada de cadascuna d'aquestes estratègies es realitza en els fulls de ruta subsectorials. Tot i això, a continuació es fa una anàlisi general i qualitativa de les característiques principals de les estratègies relacionades amb els **processos de captura i emmagatzematge de CO₂**, i es mostra el seu comportament tant a curt termini (2030) com a llarg termini (2050).

Anàlisi d'estratègies - Captura i emmagatzematge de CO ₂			
Horitzó	Nivell de maduresa tecnològica (NMT)	Rendibilitat econòmica	Desenvolupament d'infraestructures
Curt termini (2030)	Favorable	Molt desfavorable	Molt desfavorable
Llarg termini (2050)	Molt favorable	Poc favorable	Incertesa

Tot i que les tecnologies de captura i emmagatzematge ja disposen d'un nivell de maduresa tecnològica elevat en certes aplicacions i territoris, la seva aplicabilitat real avui a les indústries catalanes no està encara provada àmpliament i, per tant, presenta certes incerteses. A més a més, els seus costos elevats, la no disponibilitat encara d'infraestructures d'emmagatzematge en servei i l'encara limitada demanda de subproductes procedents del carboni capturat i valoritzat fan que la seva aplicabilitat a curt termini sigui molt complexa.

A llarg termini, la millora tecnològica, el previsible desplegament de prototips i la seva reducció progressiva de costos fan pensar en una millora de les condicions i una possible implementació significativa que ajudi a resoldre la mitigació de les emissions de procés. Tot i així, l'escenari es presenta incert i molt dependent de la viabilitat que demostrin les infraestructures d'emmagatzematge disponibles al territori.

6.2.7.3. Identificació de barreres i mesures

Els reptes principals inclouen els costos elevats, la penalització energètica associada als sistemes de captura i la necessitat d'un marc regulador i de suport públic estable.

Com es desprèn de l'anàlisi anterior, la captura i emmagatzematge de CO₂ presenta una sèrie de reptes i barreres que caldrà superar si se'n vol aconseguir la implementació generalitzada.

A continuació, es fa un resum d'aquestes barreres, com també una primera descripció qualitativa de les mesures que serà necessari implementar per tal de superar-les.

Barreres identificades	
Barreres econòmiques	Els projectes de captura, ús i emmagatzematge de CO ₂ (CCUS) tenen costos d'inversió i operació elevats, sense incentius suficients que compensin la diferència respecte de l'emissió directa.
Barreres en infraestructures associades	Manca d'infraestructura de transport a gran escala i capacitat limitada dels emmagatzematges subterranis de CO ₂ .
Barreres tècniques	Elevat consum energètic dels processos de captura i compressió, incertesa reguladora (propietat dels magatzems, permisos i gestió de riscos) i absència d'una estratègia nacional clara. També hi ha preocupació social per possibles fuites de CO ₂ .

Mesures necessàries

Necessitat d'impulsar estudis de detall, demostradors i una vigilància activa al progrés de les tecnologies de captura per tal de verificar si poden ser una alternativa real per a Catalunya.

En cas afirmatiu caldrà:

Fomentar línies de recerca i desenvolupament per adaptar aquesta tecnologia a la realitat de les empreses catalanes.

Establir un marc normatiu clar que impulsi l'emmagatzematge subterrani de CO₂ i habilitar línies d'ajuts i finançament per a la implantació de tecnologies de captura i compressió.

Impulsar el desenvolupament d'infraestructures compartides de transport i emmagatzematge (*hubs* multiusuari, ports com el de Barcelona o Tarragona, xarxes de canonades), mitjançant lideratge públic i aliances publicoprivades.

7. Full de ruta

7.1. Criteris de selecció i priorització

El conjunt de mesures proposades anteriorment permeten descarbonitzar, en distinta mesura, el sector industrial.

Tal com s'ha identificat, no totes les mesures tenen els mateixos costos de desenvolupament, ni la mateixa capacitat de reducció d'emissions de gasos d'efecte hivernacle. Així mateix, algunes mesures requereixen un major grau de desenvolupament tecnològic i les infraestructures associades per poder ser aplicables.

Per això, cal definir uns criteris de selecció que permetin triar les mesures més apropiades a cada horitzó temporal per aconseguir els objectius fixats.

Així doncs, cal definir dos aspectes clau per configurar el full de ruta:

- **Horitzó temporal** d'implementació de cadascuna de les mesures.
 - Establir el moment en què cada mesura ha de començar a desplegar-se és fonamental per poder desenvolupar, al seu voltant, les mesures necessàries per facilitar-ne la implementació.
 - Algunes mesures podran ser desplegades de manera gairebé immediata, mentre que d'altres caldrà que assoleixin més maduresa tècnica i/o econòmica per poder-ho fer.
- **Nivell d'implementació** de cadascuna de les estratègies.
 - Definir en quin nivell cadascuna de les estratègies o tecnologies alternatives agafa el relleu de les actuals és clau per desenvolupar el pla.
 - Per les seves característiques, determinades estratègies tenen una presència més gran dins els plans de descarbonització que d'altres.

Per a cadascun d'aquests aspectes caldrà establir les característiques que defineixin com i quan una mesura determinada s'ha de desenvolupar.

7.1.1. Horitzó temporal

Com s'ha establert anteriorment, l'horitzó temporal ens defineix el moment en què una determinada estratègia cal que sigui desplegada; alhora, en aquest apartat també s'inclou el ritme de desplegament d'una estratègia determinada.

Gran part d'aquesta definició és fruit de determinades condicions restrictives que impedeixen o dificulten la implantació d'algunes estratègies abans d'un moment determinat. Aquestes condicions estan relacionades amb les característiques següents:

- a) **Desenvolupament tecnològic:** nivell de maduresa tecnològica i viabilitat tècnica d'implementació industrial.

- a. Aquest concepte no només cal interpretar-lo com el nivell de preparació tecnològica, sinó que també porta incorporada la reducció potencial de costos associats, fruit de més maduresa i optimització tecnològica i dels processos de fabricació al seu voltant.
- b. Un criteri clau a tenir en compte és no intentar desplegar una estratègia determinada fins que els seus costos associats hagin progressat.
- b) **Desenvolupament d'infraestructures:** disponibilitat i adequació de les infraestructures necessàries per al desplegament a gran escala.
- c) **Ritme d'implementació:** temps necessari perquè una tecnologia pugui ser implementada i comenci a ser operativa.

7.1.2. Nivell d'implementació

A banda de poder definir el ritme i l'horitzó temporal en què cal desplegar de manera prioritària determinades mesures, s'ha de definir la presència i la importància que tenen cadascuna dins del pla.

En aquest sentit, diverses característiques condicionen aquest aspecte:

- d) **Cost de reducció:** cost per tona de CO₂ reduïda, segons la corba de cost marginal de reducció.
 - a. Les mesures amb més potencial dins el full de ruta seran les que tinguin un cost de reducció més baix.
 - b. Un cost de reducció baix ens mostra com és d'eficaç aquella mesura a l'hora de reduir les emissions.
 - c. Tal com també marquen els eixos vertebradors esmentats a l'apartat 6, les alternatives que presentin un millor comportament cost-eficiència des del punt de vista mediambiental seran claus en el procés de descarbonització.
- e) **Rendibilitat de la mesura:** capacitat de generar estalvis nets al llarg del temps.
 - a. Una major rendibilitat econòmica de l'estratègia proposada impactarà de manera positiva en la competitivitat de la indústria; per això es considera com un punt estratègic a l'hora d'avaluar el nivell de desplegament de les tecnologies proposades.
 - b. S'avaluen tant el nivell d'inversió inicial com els paràmetres de rendibilitat de la inversió al llarg de la seva vida útil.
- f) **Estalvis energètics:** són l'estalvi en energia primària que una determinada estratègia és capaç de generar.
 - a. Dins aquest concepte, trobem estratègies capaces de reduir el consum d'energia primària a través de l'eficiència energètica, a través del canvi a combustibles amb un factor de pas menor o estratègies que, tot i que efectives en la reducció d'emissions, facin augmentar el consum energètic.
- g) **Potencial de reducció d'emissions de gasos d'efecte hivernacle:** quantitat màxima d'emissions de GEH que pot reduir la mesura.

- h) **Disponibilitat de recursos:** accés suficient i sostenible a recursos energètics o materials necessaris.
 - a. Una característica que pot limitar de manera clara el nivell de desenvolupament de determinades estratègies és la quantitat de recurs energètic disponible.
 - b. L'afirmació anterior s'entén a través de l'eix vertebrador ja indicat «Assolir la sobirania energètica». La no dependència de recursos energètics exteriors limitarà l'accés a certs recursos locals, i, per tant, cal avaluar-ne bé la disponibilitat i acotar la implantació de les estratègies associades.
 - c. Les estratègies basades en l'ús de biocombustibles és de preveure que tinguin un impacte més acotat a causa de la seva disponibilitat limitada.
- i) **Alineament amb polítiques públiques i percepció sectorial:** coherència amb les polítiques energètiques desenvolupades per la Generalitat i alineament amb els plans i les percepcions del sector.
 - a. Proposar estratègies alineades tant amb els objectius de país com amb les planificacions previstes pel sector és fonamental per assegurar un bon encaix d'aquestes estratègies dins l'estratègia global.
 - b. Per avaluar la percepció del sector sobre les diferents estratègies possibles, s'ha dut a terme un procés de participació amb agents representatius del sector per conèixer les seves impressions. El detall d'aquest procés es pot trobar al document d'annex metodològic.

7.1.3. Resum de la metodologia de prioritització adoptada

Tenint en compte tot l'anterior, es fa palès que la configuració del full de ruta del sector industrial s'ha de basar en una decisió multicriteri, considerant aspectes molt diferents de manera simultània.

No es tracta d'un procés de puntuació multicriteri estàtic, sinó més aviat d'un procés iteratiu en el qual les diverses característiques i restriccions s'avaluen de manera conjunta per poder establir el full de ruta més coherent amb els criteris establerts i coincident amb els objectius de reducció d'emissions fixats.

Aquesta metodologia la podem estructurar en quatre fases principals.

Fase 1. Definició de la jerarquia estratègica

En primer lloc, s'ha establert una primera jerarquia de les estratègies plantejades, lligada als criteris comentats anteriorment.

1. Eficiència energètica com a primera palanca d'actuació
 - La necessitat de reduir el consum energètic dins un context amb recursos energètics limitats, juntament amb l'alta maduresa tècnica i econòmica d'aquesta tipologia de mesures, la situen al capdavant d'aquesta primera jerarquització.

2. Electrificació progressiva de la demanda
 - Una disponibilitat limitada de recursos energètics alternatius i d'àmbit local mostra l'electrificació com una de les estratègies prioritàries a considerar.
3. Autoconsum d'energia renovable com a palanca transversal
 - Estratègia orientada a reduir les emissions associades al consum elèctric mitjançant la generació renovable *in situ*, amb elevada maduresa tecnològica i impacte immediat però moderat, que facilita l'electrificació, redueix la dependència de subministraments energètics externs i reforça la competitivitat del sector.
4. Ús selectiu de renovables tèrmiques i de combustibles alternatius
 - La seva disponibilitat limitada fa que aquesta tipologia d'estratègies tinguin un paper més secundari i molt dirigit als processos en què l'electrificació no sigui una opció possible.
5. Canvis en processos i materials com a línia complementària de llarg termini.
 - Estratègia orientada a reduir les emissions de procés mitjançant la modificació de matèries primeres o formulacions. Es tracta d'una estratègia molt completa en termes teòrics, però que a la pràctica presenta certs desafiaments que l'enfoquen com una estratègia a llarg termini.
6. Ús de solucions basades en la captura de carboni
 - Els eixos vertebradors d'abandonament del model fòssil-nuclear, la no dependència de fonts energètiques externes i la menor ocupació del territori, derivada en la necessitat de reduir el consum energètic, releguen el paper de les tecnologies de captura a les aplicacions en què no sigui possible eliminar les emissions no energètiques o de procés.

Així doncs, aquesta jerarquia condiciona l'ordre de la primera incorporació de tecnologies al model.

Fase 2. Restriccions tècniques i operatives

Seguidament, es comença a definir de manera més precisa la planificació estratègica des d'un punt de vista tècnic i operacional.

Des del punt de vista temporal, en aquesta fase, ja es descarten a curt termini les tecnologies amb una maduresa tecnològica molt baixa o sense aplicabilitat industrial realista, així com solucions incompatibles amb les característiques del sector o amb limitacions estructurals insalvables a curt termini.

També es comença ja en aquesta fase a definir un potencial màxim realista d'implantació per a cada tecnologia, considerant la disponibilitat de recursos, la capacitat de la infraestructura i les limitacions físiques o productives.

Per exemple, en relació amb la disponibilitat de recursos d'autoconsum amb fotovoltaica, s'ha calculat la capacitat total d'instal·lació respecte del consum, i es calcula que, actualment, la disponibilitat màxima de cobertura de la demanda energètica del sector industrial és del 3 %.

D'altra banda, l'any 2023, Catalunya comptava amb 72 plantes de biogàs en funcionament, principalment alimentades per fangs de depuradores urbanes i per codigestió amb dejeccions ramaderes. De cara al 2030, l'Estratègia catalana de biogàs preveu que el territori pugui arribar a produir entre 6 i 7,2 TWh anuals, límits que marcaran la demanda màxima d'aquest recurs per a ús del sector industrial.

Fase 3. Competitivitat i eficiència energètica, econòmica i ambiental

Per continuar amb el procés de priorització, tant des del punt de vista temporal com d'impacte, s'ha considerat, en primer lloc, l'eficiència energètica, econòmica i ambiental de cada estratègia proposada. Un dels primers indicadors a tenir en compte, molt relacionat amb l'eficiència econòmica i ambiental, és el cost de reducció.

El cost de reducció mostra de manera clara quines són les estratègies que amb menys inversió assoleixen uns nivells de reducció d'emissió més alts. Considerar aquest indicador un aspecte clau és fonamental per optimitzar econòmicament l'estratègia de reducció d'emissions a desenvolupar.

Tot i l'anterior, cal tenir en compte que estratègies que es poden posicionar com a alternatives acceptables quant a cost de reducció es troben en una posició força més desfavorable pel que fa a eficiència energètica i econòmica. N'és un clar exemple la captura de CO₂, en què el seu alt consum energètic és un clar desavantatge.

Relacionat amb l'anterior, també serà necessari tenir en compte, de manera aïllada, la seva rendibilitat econòmica (valor actual net, taxa interna de retorn, període de recuperació de la inversió).

Les tecnologies amb baixa competitivitat econòmica no s'han descartat automàticament, però la seva implantació queda condicionada a mecanismes de suport públic, incentius econòmics i instruments normatius específics.

Aquest doble enfocament permet distingir clarament entre:

- Tecnologies estructuralment competitives
- Tecnologies estratègicament necessàries, però dependents de política pública

Fase 4. Full de ruta + comprovacions + iteracions

Amb tot l'anterior, aquesta fase ja permet fer un primer ajust del percentatge d'implantació de cada tecnologia en els diversos horitzons temporals: 2030, 2040 i 2050.

Cal tenir en compte que, un cop definides les estratègies sectorials, cal que aquestes siguin considerades de manera conjunta amb la resta d'estratègies sectorials per tal de configurar l'estratègia global del sector industrial.

Un cop configurada, cal avaluar-ne l'alineament amb els objectius de descarbonització aprovats tant a curt termini (2030) com a llarg termini (2050). Amb això, cal dur a terme un procés iteratiu d'ajust multisectorial per tal de configurar l'estratègia definitiva.

7.2. Resum d'estratègies

L'avaluació, el plantejament d'estratègies i l'establiment posterior dels criteris i les restriccions clau que cal tenir en compte en la seva prioritització ja permet anar visibilitzant com s'ha de configurar el full de ruta.

A tal fi, es mostra una comparació qualitativa de les diverses estratègies proposades en els horitzons a curt i llarg termini amb el codi de colors següent:



Figura 28. Codi de colors utilitzats a les taules comparatives posteriors.

	Curt termini (2030)			Llarg termini (2050)		
	NMT	Rendibilitat	Desenv. infraestructura	NMT	Rendibilitat	Desenv. infraestructura
Autoconsum solar fotovoltaic						
Eficiència energètica i optimització de processos						
Electrificació de processos tèrmics de baixa i mitjana temperatura						
Electrificació de processos tèrmics d'alta temperatura						
Diversificació energètica de processos tèrmics						
Canvis en el procés i els materials						
Captura i emmagatzematge de CO ₂						

Taula 7. Taula comparativa de les estratègies de descarbonització proposades. Font: elaboració pròpia.

Aquesta anàlisi qualitativa de les estratègies i les tecnologies de descarbonització del sector industrial permet diferenciar les prioritats a curt i llarg termini, i serveix de base per a la prioritització del full de ruta.

A curt termini (2030), les opcions més favorables són aquelles amb elevada maduresa tecnològica, inversions moderades i baixa dependència d'infraestructures externes. Destaquen les mesures d'eficiència energètica, l'autogeneració fotovoltaica i l'electrificació o el canvi de combustible en processos de baixa i mitjana temperatura. Tot i que el seu potencial de reducció global és més limitat, presenten una bona relació cost-impacte i un risc reduït.

A llarg termini (2050), les tecnologies amb més potencial de descarbonització com l'electrificació de forns d'alta temperatura, l'ús d'hidrogen renovable i la captura de CO₂ milloren la seva valoració. Aquest canvi respon principalment a tres factors: l'augment del nivell de maduresa tecnològica (NMT), la progressiva descarbonització del sector elèctric i el

desplegament d'infraestructures facilitadores (xarxes elèctriques reforçades, producció i distribució d'hidrogen, infraestructures de transport i emmagatzematge de CO₂). Així, tecnologies que el 2030 tenen limitacions tècniques, econòmiques o d'infraestructura esdevenen opcions més viables i competitives el 2050, en un context sistèmic més favorable per a la seva implantació.

7.3. Desenvolupament estratègic

Un cop plantejades les estratègies per fer front a la descarbonització del sector industrial, avaluades les seves característiques i prioritzades segons els criteris establerts, cal definir de manera clara com es desenvoluparà el full de ruta per satisfer els objectius de descarbonització definits.

En primer lloc, es presenta una visió global de les estratègies de descarbonització principals del sector industrial, amb un enfocament transversal als diferents sectors que conformen la indústria catalana.

Tal com s'ha exposat als apartats anteriors, la indústria engloba una elevada diversitat de processos productius, requisits energètics i fonts d'emissió. Aquesta heterogeneïtat implica que no existeixi una única via de descarbonització, sinó que calgui combinar diferents estratègies en funció de les característiques tècniques de cada procés. Tot i això, és possible establir una seqüència general d'actuació que prioritza les mesures més madures, amb més potencial de reducció d'emissions i d'aplicabilitat transversal.

En una primera fase, les actuacions d'eficiència energètica esdevenen l'eix vertebrador de la descarbonització industrial, ja que permeten reduir la demanda energètica independentment del vector energètic utilitzat o del tipus de procés. De manera complementària, el desplegament de l'autoconsum renovable en els emplaçaments industrials contribuirà tant a reduir els costos energètics com a facilitar l'electrificació progressiva dels processos.

A curt i mitjà termini, l'electrificació dels processos de baixa i mitjana temperatura representa una de les oportunitats principals de reducció d'emissions, atesa la disponibilitat creixent de tecnologies comercialment madures. Paral·lelament, serà necessari avançar en la substitució progressiva dels combustibles fòssils per fonts energètiques alternatives d'origen renovable, especialment en els processos en què l'electrificació no sigui encara tècnicament viable.

En els processos industrials d'alta temperatura, la transformació serà previsiblement més gradual. L'electrificació directa anirà adquirint un paper cada vegada més rellevant a mesura que evolucionin les tecnologies i es reforcin les infraestructures elèctriques, mentre que altres vectors energètics renovables, com l'hidrogen, podran constituir una alternativa en determinades aplicacions específiques en què les necessitats de temperatura, flexibilitat o característiques del procés ho requereixin.

Un dels principals reptes de la descarbonització industrial continua sent la reducció de les emissions de procés, presents en sectors com el ciment, el químic, el vidre, la siderúrgia o altres indústries de processos minerals. En aquests casos, la prioritat ha de continuar sent la reducció de les emissions des del seu origen, mitjançant la transformació dels processos productius, la substitució o optimització de les matèries primeres, l'increment de la circularitat dels materials i el desenvolupament de nous processos industrials. Tot i això, l'estat actual del desenvolupament tecnològic fa preveure que aquestes actuacions, per si soles, difícilment permetran eliminar completament les emissions de procés dins de l'horitzó temporal analitzat.

Per aquest motiu, la captura, ús i emmagatzematge de carboni (CCUS) es considera una estratègia complementària destinada exclusivament a abordar les emissions residuals més difícils de reduir. Tanmateix, la seva implantació no es planteja com una actuació viable a curt termini, atès que aquestes tecnologies presenten encara incerteses tècniques, econòmiques, energètiques i reguladores importants, especialment en relació amb el seu desplegament a gran escala en el context industrial català. En els pròxims anys, la prioritat hauria de centrar-se en el desenvolupament d'estudis específics, anàlisis de viabilitat i projectes pilot que permetin avaluar el potencial real de la captura de CO₂, sense descartar, alhora, el desenvolupament d'altres alternatives tecnològiques que en el futur puguin reduir o eliminar aquestes emissions sense necessitat de recórrer a la captura.

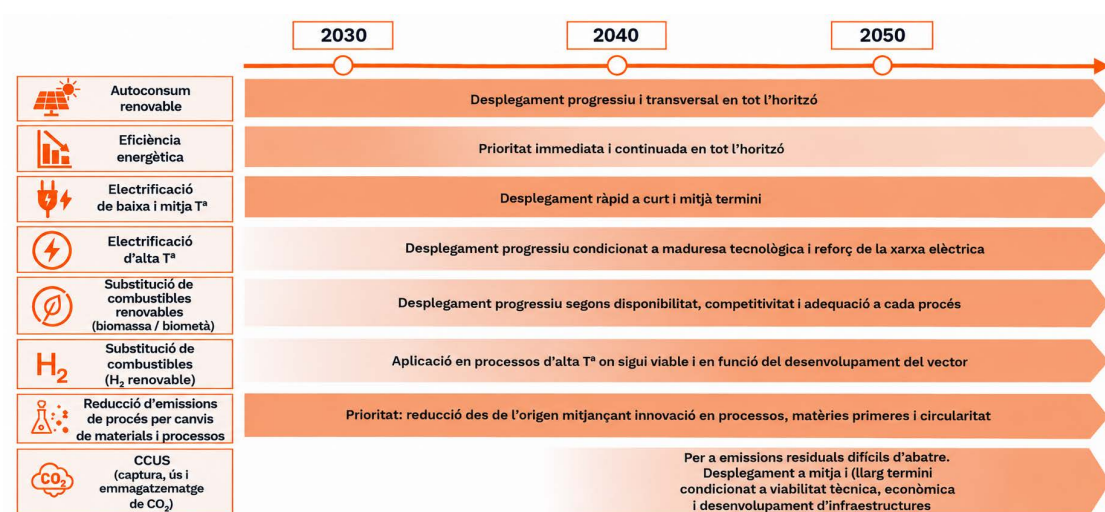


Figura 29. Estratègia global de descarbonització. Font: elaboració pròpia.

La **figura 29** resumeix aquesta visió estratègica global i mostra l'evolució temporal de les diferents línies d'actuació i el seu paper esperat en el procés de descarbonització del conjunt del sector industrial fins a l'horitzó 2050.

De manera transversal a totes aquestes estratègies, serà imprescindible desplegar les infraestructures facilitadores necessàries per fer possible aquesta transformació, especialment el reforç de les xarxes elèctriques als polígons industrials, el desenvolupament d'infraestructures per als combustibles renovables i, en un horitzó més llunyà i sempre condicionat als resultats dels estudis de viabilitat, les infraestructures necessàries per al transport, ús i eventual emmagatzematge del CO₂. En els apartats següents es desenvolupen aquestes mesures facilitadores.

7.4. Mesures de suport econòmic directe

Tot i que és previsible que els diferents subsectors industrials implantin progressivament part de les mesures proposades, sigui perquè resultin econòmicament rendibles o perquè coincideixin amb la renovació d'equips al final de la seva vida útil, hi ha diverses barreres, principalment de caràcter econòmic, que en poden dificultar el desplegament.

A més de l'anterior, es té molt present que la transició energètica i el procés de descarbonització han de suposar una oportunitat per al teixit empresarial i industrial per guanyar valor i incrementar la seva competitivitat.

Així, d'una banda, caldrà afrontar mesures per limitar l'endeutament a l'hora de fer front a inversions inicial elevades. Per exemple, projectes com la substitució de fonts energètiques fòssils en processos tèrmics d'alta temperatura per alternatives basades en electricitat comporten costos inicials significatius que poden limitar la capacitat d'inversió de les empreses.

D'altra banda, algunes mesures presenten una competitivitat econòmica insuficient en les condicions actuals de mercat. Això es reflecteix en costos de reducció positius, és a dir, situacions en què la reducció d'una tona de CO₂ implica un cost net per a l'empresa si es consideren els fluxos de caixa al llarg de la vida útil de la tecnologia, aspecte que pot afectar la competitivitat del sector.

En vista de l'anterior, s'ha establert, com a criteri general per mantenir la competitivitat de les mesures, el desplegament de mesures de suport financer públic per tal que les actuacions proposades presentin, com a mínim, per a la indústria un valor actual net (VAN) igual a zero, tenint en compte una taxa interna de retorn del 5 %. Aquests llindars permeten identificar i quantificar de manera objectiva les propostes que, tot i ser tècnicament factibles i ambientalment necessàries, no resulten prou competitives des d'un punt de vista financer en l'escenari actual.

En aquests casos, serà necessari impulsar instruments de suport específics per reduir aquestes barreres i facilitar l'assoliment dels objectius establerts en el full de ruta.

Tot i que aquests instruments poden ser diversos i molt adaptats a les característiques de cada actuació, a continuació se'n defineixen els més genèrics i transversals.



Figura 30. Llista de mesures de suport econòmic a la descarbonització al sector industrial. Font: elaboració pròpia.

No és voluntat d'aquests plans definir de manera exhaustiva les característiques exactes de cadascuna d'aquestes mesures, però sí que es pretén identificar els àmbits en els quals el desenvolupament de cadascun dels instruments anteriors serà necessari i identificar, de manera aproximada, quins instruments particulars es poden proposar, aspecte que es mostra dins cadascun dels plans de descarbonització sectorial.

7.5. Mesures de suport tècnic

L'assoliment dels objectius de descarbonització del sector industrial no depèn exclusivament de la decisió d'inversió empresarial. Més enllà de les barreres econòmiques identificades en les diferents estratègies, també existeixen barreres de caràcter tècnic i estructural que caldrà superar per garantir el desplegament efectiu de les tecnologies prioritzades.

En particular, actuacions com l'electrificació d'alta temperatura, l'ús d'hidrogen renovable o el desenvolupament de solucions de captura i gestió de CO₂ (CCUS) requereixen infraestructures energètiques i industrials facilitadores que actualment no estan plenament disponibles a Catalunya.

Per aquest motiu, es defineix un eix transversal de preparació del sistema que recull el conjunt de mesures facilitadores en l'àmbit tècnic necessàries per eliminar aquestes limitacions i permetre l'assoliment dels objectius establerts en el full de ruta.

Alhora, mesures de suport a la recerca per a les tecnologies i els processos identificats com a necessaris per a la descarbonització, però encara en un estadi prematur de maduresa tecnològica, com també mesures de difusió i capacitat en l'ús de les que sí que estan plenament desenvolupades seran fonamentals per assegurar el seguiment del pla definit.

A continuació, es presenta un resum de les mesures més transversals i destacades.

MESURES DE SUPORT TÈCNIC A LA DESCARBONITZACIÓ

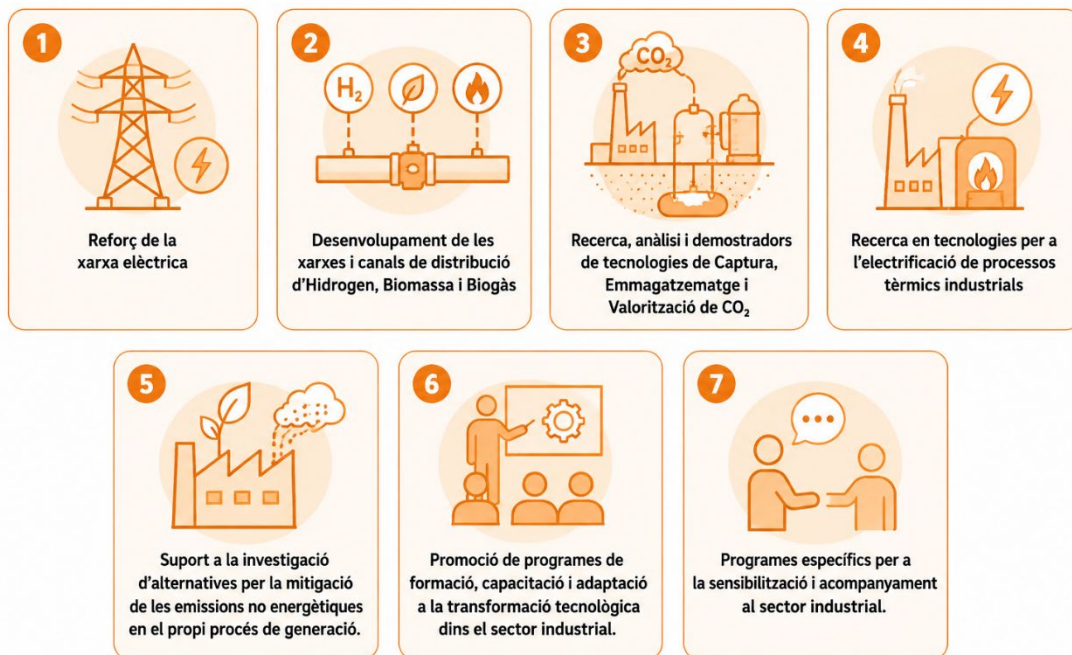


Figura 31. Llista de mesures de suport tècnic a la descarbonització al sector industrial. Font: elaboració pròpia.

El desplegament de les mesures anteriors, tant tècniques com econòmiques, ha d'anar acompanyat de mesures de tipus administratiu que garanteixin, per una banda, el desenvolupament normatiu necessari i, per l'altra, una agilització dels processos administratius per permetre que les actuacions es puguin desenvolupar sota un marc jurídic estable i àgil.

7.6. Full de ruta de descarbonització

D'acord amb l'anàlisi desenvolupada en els apartats anteriors, a continuació es presenta un esquema integrat que sintetitza les estratègies tecnològiques prioritzades, així com el conjunt de mesures tècniques facilitadores necessàries per fer-ne viable la implementació.

Aquest esquema reflecteix la interrelació entre el desplegament de tecnologies de descarbonització i els instruments de suport associats, i configura un marc coherent d'actuació per assolir els objectius establerts per als horitzons 2030 i 2050.

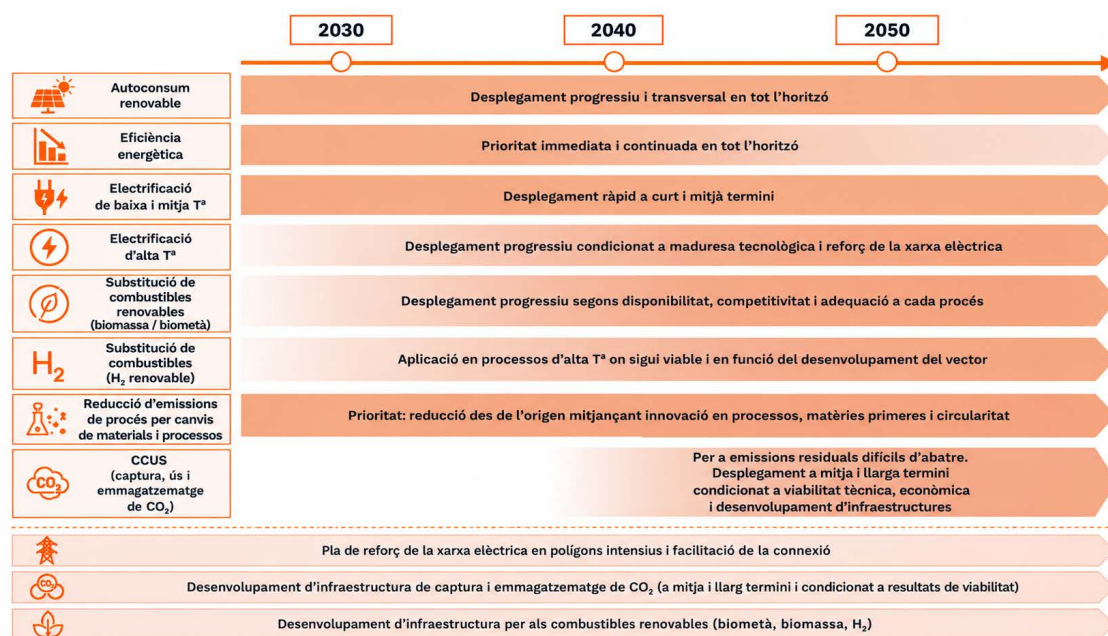


Figura 32. Visió global del full de ruta per a la descarbonització del sector industrial. Font: elaboració pròpia.

8. Impacte esperat i sistemes de seguiment

8.1. Context i hipòtesis prèvies

Cal destacar, en primer lloc, que les anàlisis i els resultats que es mostren a continuació s'han fet considerant un context de reindustrialització a Catalunya, amb un augment generalitzat de l'activitat productiva dels diversos sectors industrials estudiats.

Atès que no existeixen projeccions oficials de producció física per a cadascun dels subsectors, s'ha pres com a referència l'escenari de reindustrialització plantejat a la PROENCAT 2050, que preveu un increment del pes de la indústria dins de l'economia catalana i un creixement del valor afegit brut (VAB) industrial superior al del conjunt de l'economia. Tanmateix, atès que l'evolució del VAB no és directament extrapolable a la producció física, s'ha desenvolupat una hipòtesi pròpia d'evolució de l'activitat industrial, alineada amb els objectius de reindustrialització de Catalunya i de la Unió Europea.

En aquest sentit, s'ha assumit un creixement moderat de l'activitat industrial durant el període 2023-2030, amb increments compresos entre el 3 % i el 10 %, en funció del subsector. Per al període 2030-2050, s'ha considerat una diferenciació més gran entre activitats, amb increments situats entre el 10 % i el 60 %, atenent el potencial de creixement associat als processos de reindustrialització, l'autonomia estratègica europea, la transició energètica i l'evolució prevista de la demanda.

Els valors concrets d'augment sectorial de l'activitat varien en funció del subsector i els seus valors específics es troben reflectits dins els documents de plans subsectorials.

8.2. Estalvis energètics i reducció d'emissions agregats

D'acord amb el nivell d'implantació de les tecnologies definit per a cada sector, s'han estimat els estalvis energètics i les reduccions d'emissions associades al conjunt del sector. En aquest apartat es presenta, en primer lloc, una visió agregada de l'impacte de les diferents estratègies sobre el consum d'energia i les emissions de gasos d'efecte hivernacle.

En el context de reindustrialització plantejat, el consum energètic total pot mostrar una tendència moderadament creixent, mentre que les emissions globals es redueixen de manera significativa, especialment a llarg termini, gràcies a la descarbonització de la matriu energètica i a la incorporació de solucions específiques per a les emissions de procés.

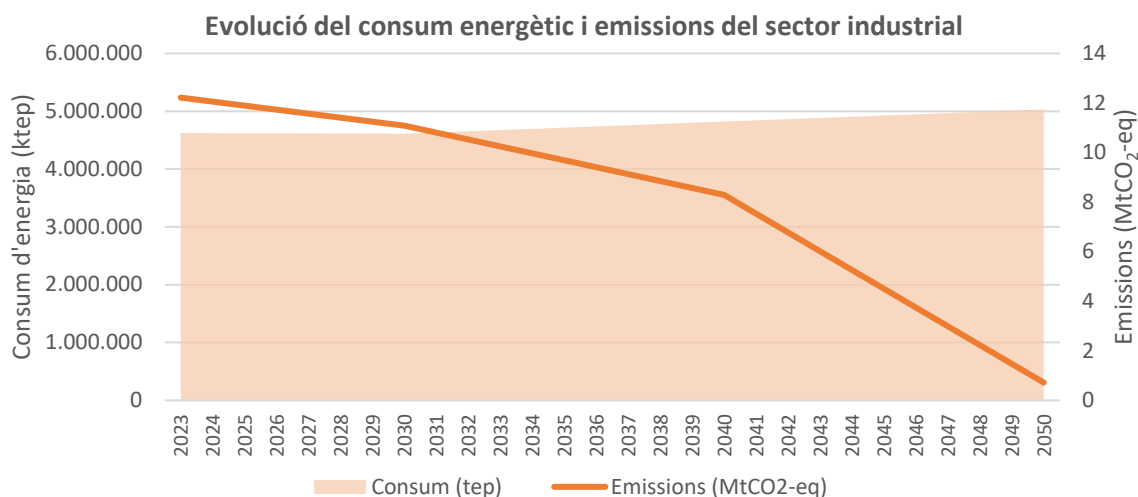


Figura 33. Evolució del consum energètic i les emissions del sector industrial. Font: elaboració pròpia¹⁹.

Tot i l'augment del consum energètic, per poder observar la millora de l'eficiència energètica de la proposta, cal analitzar l'evolució del consum específic, entès com la quantitat d'energia necessària per produir una tona de producte.

La **figura 34** mostra una tendència en la reducció del consum específic d'energia per unitat produïda, i reflecteix l'efecte combinat del creixement de la producció i de les millores d'eficiència derivades de la descarbonització.

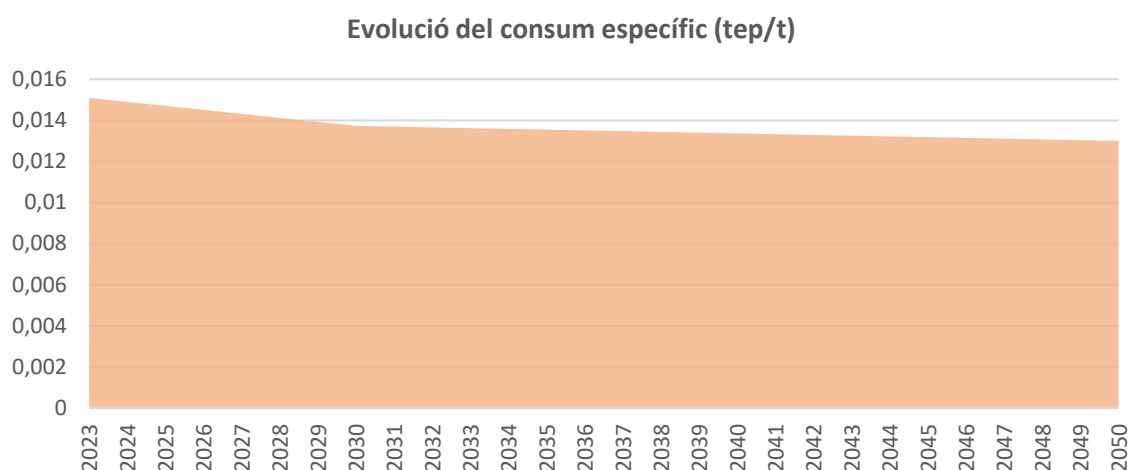


Figura 34. Consum específic d'energia en tones equivalents de petroli per tona de material produït. Font: elaboració pròpia.

Finalment, per entendre l'evolució completa del perfil energètic del sector industrial, es mostra la desagregació del consum energètic anterior segons la seva font energètica en l'horitzó 2030-2050.

¹⁹ Als efectes d'aquest apartat 8.2 i per facilitar la visualització de l'impacte de la reducció d'emissions sobre la indústria, s'han exclòs dels gràfics les emissions de la categoria «altres emissions no energètiques» associades al sector del tractament de residus. El tractament d'aquestes emissions s'aborda en el document de full de ruta específic d'aquesta activitat.

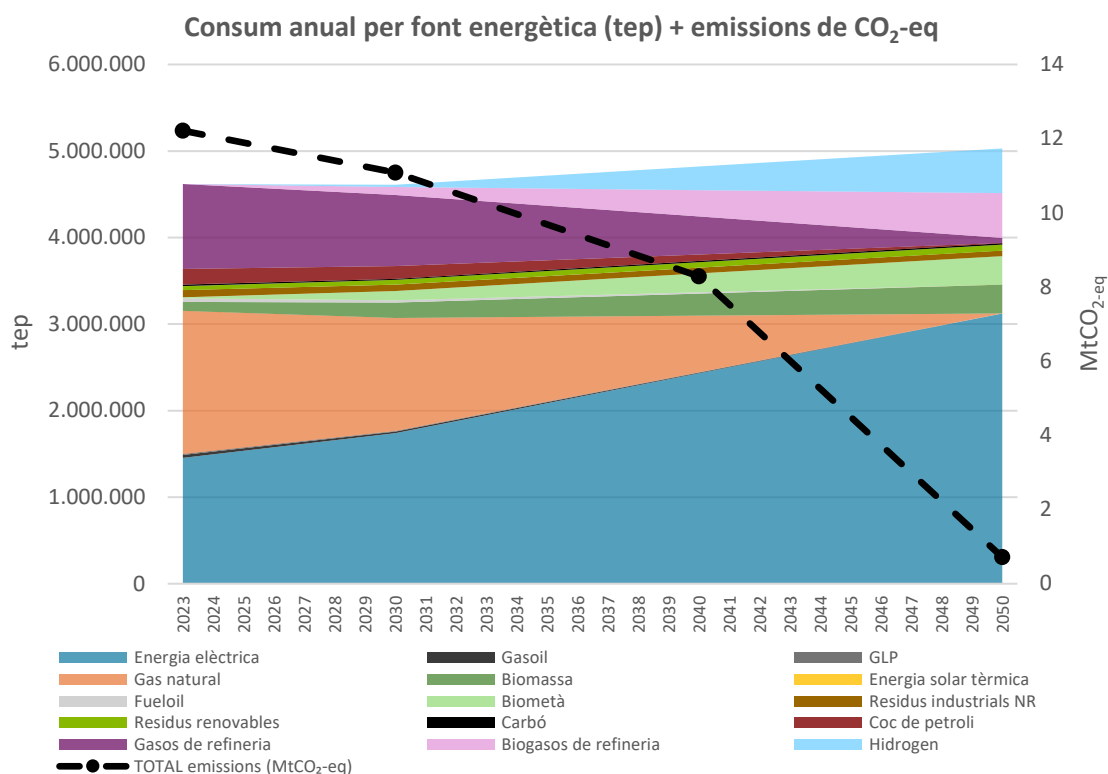


Figura 35. Consum anual per font energètica (tep) i emissions de CO₂-eq en Mt. ²⁰ Font: elaboració pròpia.

L'anàlisi dels resultats anteriors posa de manifest una transformació progressiva de la matriu energètica del conjunt del sector industrial català durant el període 2023-2050. Tal com s'observa a la **figura 35**, es produeix una reducció continuada del consum de combustibles fòssils, especialment del gas natural, que deixa de ser el principal vector energètic a mesura que avança el procés de descarbonització. Paral·lelament, augmenta de forma significativa el consum d'energia elèctrica, que esdevé el vector predominant del sector, com a conseqüència de l'electrificació progressiva dels processos industrials i de la substitució de tecnologies basades en combustibles fòssils.

Al mateix temps, augmenten progressivament altres vectors energètics renovables, com la biomassa i el biogàs (en forma de biometà), o l'hidrogen, a partir de 2030, destinats principalment als processos d'alta temperatura o aplicacions en què l'electrificació directa presenta més limitacions tècniques.

Igualment, alguns combustibles específics, com el coc de petroli, mantenen una presència significativa durant una part de l'horitzó temporal i no s'aconsegueixen eliminar completament el 2050, la qual cosa reflecteix la dificultat de substituir, amb la tecnologia actual, determinats processos industrials intensius en energia. En aquest cas, el carbó i el coc de petroli s'utilitzen en determinats processos siderúrgics en què actuen com a agents reductors, imprescindibles per garantir les propietats metal·lúrgiques del producte final. Tot i que existeixen alternatives potencials, com el biocarbó o altres materials carbonosos d'origen renovable o reciclat, el seu

²⁰ Els valors de consum i emissions de l'any 2023 mostrats en aquest apartat són fruit de la modelització energètica duta a terme. Poden existir diferències poc significatives respecte de les dades estadístiques presentades als apartats inicials, derivades de la mateixa metodologia de càlcul.

nivell de maduresa tecnològica, la disponibilitat i, especialment, la necessitat de garantir la qualitat de l'acer fan que el sector no en prevegi una implantació generalitzada en l'horitzó 2050.

Un altre aspecte que convé destacar és l'evolució en l'ús dels gasos de refineria. Aquí convé destacar que, de cara a la realització d'aquests plans, s'ha treballat sota la hipòtesi que l'activitat de la refinació de petroli evolucionarà cap a un model basat en biorefineries. En aquest model, els gasos de refineria (d'origen fòssil) fan una transició progressiva cap a gasos de refineria que són fruit de processos industrials amb matèries primeres d'origen biològic, els quals anomenem a efectes d'aquest estudi *biogases de refineria*. Així, els gasos de refineria evolucionen progressivament cap a gasos d'origen biogènic a mesura que augmenta el pes de les biorefineries. Paral·lelament, es preveu una reducció gradual del seu ús com a combustible, cosa que n'afavorirà la valorització com a matèria primera per a la producció d'altres productes químics d'alt valor afegit, en línia amb l'evolució prevista del sector petroquímic cap a models de més circularitat i aprofitament dels recursos.

Com a resultat d'aquesta transformació de la matriu energètica i de les actuacions d'eficiència energètica i reducció de les emissions de procés considerades en el model, les emissions totals del sector industrial disminueixen de manera sostinguda al llarg de tot el període analitzat, i passen d'uns 12,21 MtCO₂-eq el 2023 a aproximadament 0,71 MtCO₂-eq l'any 2050.

Aquest petit romanent d'emissions es produeix per quatre causes principals:

- Consum residual de carbó i coc de petroli com a part necessària del procés de fabricació de l'acer.
- Proporció encara fossilitzada dels gasos de refineria el 2050.
- Percentatge d'emissions de procés que no es poden eliminar amb els sistemes de captura (considerada una eficiència en la captura aproximadament del 98-99 %).
- Emissions de GEH degudes a la crema de biomassa i biometà com a combustible.²¹

Aquestes emissions residuals del sector industrial el 2050 podrien arribar a ser absorbides i, per tant, compensades a través dels embornals naturals disponibles a Catalunya, i, per tant, es pot garantir l'objectiu de la neutralitat climàtica en aquest horitzó.

Aquesta evolució evidencia que l'assoliment dels objectius de descarbonització requerirà no només una substitució progressiva dels combustibles fòssils, sinó també una diversificació dels vectors energètics i la incorporació gradual de tecnologies específiques per als processos més difícils de reduir.

8.3. Impacte econòmic

Pel que fa a l'impacte econòmic de la descarbonització, cal considerar que la transició del conjunt del sector industrial cap a processos i tecnologies de baixes emissions comportarà, en una primera fase, un increment tant dels costos d'inversió com, en determinats casos, dels costos operatius. La implantació de mesures d'eficiència energètica, l'electrificació dels processos, la substitució de combustibles fòssils per vectors energètics renovables, la reducció de les emissions de procés i la incorporació de noves tecnologies requeriran importants inversions en equips, infraestructures i adaptació dels processos productius. A més, alguns vectors energètics presenten actualment uns costos superiors als dels combustibles convencionals.

No obstant això, aquesta situació s'ha d'analitzar des d'una perspectiva dinàmica. D'una banda, s'espera una reducció progressiva dels costos de les tecnologies de descarbonització a mesura

21. Les emissions directes de CO₂ degudes a la crema de biomassa i biometà sí que es consideren nul·les (en considerar-se el seu origen biogènic). Tot i així, cal fer l'equivalència a CO₂-eq de la resta de GEH emesos. Aquestes emissions últimes, tot i ser un percentatge molt menor, cal comptabilitzar-les.

que augmenti el seu desplegament, millori la seva maduresa tecnològica i es generin economies d'escala. Així mateix, alguns vectors energètics renovables, especialment l'hidrogen, podrien experimentar una disminució significativa dels seus costos a mesura que es desenvolupin les infraestructures necessàries i s'incrementi la seva producció i demanda. De l'altra, les actuacions d'eficiència energètica, digitalització i optimització dels processos permetran reduir els consums específics d'energia i millorar la productivitat, i, per tant, es compensarà parcialment l'increment dels costos associats a la transició energètica.

Paral·lelament, la descarbonització comportarà beneficis econòmics addicionals derivats d'una menor dependència dels combustibles fòssils i, per tant, d'una menor exposició a la volatilitat dels seus preus. Així mateix, la reducció de les emissions permetrà disminuir progressivament els costos associats al sistema europeu de comerç de drets d'emissió (EU ETS), que previsiblement continuaran incrementant-se durant les pròximes dècades. A aquests beneficis cal afegir-hi una major resiliència davant futures exigències reguladores, així com un millor posicionament competitiu en mercats que demanden productes de menor petjada de carboni.

En conjunt, tot i que la transició comportarà un esforç inversor molt significatiu durant les pròximes dècades, els beneficis associats a més eficiència, menys dependència energètica, reducció dels costos derivats de les emissions i millora de la competitivitat industrial apunten cap a un balanç econòmic progressivament més favorable a mitjà i llarg termini. En aquest context, les polítiques públiques de suport, els mecanismes de finançament i el desenvolupament de les infraestructures energètiques esdevindran factors determinants per facilitar una transició competitiva del conjunt de la indústria catalana.

8.3.1. Costos energètics i d'emissions

En aquest apartat es quantifica l'impacte econòmic associat al consum energètic i a les emissions de CO₂ del conjunt del sector industrial català, a partir dels consums energètics estimats en els diferents sectors industrials i de la seva evolució prevista fins a l'any 2050.

L'anàlisi compara dos escenaris:

- **Escenari descarbonitzat**, que incorpora les mesures de descarbonització definides en els diferents fulls de ruta sectorials, juntament amb l'evolució prevista dels preus energètics, la matriu de generació elèctrica, el preu dels drets d'emissió i el creixement de l'activitat industrial.
- **Escenari base o tendencial**, en què es mantenen les mateixes hipòtesis de context, però sense implementar les mesures de descarbonització.

S'avaluen dos components econòmics principals: els costos derivats del consum energètic (electricitat i combustibles) i els costos associats als drets d'emissió de CO₂, incloent-hi tant les emissions derivades del consum de combustibles com les emissions de procés.

Escenari descarbonitzat

Costos energètics

L'evolució dels costos energètics reflecteix la profunda transformació de la matriu energètica prevista per al conjunt del sector industrial. La progressiva electrificació dels processos industrials i la substitució dels combustibles fòssils comporten una redistribució significativa dels costos entre els diferents vectors energètics.

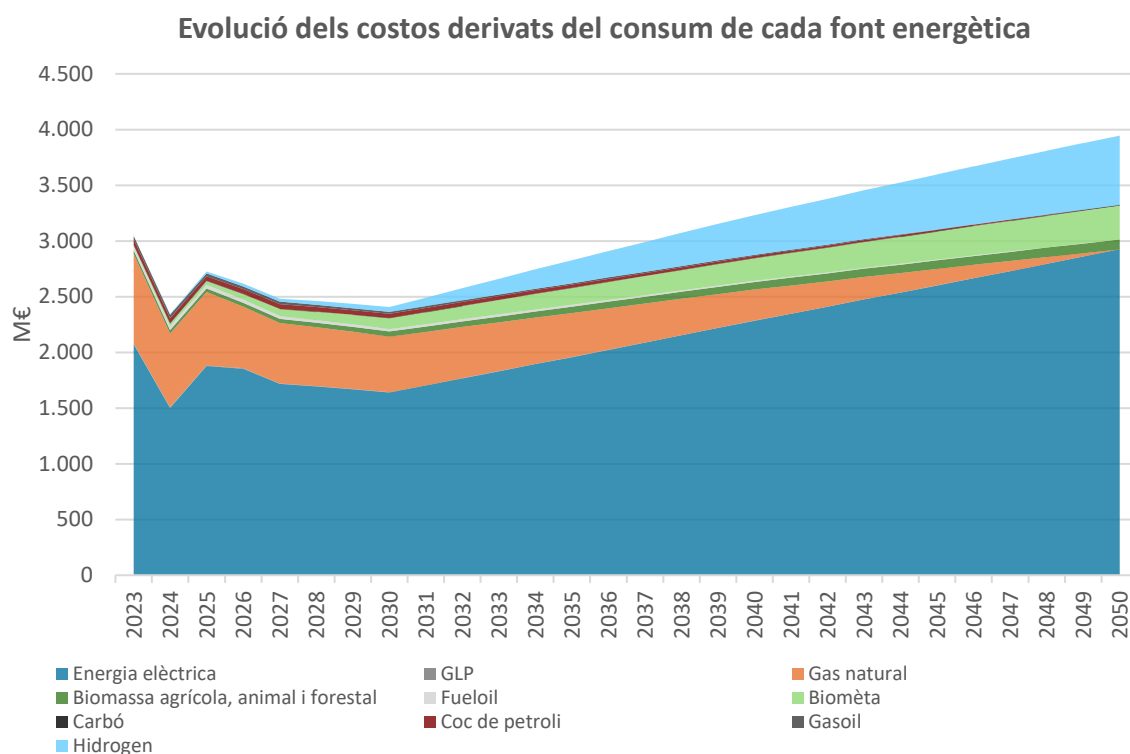


Figura 36. Evolució dels costos energètics per font energètica en el sector industrial en milions d'euros, escenari descarbonitzat. Font: elaboració pròpia.

Tal com mostra la **figura 36**, els costos associats a l'electricitat s'incrementen de manera sostinguda al llarg de tot el període, i esdevenen el component principal del cost energètic l'any 2050. Aquest increment és conseqüència directa de l'electrificació dels processos industrials, que desplaça una part molt important del consum actual de gas natural cap a l'energia elèctrica.

En paral·lel, els costos associats al gas natural disminueixen progressivament a mesura que aquest combustible és substituït per tecnologies electrificades, biomassa, biometà i, en determinats sectors d'alta temperatura, hidrogen renovable. Aquest últim comença a tenir una contribució significativa a partir de la dècada de 2030 i incrementa el seu pes fins a l'horitzó 2050.

En conjunt, encara que es produeix una reducció molt important dels costos dels combustibles fòssils, aquesta reducció es veu parcialment compensada per l'increment dels costos associats a l'electricitat i a la incorporació de nous vectors energètics renovables.

Costos derivats dels drets d'emissió

L'evolució dels costos derivats dels drets d'emissió mostra una reducció significativa respecte de l'escenari actual a conseqüència de la disminució del consum de combustibles fòssils i de la implementació progressiva de tecnologies de captura de carboni en els sectors amb emissions de procés.

Els principals costos continuen associats a les emissions de procés, especialment en sectors com el ciment, la calça, el vidre o determinades activitats metal·lúrgiques. No obstant això, a partir de la implantació dels sistemes de captura de CO₂, aquestes emissions es redueixen de manera considerable i compensen l'increment previst del preu dels drets d'emissió.

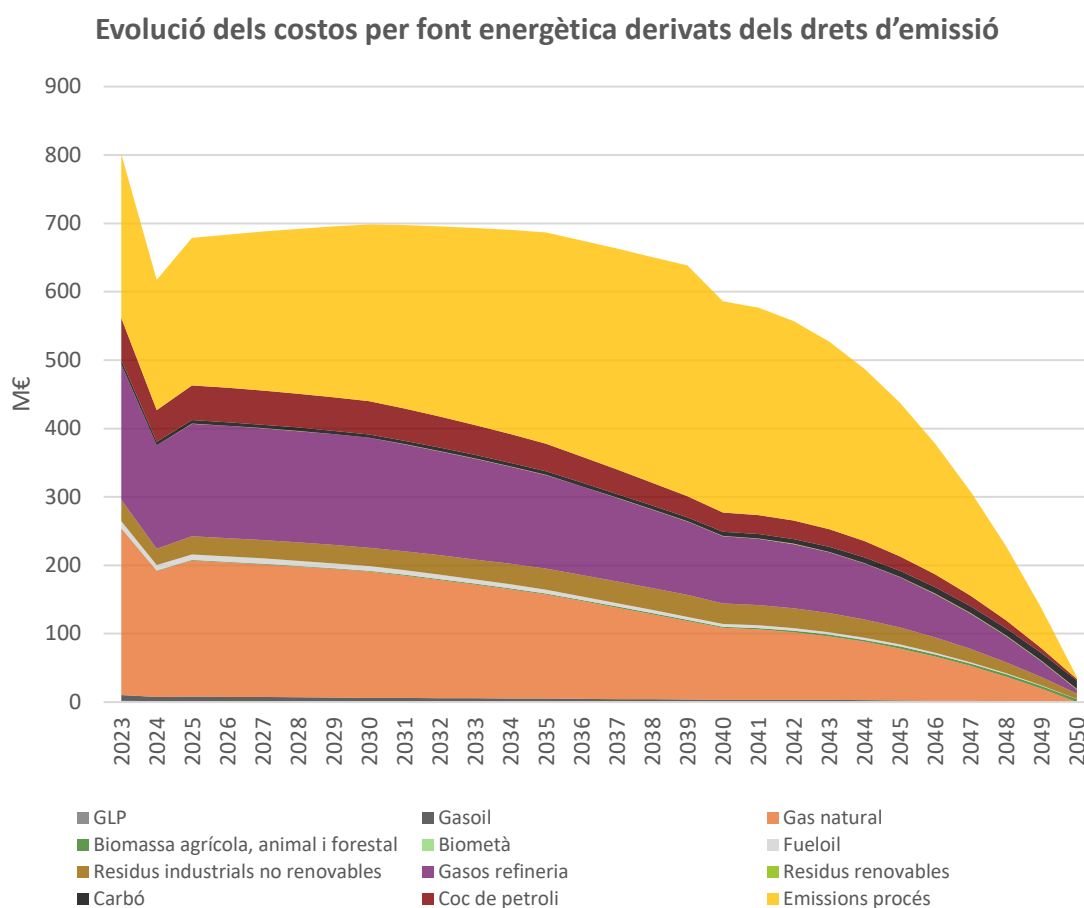


Figura 37. Evolució dels costos associats als drets d'emissió per font energètica al sector industrial (en milions d'euros), escenari descarbonitzat. Font: elaboració pròpia.

Com a resultat, els costos totals associats al carboni van disminuint a mesura que la matriu energètica s'electrifica i el seu factor d'emissió es redueix, i a mesura que es redueixen les emissions de procés.

Cost total de l'energia i drets d'emissió

La suma dels costos energètics i dels costos derivats dels drets d'emissió mostra que la transició energètica implica una modificació important de l'estructura de costos del sector industrial.

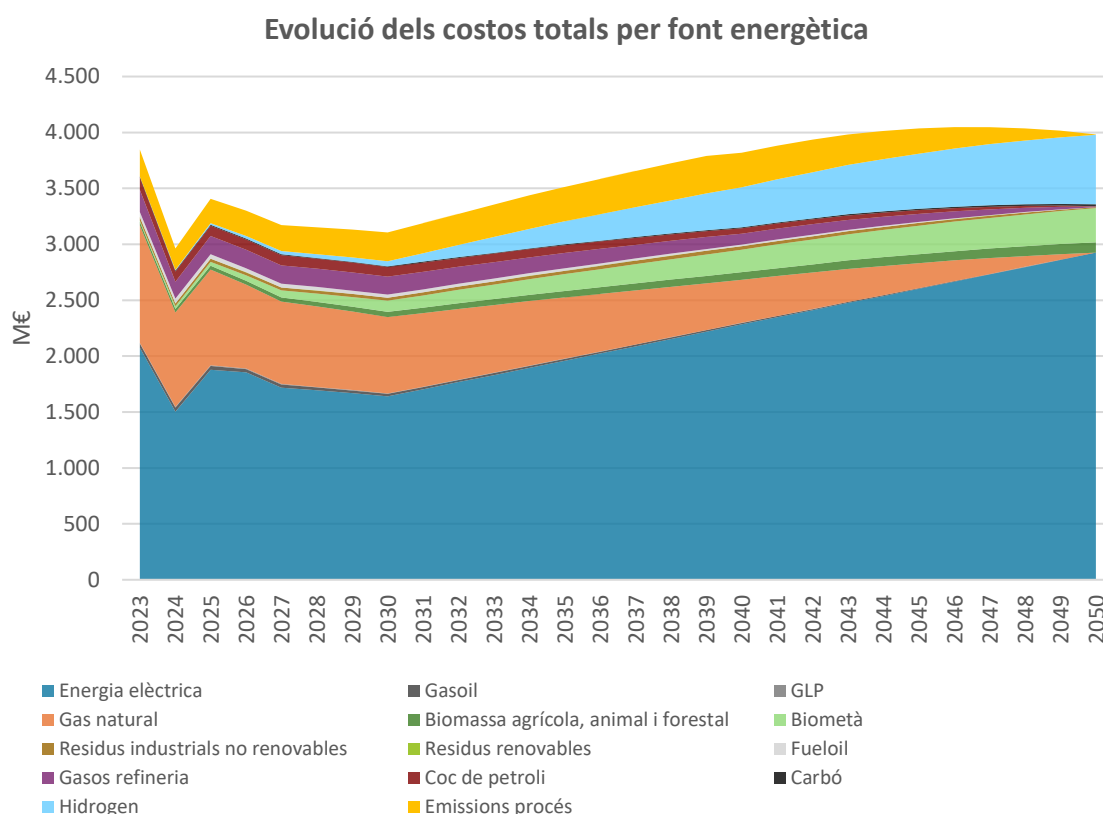


Figura 38. Evolució dels costos associats al consum energètic i als drets d'emissió per font energètica al sector industrial (en milions d'euros), escenari descarbonitzat. Font: elaboració pròpia.

En una primera fase, l'increment dels costos derivats de l'electrificació i de la introducció de nous vectors energètics és compensat només parcialment per la reducció dels costos d'emissió. No obstant això, a mesura que augmenta el preu del carboni i disminueix la dependència dels combustibles fòssils, el sistema esdevé progressivament més competitiu.

Escenari sense descarbonització

En l'escenari tendencial, els costos totals presenten una tendència clarament creixent al llarg de tot el període analitzat.

L'estructura del consum energètic continua fortament dependent del gas natural i dels combustibles fòssils, fet que manté elevats tant els costos energètics com, especialment, els costos associats als drets d'emissió. L'increment progressiu del preu del carboni previst pel sistema europeu ETS provoca que aquests darrers esdevinguin un dels factors principals d'increment dels costos totals a partir de 2040.

Com a conseqüència, els costos totals de l'escenari sense descarbonització augmenten de manera sostinguda fins a l'horitzó 2050.

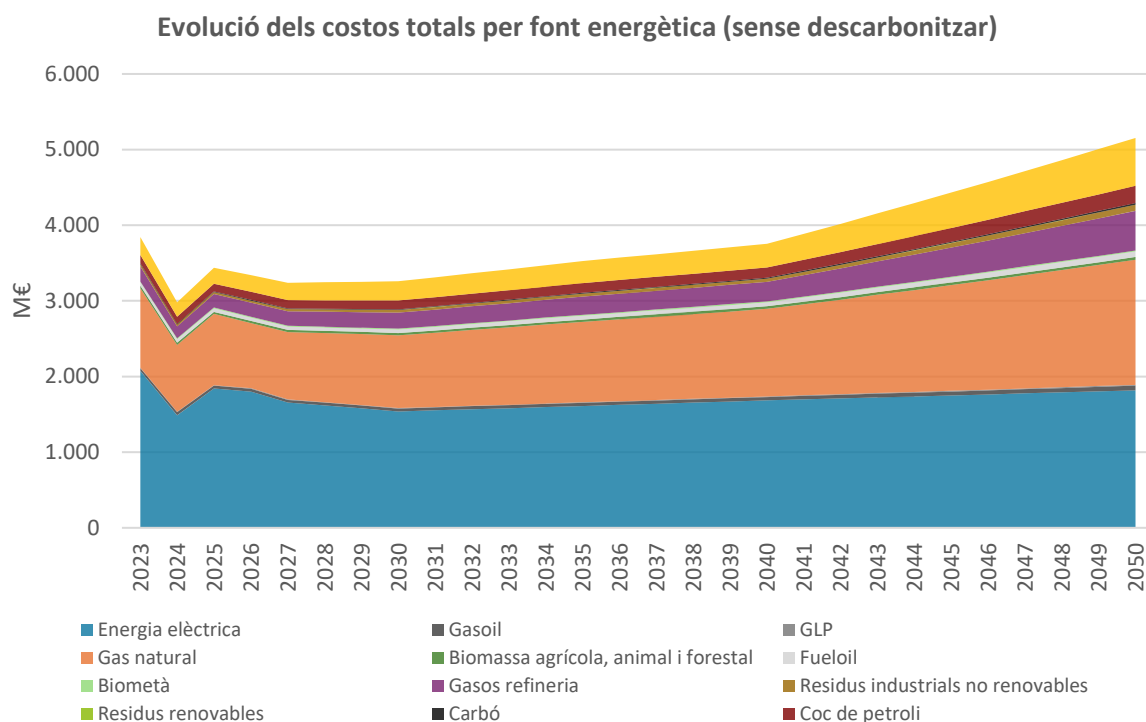


Figura 39. Evolució dels costos associats al consum energètic i als drets d'emissió per font energètica al sector industrial (en milions d'euros), escenari no descarbonitzat. Font: elaboració pròpia.

Comparativa d'escenaris

La **figura 40** mostra la diferència de costos totals entre l'escenari descarbonitzat i l'escenari tendencial (sense descarbonització). Els valors negatius representen estalvis derivats de la descarbonització, mentre que els valors positius indiquen un sobrecost respecte de l'escenari base.

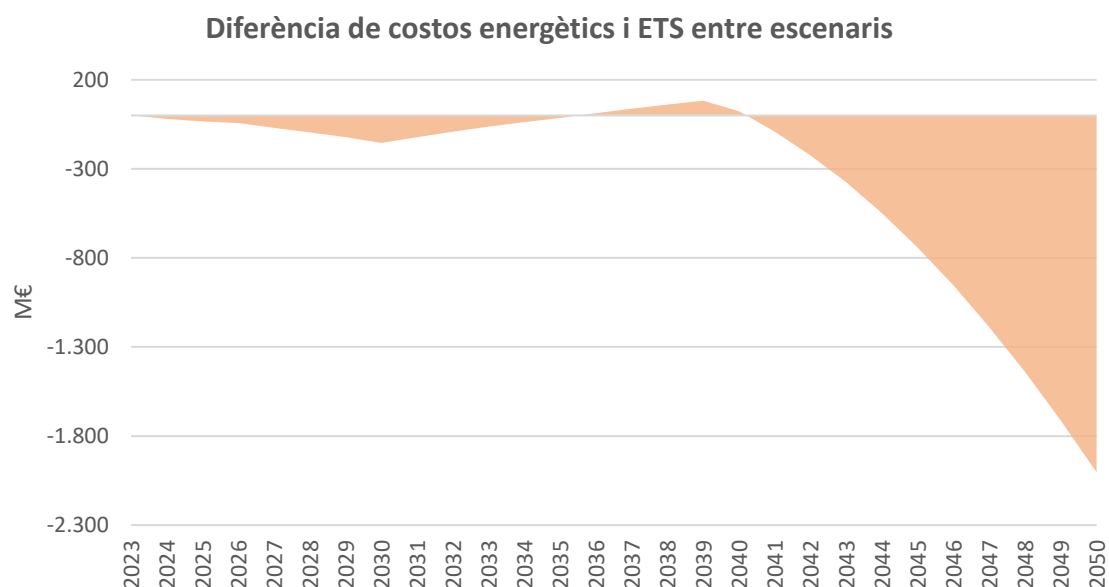


Figura 40. Diferència de costos energètics i de drets d'emissió de l'escenari descarbonitzat respecte de l'escenari no descarbonitzat (milions d'euros). Font: elaboració pròpia.

L'evolució dels resultats presenta tres fases diferenciades. En una primera etapa (2024-2035), la descarbonització genera un estalvi moderat, principalment a conseqüència de la reducció del consum de gas natural i l'estalvi de les emissions que s'han de pagar, que compensa l'increment dels costos associats a l'electrificació dels processos.

A partir de 2036, s'observa un canvi de tendència, i la diferència entre escenaris esdevé progressivament desfavorable fins a assolir el màxim sobrecost al voltant de l'any 2039. Aquest comportament s'explica perquè l'augment dels costos associats a l'energia elèctrica —derivat de la forta electrificació del sector— i la incorporació gradual de l'hidrogen renovable superen els estalvis obtinguts per la reducció del consum de combustibles fòssils i els drets d'emissió associats.

Finalment, a partir de 2041, es produeix un nou punt d'inflexió. L'entrada en funcionament generalitzada de les tecnologies de captura, utilització i emmagatzematge de carboni (CCUS) redueix de manera significativa les emissions de procés i, en conseqüència, els costos associats als drets d'emissió de CO₂. En l'escenari sense descarbonització, aquests costos es continuen incrementant de manera sostinguda, fet que provoca que l'escenari descarbonitzat passi a generar estalvis creixents durant la darrera dècada del període analitzat, i l'any 2050 assoleix prop de **1.200 milions d'euros anuals**.

Cal tenir present, però, que l'exposat anteriorment tan sols és **una anàlisi pel que fa a costos energètics i estalvis per drets d'emissió**. Cal complementar l'anàlisi anterior, doncs, amb una visió més àmplia que tingui en compte també els costos d'adquisició i altres costos d'operació de les estratègies i tecnologies proposades. Aquest aspecte s'analitza en els apartats següents.

8.3.2. Inversions i fons públics necessaris

L'estimació del cost de la descarbonització del sector industrial s'ha fet a partir de les **emissions de gasos d'efecte hivernacle** necessàries.

La metodologia i el càlcul es realitzen de manera subsectorial, segons el nivell 2 de desagregació mostrat als apartats inicials, des d'on es duu a terme un sumatori dels costos obtinguts per a cadascun per obtenir la imatge global que es mostra en aquest apartat.

El primer pas consisteix a estimar l'impacte anual de reducció d'emissions de cadascuna de les estratègies proposades dins el còmput global de reducció d'emissions de cada un dels subsectors. A partir d'aquestes i del cost de reducció de cada una de les estratègies, ja calculat prèviament, s'obté el **cost anual de descarbonització**.

$$Cost\ anual\ de\ descarbonització\ (€) = Cost_reducció\ \left(\frac{€}{tnCO_2}\right) \times Emissions_{evitades}(tnCO_2)$$

A continuació, es fa un sumatori dels costos anuals de descarbonització de totes les estratègies i de tots els anys al llarg del període d'aquests plans. Un cop obtingut el cost total, es torna a periodificar utilitzant un perfil temporal ponderat dels costos (específic de cada subsector). Aquesta distribució pretén representar, de manera simplificada però representativa, els períodes en què els sobre costos derivats del procés de descarbonització seran realment més representatius.

Com s'ha comentat, un cop obtinguts els costos de descarbonització de cadascun dels subsectors per a cada un dels anys, es pot construir l'evolució de costos de descarbonització de tot el sector industrial, el qual es mostra a continuació.

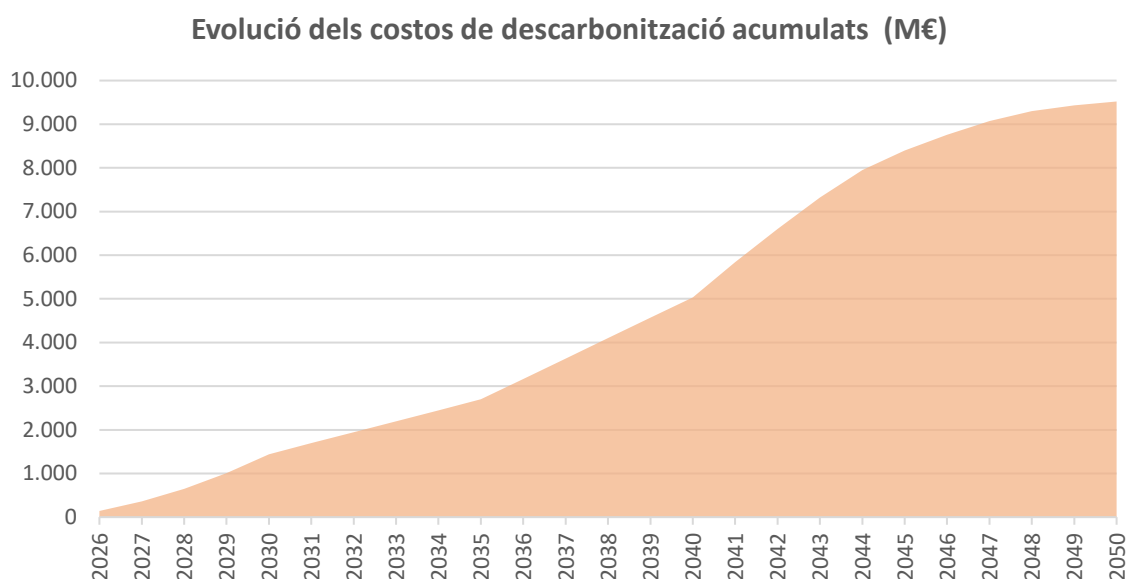


Figura 41. Evolució dels costos de descarbonització anuals i acumulats en l'horitzó 2026-2050.

Font: elaboració pròpia.

Del gràfic anterior es pot extreure que el **cost acumulat de descarbonització del sector industrial en el període 2026-2050 assoleix els 9.500 M€**, i presenta un cost anual mitjà de 350-450 M€ (al voltant de l'1 % del VAB anual de la indústria catalana), una magnitud rellevant però compatible amb una renovació gradual del capital productiu.

Arribats a aquest punt, convé aclarir que els 9.500 M€ estimats no representen la inversió total que caldrà dur a terme en matèria de descarbonització entre 2026 i 2050 al sector industrial, sinó exclusivament el **sobrecost associat a l'adopció de tecnologies i processos de baixes emissions respecte d'un escenari de referència sense descarbonització**, el qual es considera com un indicador força representatiu del sobreesforç econòmic que haurà de fer el sector industrial per poder assolir els objectius de descarbonització.

Així mateix, aquesta estimació no inclou les inversions en infraestructures facilitadores ni altres costos indirectes, com ara el reforç de la xarxa elèctrica, el desplegament de xarxes d'hidrogen, la infraestructura de transport i emmagatzematge de CO₂, ni les actuacions de suport, formació i difusió. L'estimació dels costos indirectes anteriors requereixen anàlisis força més detallades i escapen de l'abast i àmbit d'aquests plans.

La magnitud del sobreesforç econòmic requerit per assolir la descarbonització del sector industrial fa necessari que aquest s'abordi de manera compartida entre el sector públic i el sector privat, especialment durant les primeres fases de la transició. Tot i que una part significativa de les actuacions pot generar retorns econòmics a mitjà termini mitjançant estalvis energètics, reducció dels costos associats a les emissions i millora de la competitivitat, nombroses tecnologies encara presenten costos inicials elevats, períodes de retorn llargs i un nivell de risc que dificulta la seva implantació sense suport públic.

Sobre aquesta base, s'estima que el conjunt del sector industrial català requerirà aproximadament **4.900 milions d'euros de finançament públic** entre 2026 i 2050.

8.4. Impacte en l'activitat industrial

La descarbonització del sector industrial representa una transformació dels processos productius, de les tecnologies emprades i de l'organització del treball. Tot i que l'impacte variarà segons el tipus d'activitat industrial, el principal efecte no s'espera en la transformació progressiva dels perfils professionals, les competències requerides i la manera d'operar les instal·lacions industrials.

La implantació de tecnologies més eficients, l'electrificació dels processos, la digitalització, l'automatització, la integració de sistemes de control avançats i la incorporació de nous vectors energètics comportaran una evolució significativa dels llocs de treball industrials. En aquest context, augmentarà la demanda de perfils vinculats a l'enginyeria de procés, l'electricitat industrial, l'automatització, la instrumentació, la digitalització, la ciberseguretat industrial, la gestió energètica, l'anàlisi de dades i el manteniment predictiu.

Els processos principalment electrointensius requeriran més coneixement dels sistemes de control, la gestió intel·ligent dels equips, els sistemes de monitoratge energètic i la flexibilitat de la demanda. Paral·lelament, els processos tèrmics de baixa i mitjana temperatura evolucionaran cap a tecnologies amb un major grau d'electrificació, recuperació de calor i integració energètica, fet que incrementarà la necessitat de perfils especialitzats en sistemes tèrmics avançats, bombes de calor industrials, xarxes de calor i optimització energètica.

En els sectors amb processos d'alta temperatura, la transformació tecnològica serà previsiblement més gradual. La incorporació progressiva de nous combustibles, sistemes híbrids, nous equips o modificacions dels processos productius comportarà una evolució dels perfils actuals més que no pas la seva desaparició. En aquests àmbits, els coneixements sobre combustió industrial, control de procés, seguretat, manteniment i operació continuaran sent essencials, però hauran d'adaptar-se a noves tecnologies i nous vectors energètics.

De manera transversal, la digitalització de la indústria impulsarà una major demanda de perfils capaços d'integrar coneixement industrial amb competències digitals. Els sistemes de supervisió en temps real, els bessons digitals, la intel·ligència artificial aplicada a la producció, el manteniment predictiu o la gestió energètica avançada requeriran professionals amb una elevada capacitat d'anàlisi de dades i de gestió integrada dels processos.

Evolució qualitativa de l'ocupació

La transició cap a una indústria descarbonitzada no apunta, en termes generals, a una reducció significativa del nombre de persones ocupades, sinó a una modificació del mapa competencial de la indústria catalana. És previsible una disminució progressiva de les tasques més manuals o repetitives, especialment les associades a l'operació convencional dels equips, compensada per un increment de les funcions de supervisió, control, manteniment especialitzat, optimització de processos i gestió energètica.

En paral·lel, es preveu un augment de la demanda de perfils tècnics i d'enginyeria relacionats amb l'electricitat industrial, l'automatització, la robòtica, la instrumentació, la digitalització, les comunicacions industrials, la integració IT/OT, la ciberseguretat industrial i la sostenibilitat. També adquiriran més rellevància les funcions relacionades amb la contractació energètica, la flexibilitat de la demanda, la participació en mercats energètics, la gestió dels certificats ambientals i la planificació estratègica de la descarbonització.

Al mateix temps, les polítiques d'economia circular poden generar noves oportunitats d'ocupació vinculades a la reutilització de materials, la preparació per a la reutilització, el reciclatge, la logística inversa, la valorització de subproductes i la simbiosi industrial, ampliant la cadena de valor més enllà del procés productiu tradicional.

Col·lectius potencialment vulnerables i transició justa

Els col·lectius potencialment més exposats són els col·lectius amb perfils molt especialitzats en tecnologies convencionals que no evolucionin al mateix ritme que els processos industrials. Aquesta situació pot afectar especialment professionals amb una elevada especialització en sistemes de combustió convencionals, operació manual de processos o manteniment de tecnologies que perdin pes progressivament.

Per aquest motiu, la transició industrial hauria d'anar acompanyada d'una estratègia específica de requalificació professional, orientada a facilitar la mobilitat interna dels treballadors cap als nous perfils demandats. Aquesta estratègia hauria d'incloure formació en electricitat industrial, automatització, control de processos, gestió energètica, manteniment predictiu, digitalització, anàlisi de dades i seguretat industrial.

Igualment, serà necessari reforçar els mecanismes de col·laboració entre empreses, centres tecnològics, universitats i centres de formació professional per adaptar l'oferta formativa a les necessitats emergents de la indústria.

Els programes públics de suport a la descarbonització haurien d'incorporar, sempre que sigui possible, criteris vinculats a la formació dels treballadors, el manteniment de l'ocupació de qualitat, la igualtat d'oportunitats, la incorporació de talent jove i la promoció de la presència de dones en perfils tècnics i industrials.

Finalment, la competitivitat futura de la indústria catalana dependrà no només de la seva capacitat per incorporar noves tecnologies, sinó també de la seva capacitat per disposar del capital humà necessari per operar-les. En aquest sentit, la disponibilitat de professionals qualificats esdevindrà un dels principals factors facilitadors de la transició industrial, al mateix nivell que el desenvolupament tecnològic o les infraestructures energètiques.

9. Conclusions

La transició energètica i la descarbonització dels sectors econòmics és, sense cap mena de dubte, un repte que requereix els esforços tant de les entitats públiques com privades per fer-hi front i poder assolir els objectius energètics i climàtics establerts per a Catalunya.

Com s'ha vist al llarg del document, la participació del sector industrial és totalment indispensable per a l'assoliment d'aquests objectius de Catalunya. El gran consum energètic del sector, la seva heterogeneïtat de tecnologies i processos, la gran dependència encara en certs sectors dels combustibles fòssils i la presència d'un volum significatiu d'emissions de difícil reducció, entre d'altres, fa que aquest repte sigui, si és possible, encara més important.

Els vint fulls de ruta per a la transició energètica i els plans de descarbonització han permès estudiar de manera exhaustiva i àmplia els processos i les tecnologies utilitzats en els diferents subsectors industrials per, a partir de les seves característiques actuals i futures, establir una senda que permeti donar una orientació clara i estructurada de la seva completa descarbonització.

Les mesures d'eficiència energètica, l'autogeneració renovable i l'electrificació de processos de baixa i mitjana temperatura s'han posicionat de manera transversal com les palanques prioritàries per assolir, a curt termini, un nivell de descarbonització suficient per complir amb els objectius de la transició energètica establerts a la PROENCAT i de la reducció d'emissions de GEH fixats en els pressupostos de carboni.

Contràriament, altres tecnologies que avui dia encara no han assolit, elles mateixes o les infraestructures associades necessàries, nivells de maduresa suficients per poder formar part de l'estratègia a curt termini sí que s'han posicionat com a alternatives possibles per a la descarbonització d'alguns sectors industrials a llarg termini. A aquest efecte, l'electrificació de processos d'alta temperatura o l'ús de combustibles renovables alternatius s'han posicionat com les estratègies que permetran reduccions d'emissions molt significatives a mitjà i llarg termini.

Pel que fa a la reducció de les emissions no energètiques, s'ha constatat la manca de solucions tecnològicament madures que permetin reduir-les de manera generalitzada a través de canvis en el mateix procés o a través de l'ús de matèries primeres alternatives tant a curt com a mitjà i llarg termini. Per aquest motiu, les tecnologies de captura, emmagatzematge i ús de CO₂ s'han posicionat com una solució real per a la mitigació d'aquesta tipologia d'emissions. Malgrat això, també s'ha constatat que, tot i que ja existeixen certes solucions de captura tecnològicament desenvolupades, la seva aplicabilitat a les indústries catalanes i el desenvolupament de les infraestructures de transport, ús i emmagatzematge del carboni capturat presenta encara força incògnites. Per això, es proposa com a mesura prioritària a curt termini el desenvolupament d'accions que permetin aprofundir en l'anàlisi de viabilitat d'aquestes tecnologies a Catalunya.

Davant dels reptes que comporta el desplegament d'aquestes estratègies, aquest document, com també els plans subsectorials respectius, tracten de definir una primera bateria de mesures de tipus tècnic, econòmic i administratiu per poder fer-hi front. El desplegament de mesures financeres que ajudin a afrontar les altes inversions inicials d'algunes de les estratègies i a l'increment dels costos energètics a curt i mitjà termini serà un dels elements clau. Altrament, desenvolupar línies de recerca enfocades a escalar el nivell de maduresa tecnològica de les tecnologies clau per a la descarbonització industrial, com també garantir un acompanyament al sector durant tot aquest període serà fonamental per aconseguir els objectius fixats.

Així doncs, es pretén que tot l'analitzat en el marc d'aquests estudis constitueixi una línia base sòlida sobre la qual tant l'Administració com els sectors puguin desenvolupar estratègies i accions individuals i conjuntes encaminades a dur a terme aquesta transformació del sector industrial tan necessària per assolir els objectius de descarbonització assumits. Així mateix, també es presenta com una oportunitat per reforçar l'ecosistema industrial de Catalunya, crear una nova conjuntura al volant de la transició energètica i millorar-ne la competitivitat.

10. ANNEXOS

10.1. Annex 1. Pressupostos de carboni (2030)

Un dels principals objectius dels plans aquí elaborats consisteix a trobar les estratègies i les mesures necessàries que cal desplegar a curt termini per complir amb els objectius fixats pels pressupostos de carboni 2030.

Com s'ha mencionat a l'inici del document, els pressupostos de carboni 2030 fixen per primer cop un límit màxim d'emissions de gasos d'efecte hivernacle per als diferents sectors econòmics de Catalunya en l'horitzó 2026-2030.

Concretament, per al sector industrial, els pressupostos estableixen la necessitat de reduir, el 2030, el volum d'emissions d'efecte hivernacle en un 55 % respecte del volum d'emissions de l'any 2025. Això es tradueix de manera més efectiva en la definició d'uns límits màxims anuals d'emissions GEH en l'horitzó 2026-2030, els quals es mostren a continuació.

	2026	2027	2028	2029	2030	2026-2030
Emissions GEH (milions de tones de CO₂-eq)	11,8	11,5	11,3	10,9	9,2	54,7

Taula 8. Pressupostos de carboni per a Catalunya 2026-2030. Font: Generalitat de Catalunya.

El compliment dels objectius anteriors s'esdevé tant pel compliment de l'objectiu anual el 2030 (9,2 MtCO₂-eq anuals) com pel compliment de l'objectiu d'emissions màximes acumulades en el període 2026-2030 (54,7 MtCO₂-eq).

Amb l'objectiu de comprovar que el pla aquí desenvolupat satisfà aquest pla, es mostra a continuació un gràfic comparatiu en què se superposen les corbes de reducció d'emissions previstes als pressupostos de carboni amb les extrems dels plans elaborats.²²

22. Cal tenir en compte que la metodologia que segueixen els pressupostos de carboni per fixar les emissions màximes al sector industrial difereix lleugerament del plantejament mostrat als apartats anteriors d'aquest document. Els pressupostos de carboni, per exemple, no imputen les emissions degudes al consum d'energia elèctrica al sector industrial, ho fan al sector de l'energia. Alhora, hi ha alguns sectors considerats aquí dins l'àmbit industrial per les seves característiques que des d'un punt de vista de pressupostos de carboni queden exclosos del sector industrial, com ara el sector residus (objectiu propi), sector energètic (sector energia), sectors de tractament d'aigües i bugaderies (sector serveis). Per l'anterior, els valors mostrats com a emissions dels plans aquí desenvolupats han estat ajustats segons les consideracions anteriors, i algunes addicionals, per tal d'alinear les dues metodologies.

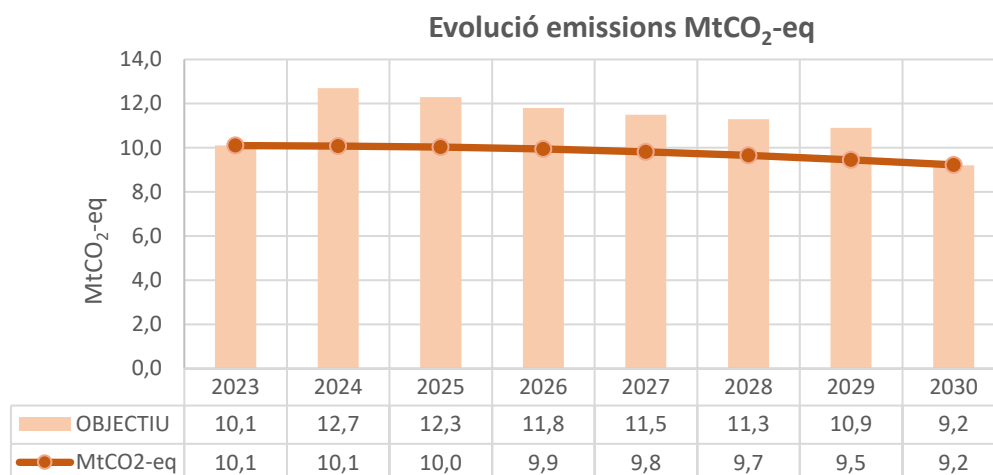


Figura 42. Comparativa de l'evolució de les emissions de CO₂ dels pressupostos de carboni respecte dels plans desenvolupats, en el període 2023-2030. Font: elaboració pròpia.

Com es pot observar al gràfic anterior, prenent un punt de referència comú i amb dades reals (2023), el model mostra una evolució de les emissions amb un perfil similar al descrit pels pressupostos de carboni, però més acotat en els seus valors màxims, i mostra també una tendència clarament descendent a partir de 2026, un cop puguin començar a implementar-se de manera més generalitzada les mesures proposades en aquest pla.

Aquesta tendència, mantinguda fins al 2030, en què el ritme de penetració de les estratègies cada cop és més gran, porta a un escenari en què tant el volum d'emissions el 2030 extret del model com el seu volum acumulat 2026-2030 es troben per sota dels objectius dels pressupostos.

Així doncs, **el pla de descarbonització aquí plantejat permet donar resposta als objectius fixats als pressupostos de carboni**. Aquest fet, però, no ha d'emascarar l'ambició dels objectius fixats i la necessitat de començar a desplegar de manera àgil i eficient totes les accions i mesures pertinents per donar resposta als objectius definits.

10.2. Annex 2. Resums executius subsectorials

A continuació, s'adjunten de manera diferenciada els resums executius de cadascun dels subsectors analitzats sota el nivell 1 de desagregació (desagregació per activitat).

L'objectiu d'aquests resums és poder donar una visió molt resumida de l'estat actual d'aquests subsectors en matèria d'activitat econòmica, consum energètic i emissions, alhora que es defineixen de manera genèrica les estratègies proposades per fer front al procés de descarbonització, com també una imatge de l'evolució del consum energètic en els horitzons 2030-2050.

La imatge completa, detallada i desagregada dels plans de descarbonització sectorials s'inclou en els documents específics que s'elaboren per a cadascun d'aquests subsectors.

Resums executius

Subectors

Químic

Bugaderies industrials

Altres productes minerals no metàl·lics

Transformats del cautxú

Ciment artificial

Cuir i calçat

Energètic

Fusta, suro i mobles

Extractives no energètiques

Indústria diversa

Metal·lúrgia no fèrrica

Paper i cartó

Transformats plàstics

Siderúrgia i foneria fèrrica

Tèxtil i confecció

Tractament d'aigües

Transformats metàl·lics

Vidre

Alimentació, begudes i tabac

Arts gràfiques i edició

Subsector
Químico

Resumen ejecutivo

La indústria química a Catalunya constitueix un dels pilars principals del teixit industrial català, tant per la seva dimensió energètica i econòmica com pel seu caràcter estratègic en múltiples cadenes de valor industrials. El sector proveeix productes, materials i matèries primeres essencials per a activitats com la indústria farmacèutica, l'automoció, l'agroalimentació, la construcció, la cosmètica o els materials avançats, i manté una elevada capacitat d'innovació, internacionalització i generació de valor afegit.

A efectes d'aquest treball, el sector químic s'ha estructurat en tres grans subsectors, que han estat analitzats de manera diferenciada a causa de les seves particularitats productives, energètiques i tecnològiques: **indústries químiques, gasos industrials i fabricació de productes farmacèutics**.

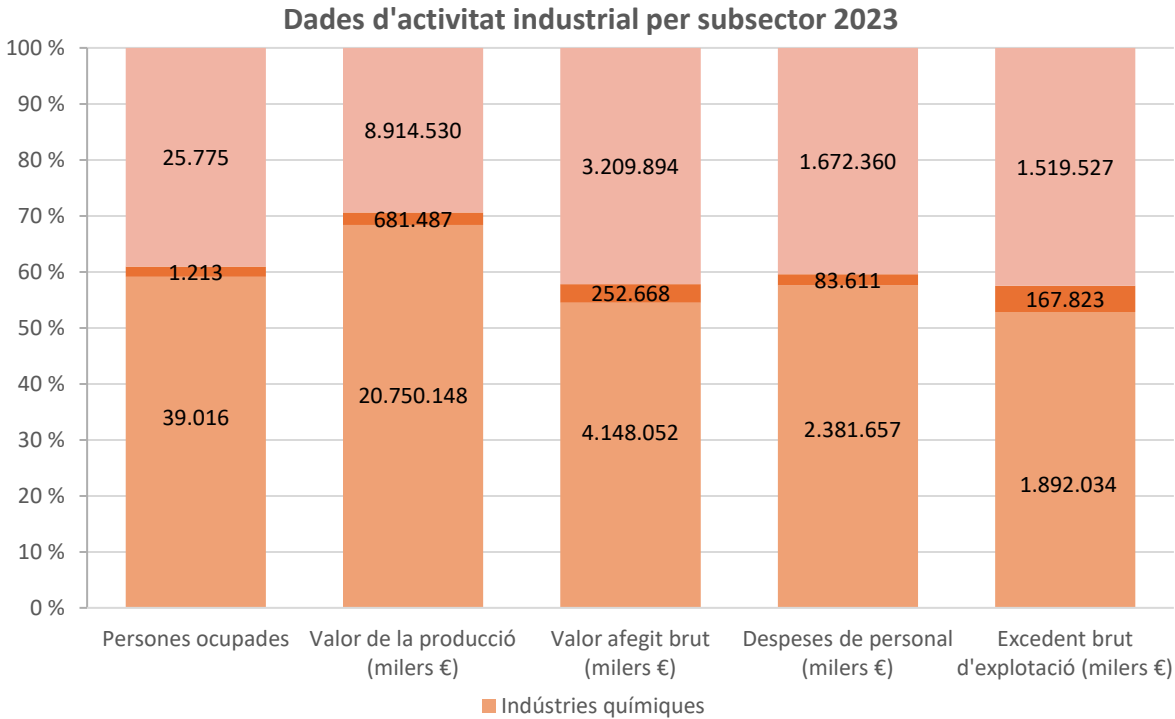


Figura 1. Dades d'activitat industrial per al sector químic, any 2023. Font de dades: IDESCAT, a partir del Directori central d'empreses (DIRCE) de l'INE.¹

El sector químic ocupa, actualment, aproximadament **65.000 treballadors**, repartits en unes **1.100 unitats legals**, i és un sector en què predominen les petites i mitjanes empreses, però també compta amb la participació d'indústries de gran presència i impacte.

El sector químic té una complexitat productiva elevada i engloba una gran diversitat de processos, operacions unitàries i famílies de productes. Tot i aquesta diversitat, els processos representatius del sector poden agrupar-se al voltant d'un conjunt d'etapes comunes, vinculades a la preparació de matèries primeres, la transformació química, les operacions de separació i purificació i el condicionament final dels productes.

1. Font: Estadística estructural d'empreses del sector industrial. Macromagnituds, per agrupacions, 2015-2023. Institut d'Estadística de Catalunya, Idescat. Data de descàrrega del fitxer: 07/10/2025.

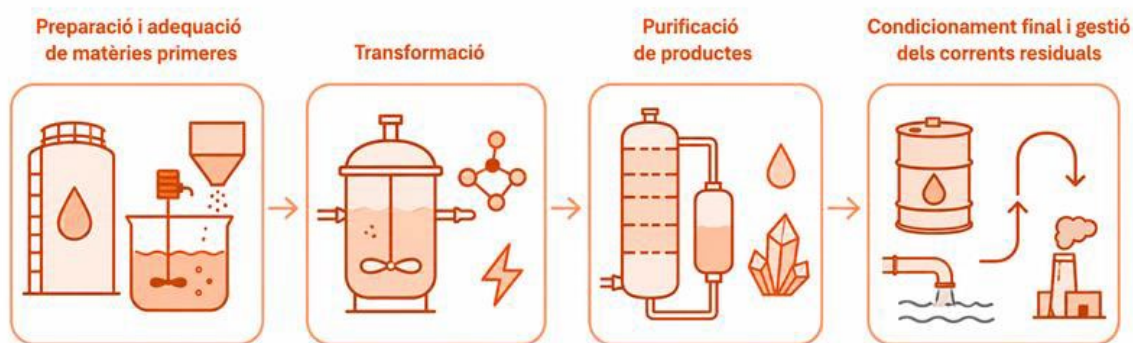


Figura 2. Diagrama dels principals processos i etapes del sector químic .Font: Elaboració pròpia.

Aquests processos necessiten quantitats significatives d'energia tèrmica i elèctrica per assolir les condicions de temperatura, pressió, separació i puresa requerides. Entre les operacions i els processos amb més rellevància energètica destaquen les reaccions químiques endotèrmiques, la destil·lació i altres operacions de separació, la compressió i refrigeració criogènica, la producció d'hidrogen mitjançant reformat de gas natural i els processos de síntesi i purificació farmacèutica.

Actualment, el consum energètic del sector continua fortament condicionat per l'ús de combustibles fòssils, principalment gas natural, especialment en les aplicacions de calor de procés. Paral·lelament, el consum elèctric també té un pes molt rellevant, associat a processos de compressió, refrigeració, bombeig, agitació i separació. Una particularitat d'aquest sector, compartida amb el sector energètic, és l'ús de gasos de refinaria. Es tracta de mescles d'hidrocarburs lleugers (com hidrogen, metà, etilè, propà i butà) que es generen en els processos de refinació que impliquen destil·lació i que s'utilitzen en la mateixa planta com a font d'energia.

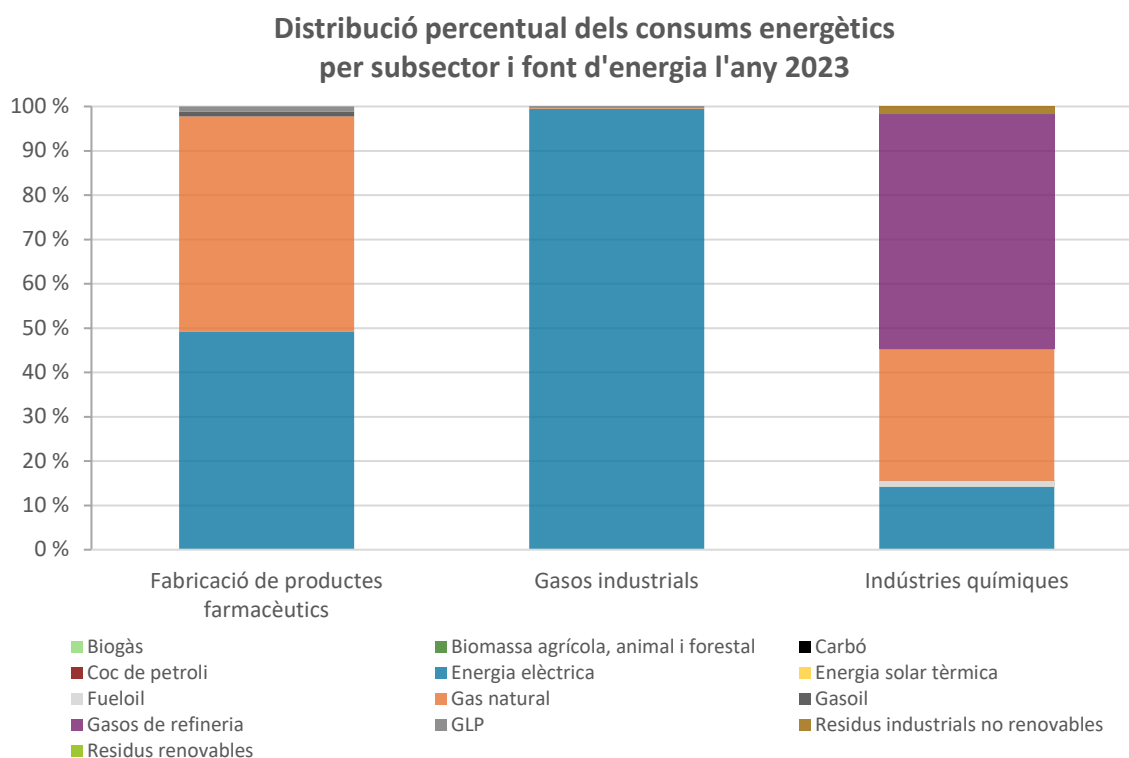


Figura 3. Distribució percentual dels consums energètics per subsector i font d'energia, any 2023. Font: ICAEN.

Aquesta elevada demanda energètica converteix el sector en un dels principals emissors industrials de CO₂ a Catalunya. Les emissions del sector es poden agrupar en dues grans categories: d'una banda, les emissions de combustió, associades al consum de combustibles fòssils per a la generació de calor, vapor o altres serveis energètics; i, de l'altra, emissions de procés, derivades directament de reaccions químiques inherents a determinades activitats productives, les quals, en aquest sector, arriben a representar fins a un **30 %** del total d'emissions.

Aquest segon tipus d'emissions té una rellevància especial en alguns processos químics, ja que no es pot eliminar únicament mitjançant l'electrificació dels consums energètics. Per aquest motiu, la descarbonització del sector requereix una combinació d'estratègies que actuïn tant sobre el consum d'energia com sobre les emissions associades a les pròpies transformacions químiques.

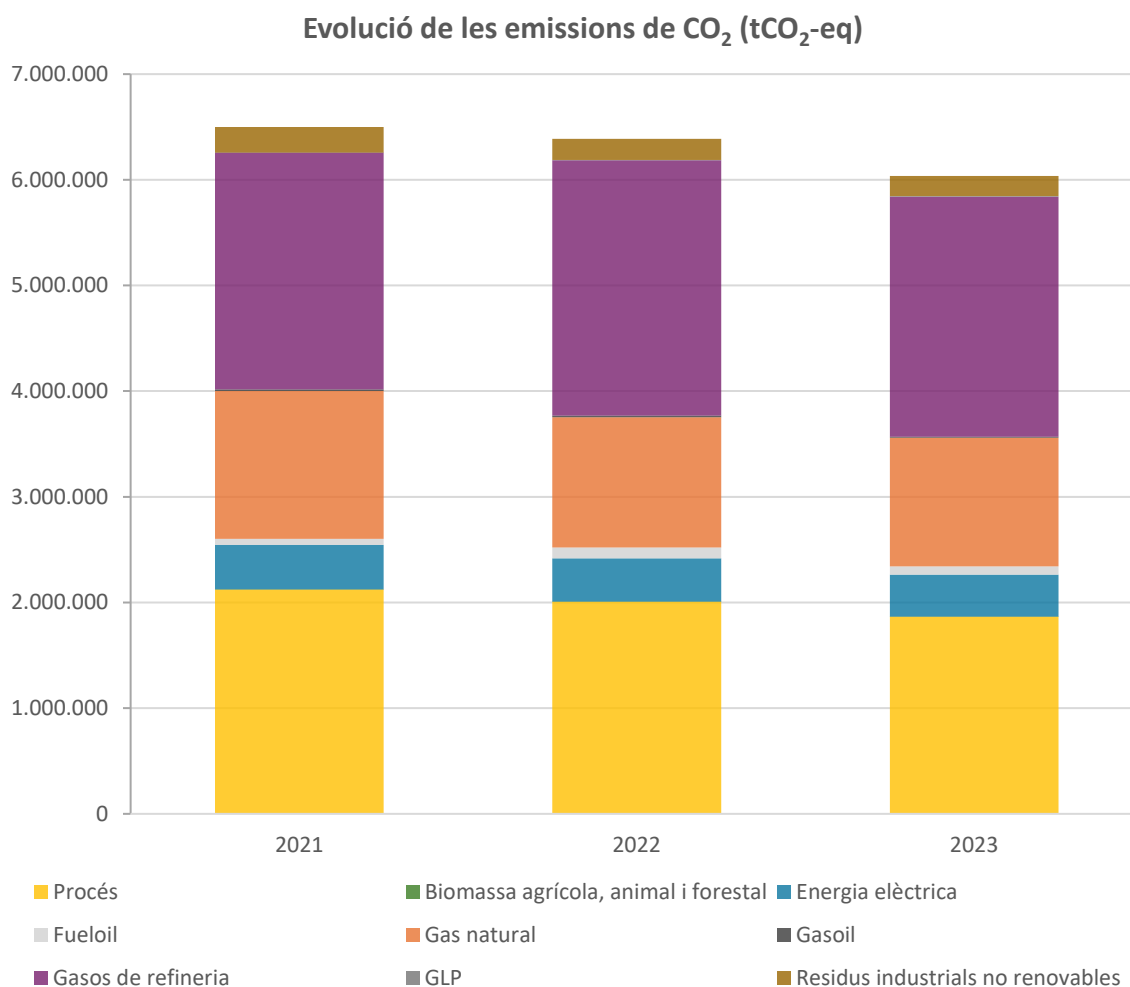


Figura 4. Evolució de les emissions per al sector químic a Catalunya, període 2021-2023. Font: ICAEN i elaboració pròpia a partir de dades de factors d'emissió.

Davant la necessitat d'avançar cap a la neutralitat climàtica l'any 2050, el full de ruta proposa una combinació progressiva d'estratègies tecnològiques i organitzatives. Aquestes estratègies inclouen actuacions d'eficiència energètica i integració tèrmica, electrificació de processos, substitució de combustibles fòssils per vectors renovables, ús d'hidrogen renovable, captura de CO₂, reciclatge químic i circularitat de matèries primeres.

<i>Tecnologies/estratègies</i>	<i>Nivell de maduresa tecnològica (NMT) 2026</i>	<i>Cost de reducció (€/tCO₂)</i>	<i>Estalvi d'emissions (kgCO₂/t producte)</i>
Electrificació de forns de craqueig (craqueig elèctric)	4-6	100-150	1.000-2.000
Producció i ús d'hidrogen renovable en processos químics	7-8	100-150	11.000
Captura, transport i emmagatzematge de CO ₂	8-9	50-90	98-99 % (procés)
Reciclatge químic de residus plàstics (piròlisi/gasificació)	6-8	200-400	Favorable
Integració tèrmica avançada i recuperació de calor	8-9	40-120	Favorable

Taula 1. Avaluació dels paràmetres de nivell de maduresa tecnològica (NMT), cost de reducció i estalvi d'emissions de les estratègies clau proposades. Font: Elaboració pròpia.

De l'avaluació i prioritització d'aquestes estratègies es configura el **full de ruta per a la descarbonització del sector químic**. Aquest full de ruta planteja una transició progressiva que, a curt termini, es basa principalment en la millora de l'eficiència energètica, la recuperació de calor, la integració tèrmica i l'increment de l'electrificació en els processos en què sigui tècnicament viable. A mitjà i llarg termini, la descarbonització requerirà el desplegament de tecnologies més transformadores, com l'ús d'hidrogen renovable, la substitució de matèries primeres d'origen fòssil, el reciclatge químic, la captura de CO₂ i la integració de nous vectors energètics renovables.

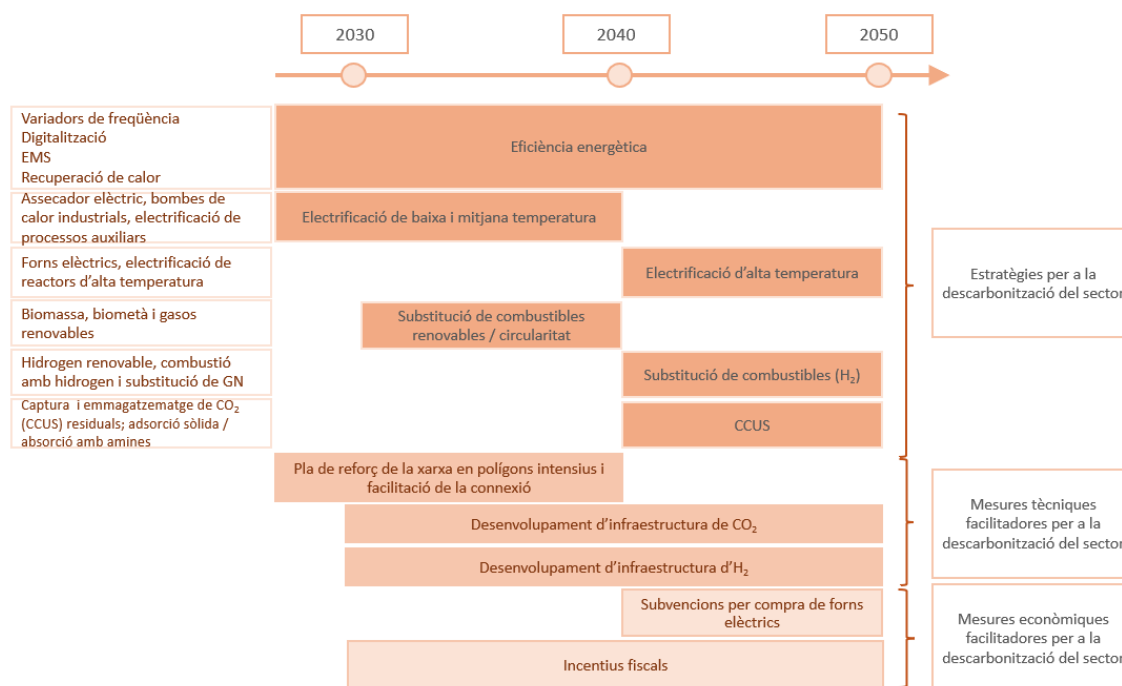


Figura 5. Estratègies i mesures en la configuració del full de ruta proposat per al sector químic. Font: Elaboració pròpia.

L'aplicació d'aquest full de ruta ha de permetre avançar des d'un model actual encara fortament dependent del gas natural i d'altres fonts fòssils cap a un model industrial progressivament electrificat, més eficient, circular i basat en energia i matèries primeres de baixes emissions. Aquesta transició haurà de tenir en compte la diversitat interna del sector, el diferent nivell de maduresa de les tecnologies disponibles i la necessitat de preservar la competitivitat d'una indústria estratègica per al conjunt de l'economia catalana.

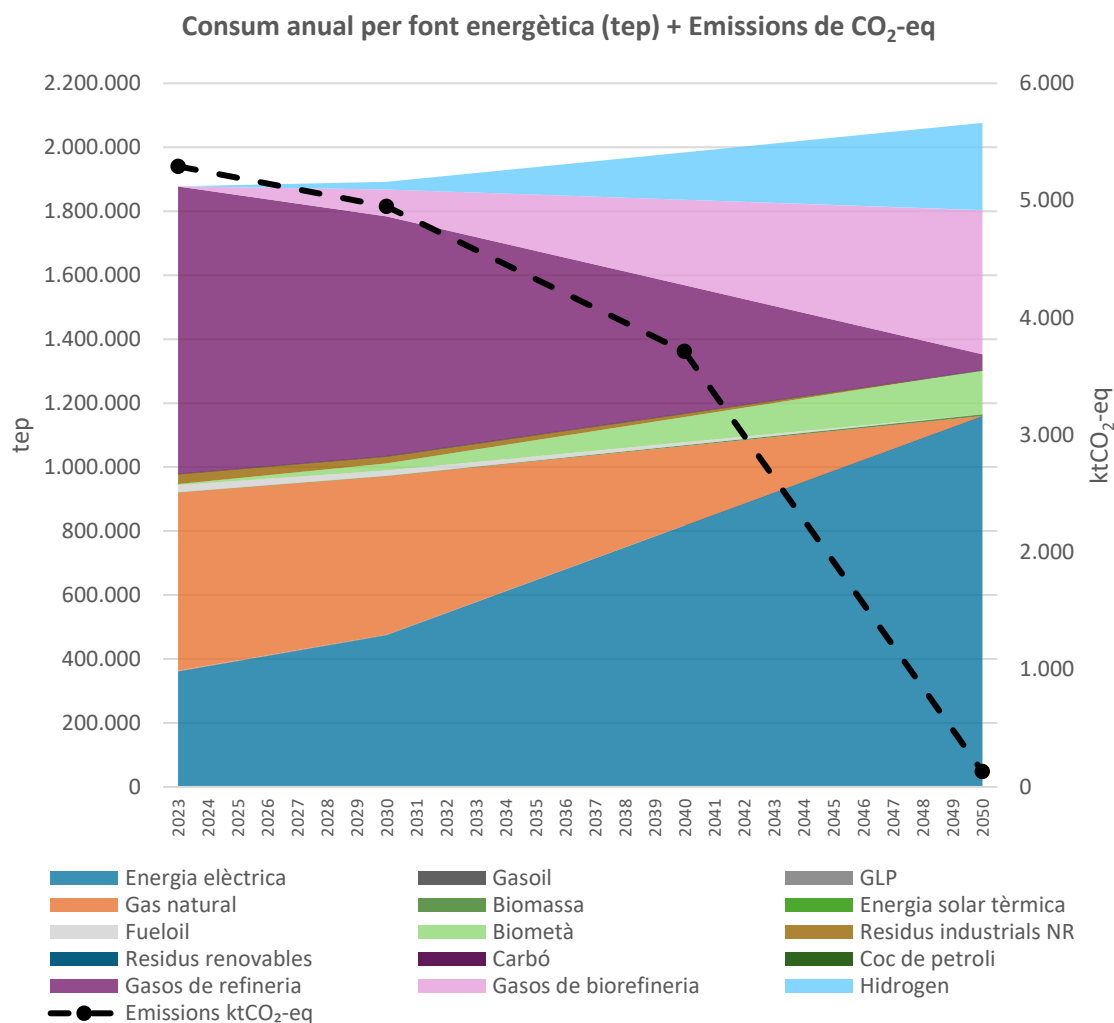


Figura 6. Evolució del consum i les emissions anuals del sector químic en funció de la font energètica. Font: Elaboració pròpia.

Finalment, es pot observar com l'estratègia proposada permet encaminar les emissions del sector químic cap a una tendència clarament descendent fins a l'any 2050. Aquesta evolució s'explica per la substitució progressiva dels combustibles fòssils i dels gasos de refineria, que actualment tenen un pes molt rellevant en les emissions de combustió del sector, per vectors energètics renovables o de baixes emissions. En aquest procés, el biometà i altres gasos renovables poden tenir un paper rellevant com a alternativa de transició en les aplicacions en les quals l'electrificació directa no sigui viable, en coherència amb una transformació progressiva del model energètic i productiu del sector cap a solucions de menor petjada de carboni. Paral·lelament, el desplegament de l'hidrogen, la integració tèrmica, la circularitat de matèries primeres i els processos de captura de carboni permetran avançar cap a un model industrial més eficient, diversificat i descarbonitzat.

Cal destacar especialment que, per a la realització d'aquest estudi, s'ha adoptat la hipòtesi que el sector del refinatge evolucionarà progressivament cap a un model basat en biorefineries. En conseqüència, els gasos de refinaria d'origen fòssil se substituiran gradualment per biogases de refinaria generats a partir de matèries primeres d'origen biològic. Paral·lelament, també es preveu una disminució progressiva del seu ús com a combustible, cosa que n'afavorirà la valorització com a matèria primera per a la producció d'altres productes químics d'alt valor afegit, en línia amb l'evolució prevista del sector petroquímic cap a models de més circularitat i aprofitament dels recursos.

D'aquesta manera, el full de ruta planteja una transició des d'un model energètic encara fortament dependent del gas natural i d'altres fonts fòssils cap a un model més diversificat, circular i descarbonitzat, capaç de reduir de manera substancial les emissions associades al sector químic en l'horitzó 2050.

Subsector
Bugaderies
industrials

Resum executiu

El sector de les bugaderies industrials a Catalunya constitueix una activitat rellevant dins del teixit de serveis industrials, amb una forta vinculació a sectors com l'hoteleria, la sanitat, la restauració i altres activitats intensives en l'ús de tèxtils. Es tracta d'un sector amb una implantació territorial significativa i amb un paper clau en la garantia de serveis essencials.

A efectes d'aquest estudi, s'han distingit diferents tipologies d'activitat dins del sector, considerant les particularitats operatives i energètiques de cadascuna, com ara les bugaderies orientades al sector hospitalari, hotel·ler o industrial.

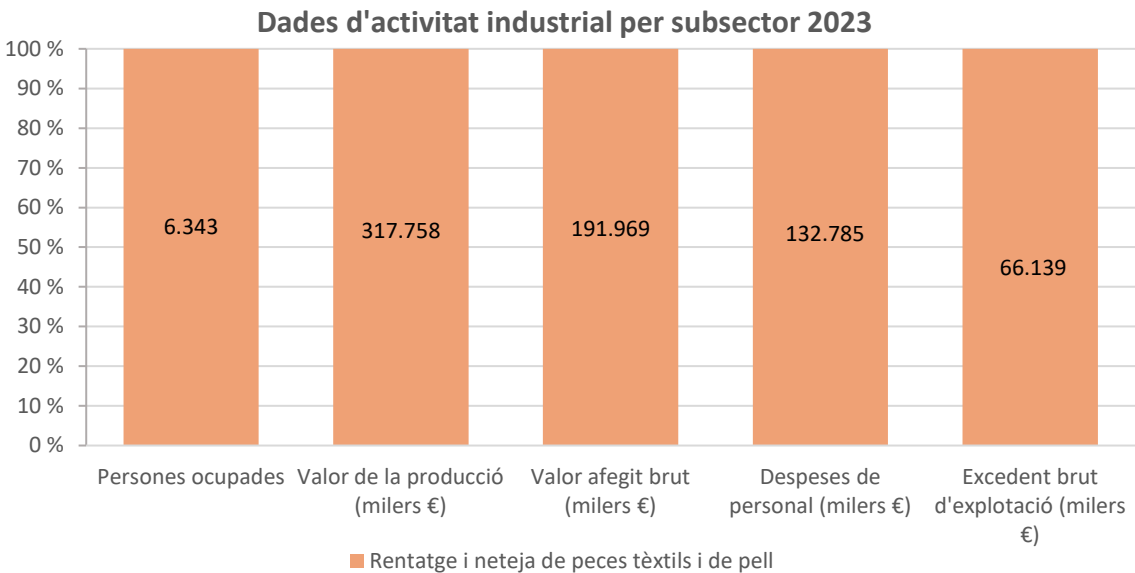


Figura 1. Evolució de les variables d'activitat per al sector de les bugaderies industrials a Catalunya (2021-2023). Font: IDESCAT.¹ Valors expressats en euros reals, sobre la base 2023.

El sector de les bugaderies industrials ocupa, l'any 2023, 6.343 treballadors, repartits en unes 949 empreses, i és un sector en què predominen les petites empreses (98,4 %), amb la presència d'alguns operadors de més dimensió.

En general, es poden distingir les etapes o processos següents en les bugaderies industrials, encara que, des del punt de vista de consum energètic, s'han considerat els processos de rentatge, centrifugat, assecat i planxat.

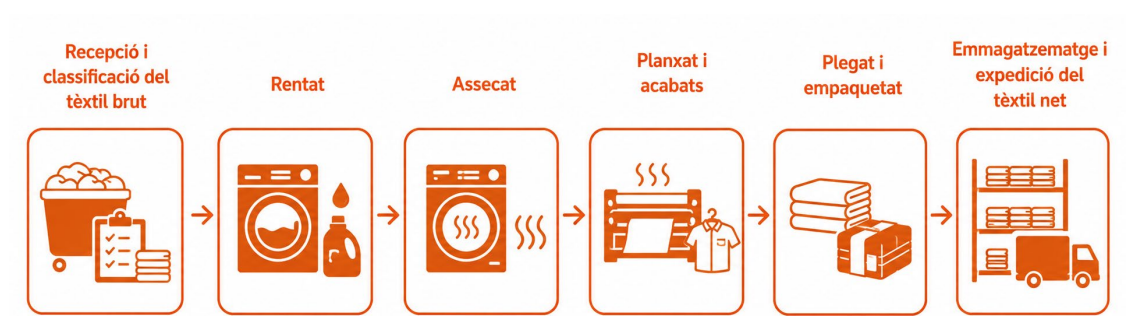


Figura 2. Diagrama dels processos i les etapes que es duen a terme en les bugaderies industrials. Font: Elaboració pròpia.

1. Font: Estadística estructural d'empreses del sector industrial. Macromagnituds, per agrupacions, 2015-2023. Institut d'Estadística de Catalunya, Idescat. Data de descàrrega del fitxer: 07/10/2025.

El sector de les bugaderies industrials es caracteritza per un consum energètic elevat, derivat principalment dels requisits d'higiene, qualitat i continuïtat del servei, especialment en àmbits com el sanitari. Predomina el consum d'energia tèrmica, necessària per a l'escalfament d'aigua en els processos de rentatge, l'assecat del tèxtil amb aire calent o vapor i el funcionament dels equips de planxat amb vapor. Aquest consum tèrmic s'ha cobert tradicionalment amb combustibles fòssils, principalment gas natural, fet que concentra les emissions de gasos d'efecte hivernacle del sector.

A més de l'energia tèrmica, el sector té un consum elèctric notable vinculat al funcionament dels motors, els ventiladors, etc., rentadores, assecadores, calandres, sistemes de ventilació, plegadores i equips auxiliars.

Així, pel que fa a les fonts energètiques, les bugaderies industrials utilitzen solament dues fonts diferents: gas natural i energia elèctrica. El 2023, la font d'energia més important va ser el gas natural, amb un consum de 15.126 tones equivalents de petroli, que representen el 81,3 % del total. La resta de la demanda energètica es va cobrir amb energia elèctrica (3.483,1 tones equivalents de petroli, un 18,7 % del total).

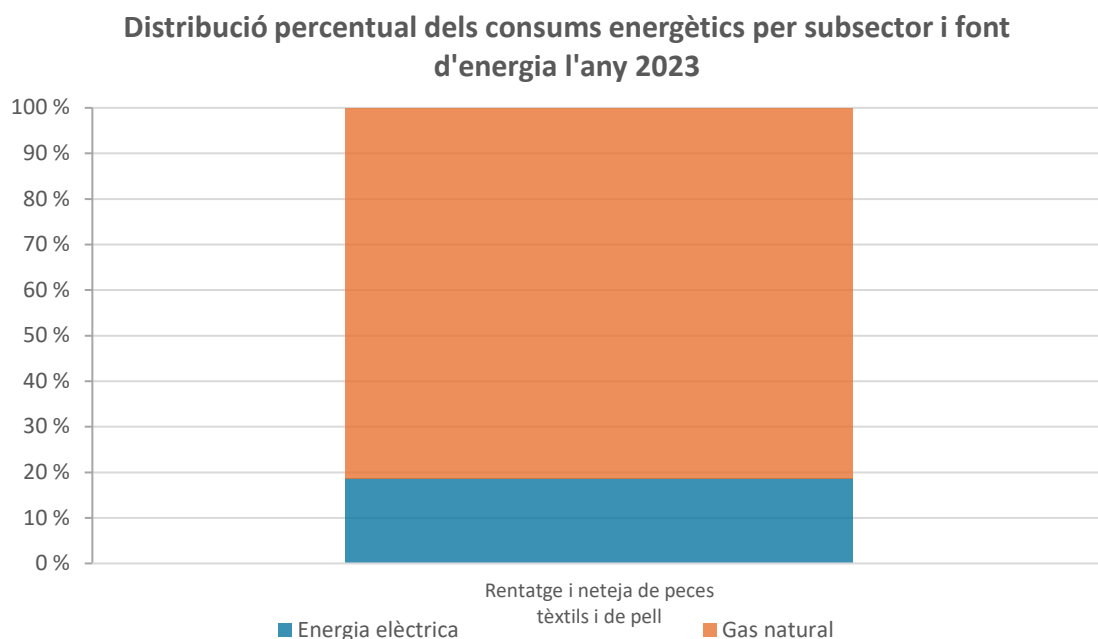


Figura 3. Distribució del consum energètic per subsector i font energètica l'any 2023. Font: ICAEN, a partir de les dades de l'Estadística del consum energètic del sector industrial (ECESI).

Es tracta d'un sector en què les emissions de CO₂ provenen, principalment, de l'ús encara de combustibles fòssils. D'altra banda, les emissions indirectes fruit del consum d'energia elèctrica de xarxa acaben de configurar el perfil d'emissions d'aquest sector.

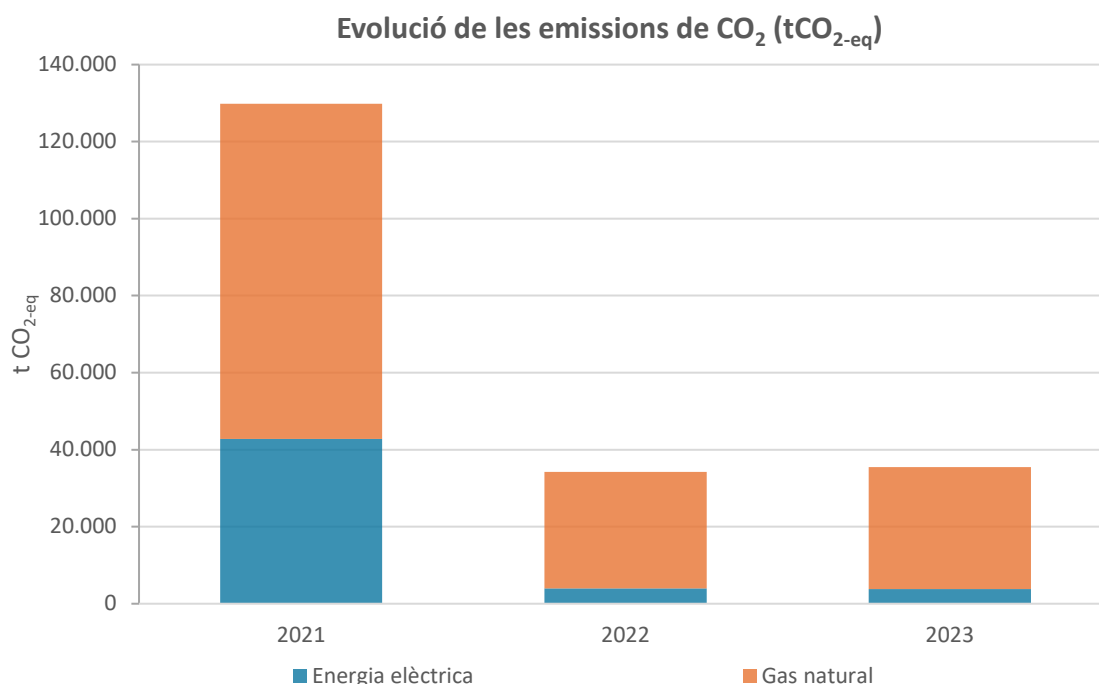


Figura 4. Evolució de les emissions de CO₂ en el sector de les bugaderies industrials (2021-2023) per font energètica. Font: ICAEN, a partir de les dades de consum energètic.

La presència combinada d'electricitat i gas natural fa que la descarbonització d'aquest sector requereixi, principalment, la millora de l'eficiència energètica dels processos productius, la progressiva electrificació dels usos tèrmics actualment alimentats amb combustibles fòssils, l'ús d'electricitat d'origen renovable i la incorporació del biometà. Per tant, es plantegen les estratègies següents per poder assolir la seva descarbonització.

<i>Tecnologies/estratègies</i>	<i>Nivell de maduresa tecnològica (NMT) (2026)</i>	<i>Cost de reducció (€/tCO₂)</i>	<i>Estalvi d'emissions (kgCO₂/t roba)</i>
Eficiència energètica	9	-1.173,8 / -984,41	18-28
Autogeneració renovable	9	-14,16	-
Electrificació baixa/mitjana temp.	9	46,62 / 204,02	19-54
Biometà	9	69,86	209

Taula 1. Avaluació dels paràmetres de nivell de maduresa tecnològica (NMT), cost de reducció i estalvi d'emissions de les estratègies clau proposades. Font: Elaboració pròpia.

De l'avaluació i prioritització de les estratègies anteriors es configura el **full de ruta per a la descarbonització del sector de les bugaderies industrials**, el qual és coherent amb les restriccions de tipus tècnic i econòmic de les estratègies plantejades.

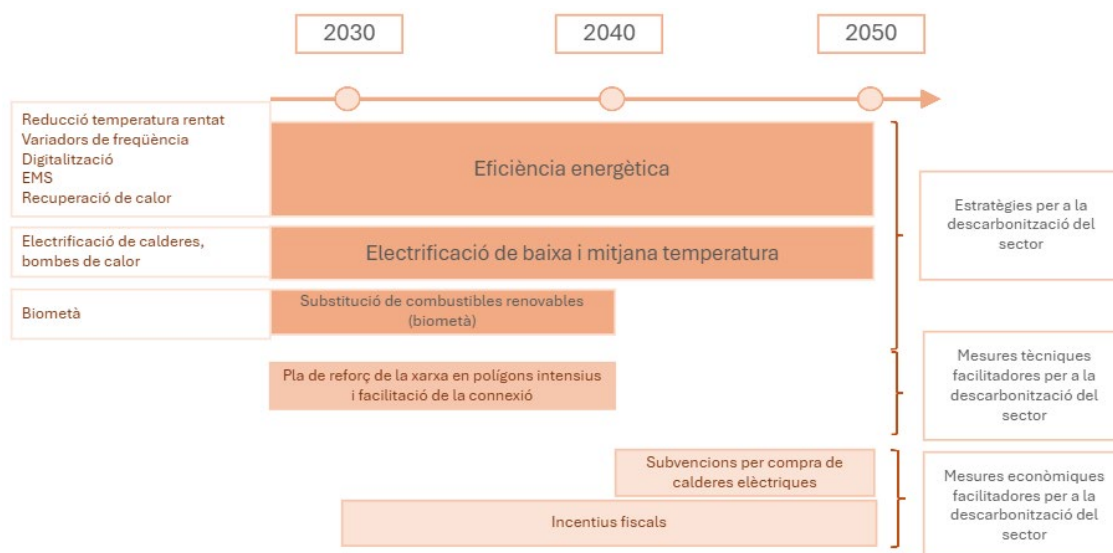


Figura 5. Estratègies i mesures en la configuració del full de ruta proposat per al sector de les bugaderies industrials. Font: Elaboració pròpia.

L'aplicació d'aquest full de ruta permetrà dur a terme una transició en el model de consum energètic del sector de les bugaderies industrials **des d'un model amb una forta presència de combustibles fòssils (majoritàriament basat en l'ús del gas natural) fins a un model electrificat i amb presència de combustibles alternatius d'origen renovable.**

De manera més específica, es pot observar a la figura següent com, a curt termini, l'electrificació guanya pes respecte de l'ús del gas natural, i el biogàs es proposa com a alternativa de transició. A més llarg termini, es preveu la no dependència de combustibles fòssils, electrificant tots els processos de generació d'energia tèrmica i tornant a eliminar el biogàs que s'ha implementat anteriorment com a mesura transitòria.

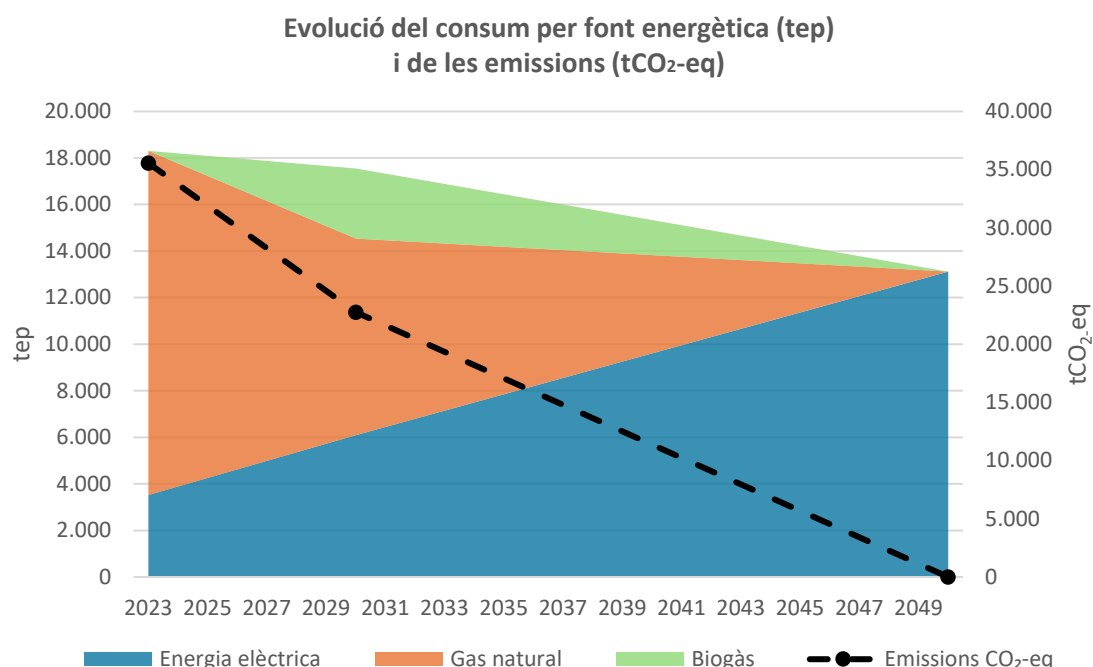


Figura 6. Evolució del consum i les emissions anuals del sector de les bugaderies industrials. Font: Elaboració pròpia.

Finalment, es pot observar que el sector de les bugaderies industrials disposa d'un potencial rellevant de reducció d'emissions a través de la disminució del consum energètic específic i de la substitució progressiva dels combustibles fòssils emprats en els seus processos. En aquest sentit, la implantació generalitzada de les mesures d'eficiència i electrificació proposades en el full de ruta permetrà, juntament amb un parc de generació energètica plenament descarbonitzat, encaminar el sector cap a la descarbonització. Així, s'assolirà la **completa descarbonització del sector de les bugaderies industrials l'any 2050**.

Subsector
**Altres
productes
minerals no
metàl·lics**

Resum executiu

La indústria del sector dels altres productes minerals no-metàl·lics a Catalunya és una branca rellevant del teixit industrial estretament vinculada als sectors de la construcció, els materials ceràmics, el guix, la calç, el formigó, els morters, la pedra natural i altres aplicacions minerals especialitzades, amb una implantació territorial significativa.

A efectes d'aquests treballs, s'ha distingit les activitats o subsectors següents, que han estat avaluats de manera diferenciada: fabricació de guix i calç (CCAIE 2352, 2362), fabricació d'altres productes minerals no-metàl·lics (CCAIE 2361, 2363, 2364, 2365, 2369, 2370, 2391, 2399), productes ceràmics i refractaris (CCAIE 2320, 2331, 2341, 2342, 2343, 2344, 2349) i bòniles (CCAIE 2332).

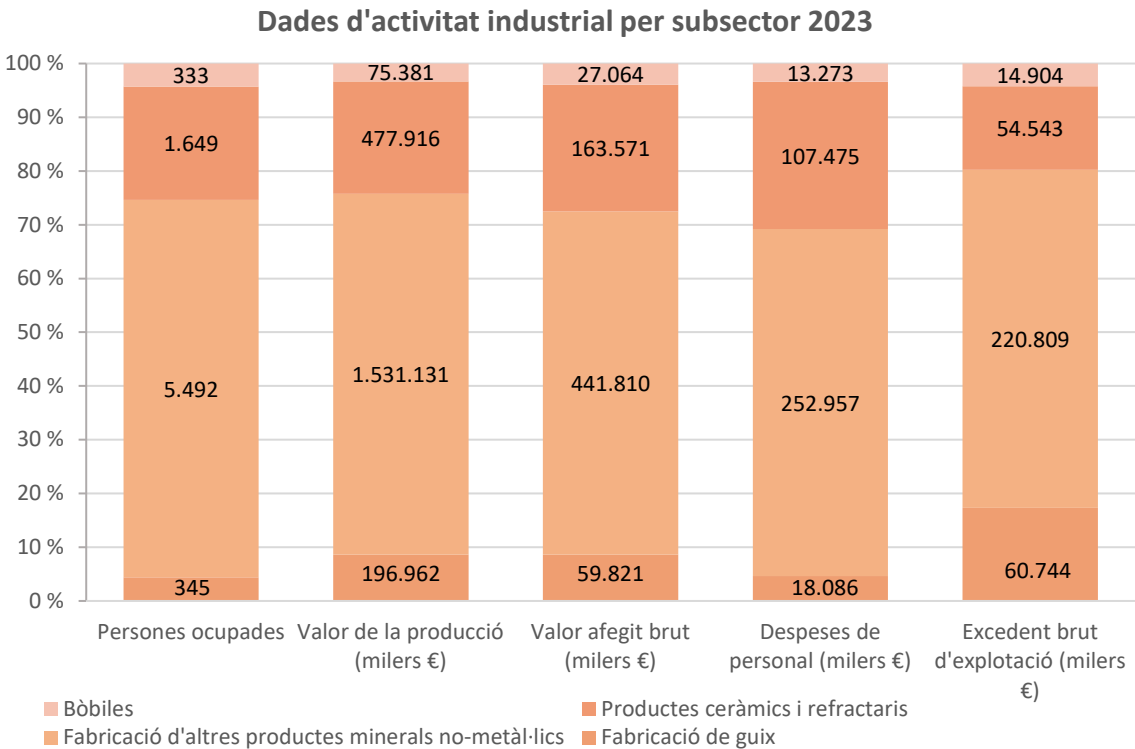


Figura 1. Dades d'activitat industrial per al sector d'altres productes minerals no-metàl·lics (2023).Font: Idescat, a partir del Directori central d'empreses (DIRCE) de l'INE.

El sector dels altres productes minerals no-metàl·lics ocupa, actualment, uns **7.819 treballadors**, repartits en unes **680 unitats legals**, i és un sector en què predominen les petites i mitjanes empreses, però amb la participació d'algunes indústries de més dimensió i capacitat productiva del territori.

Tot i que amb certes particularitats per a cadascuna de les activitats avaluades, en general, es poden distingir les etapes o processos següents en la fabricació d'altres productes minerals no-metàl·lics.



Figura 2. Diagrama dels processos i les etapes que es duen a terme en la fabricació d'altres productes minerals no-metàl·lics. Font: Elaboració pròpia.

Aquest sector destaca, per una banda, per l'alta intensitat energètica en algunes de les seves etapes, com la de conformació i transformació i consolidació i enduriment, en les quals **s'apliquen tractaments tèrmics de calcinació i cocció que assoleixen temperatures d'entre 900 °C i 1.300 °C**. Així, es tracta d'una indústria intensiva en energia, en què **la presència de combustibles fòssils encara té avui dia un paper molt destacat en gran part de les seves activitats**, a causa de la demanda d'energia tèrmica d'alta temperatura que requereixen alguns dels seus processos.

Distribució percentual dels consums energètics per subsector i font d'energia l'any 2023

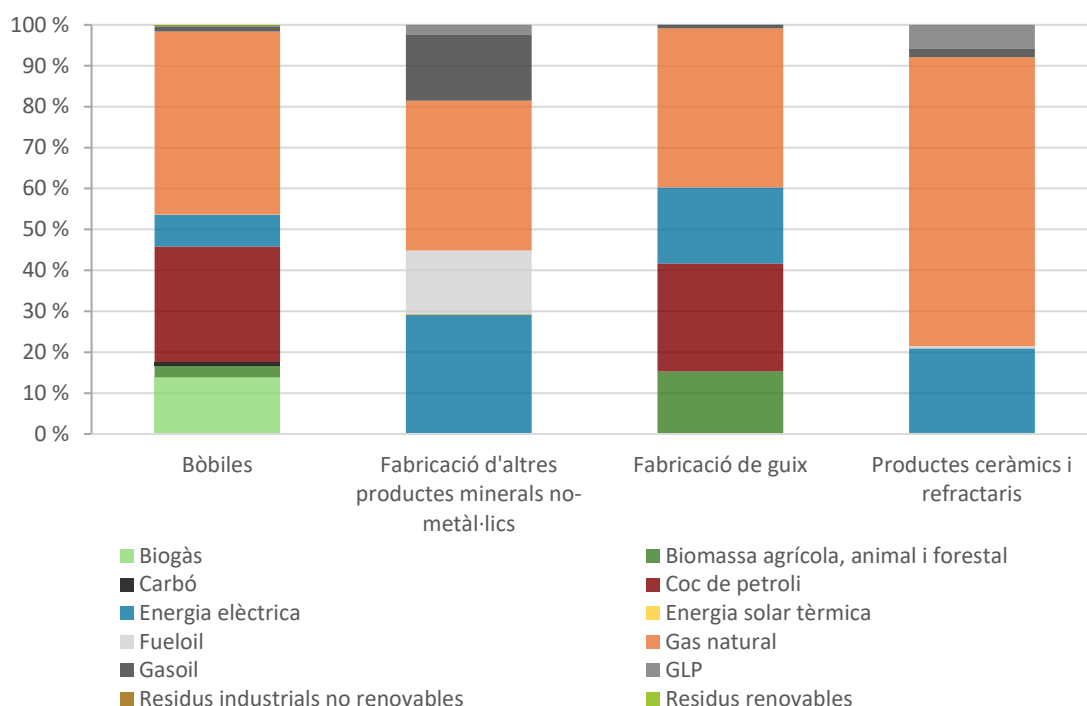


Figura 3. Distribució del consum energètic per subsector i font energètica l'any 2023. Font: ICAEN, a partir de les dades de l'Estadística del consum energètic del sector industrial (ECESI).

Com ja s'ha assenyalat anteriorment, la font energètica principal és el gas natural, que representa prop del 42,6 % del consum total, seguida de l'energia elèctrica, amb un pes aproximat del 18,7 % i del petroli, amb un 18,4 %. La resta del consum correspon a biomassa, gasoil, fuel i GLP, amb una presència més reduïda.

La forta intensitat energètica i l'ús encara intensiu de combustibles fòssils converteix el sector d'altres productes minerals no-metàl·lics en una activitat amb elevades emissions de CO₂, en el qual, a banda de les emissions degudes a l'energia, cal destacar les emissions que s'originen directament de les reaccions físiques o químiques pròpies del procés industrial, les quals, en aquest sector, arriben a representar fins a un 46 % del total d'emissions.

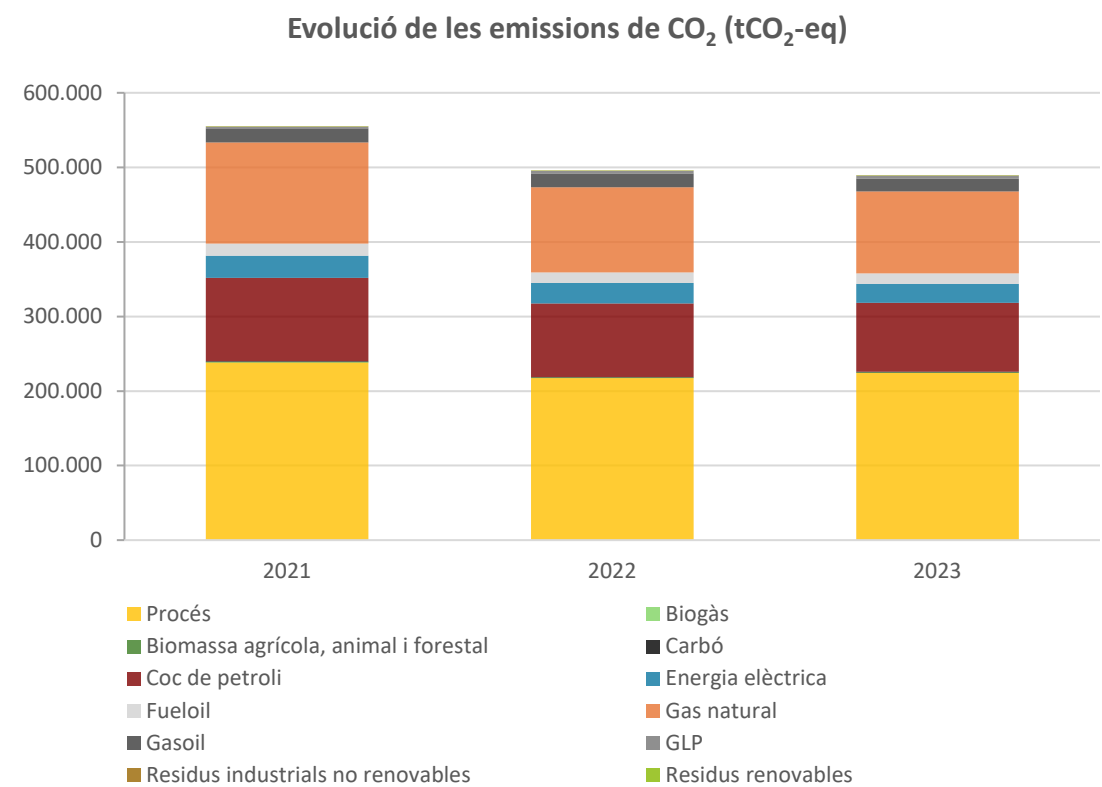


Figura 4. Evolució de les emissions de CO₂ en el sector d'altres productes minerals no-metàl·lics (2021-2023) per font energètica. Font: ICAEN, a partir de les dades de consum energètic.

Davant la necessitat de reduir les emissions actuals d'aquest sector, es plantegen les estratègies següents per assolir la seva descarbonització.

Tecnologies/estratègies	Nivell de maduresa tecnològica (NMT) (2026)	Cost de reducció (€/tCO ₂)	Estalvi d'emissions (kgCO ₂ /t producte)
Digitalització	9	-17	30
Recuperació de calor	9	-170	68
Forns amb cremadors d'alta velocitat	9	12	81
Autogeneració renovable	9	-14	15
Electrificació baixa/mitjana temp.	8	6	60
Electrificació alta temp.	8	224	160
Biomassa baixa/mitjana temp.	9	-115	96
Biometà baixa/mitjana temp.	9	82	100

<i>Tecnologies/estratègies</i>	<i>Nivell de maduresa tecnològica (NMT) (2026)</i>	<i>Cost de reducció (€/tCO₂)</i>	<i>Estalvi d'emissions (kgCO₂/t producte)</i>
Biomassa alta temp.	9	-170	190
Biometà alta temp.	9	82	200
Hidrogen verd alta temp.	6-8	300	200
Captura de CO ₂	4-9	10-120	100-220

Taula 1. Avaluació dels paràmetres del nivell de maduresa tecnològica (NMT), cost de reducció i estalvi d'emissions de les estratègies clau proposades. Font: Elaboració pròpia (els valors consignats aquí fan referència a hipòtesis assumides per a cada tecnologia).

De l'avaluació i prioritització de les estratègies anteriors es configura el **full de ruta per a la descarbonització del sector de fabricació d'altres productes minerals no-metàl·lics**, el qual és coherent amb les restriccions de tipus tècnic i econòmic de les estratègies plantejades.

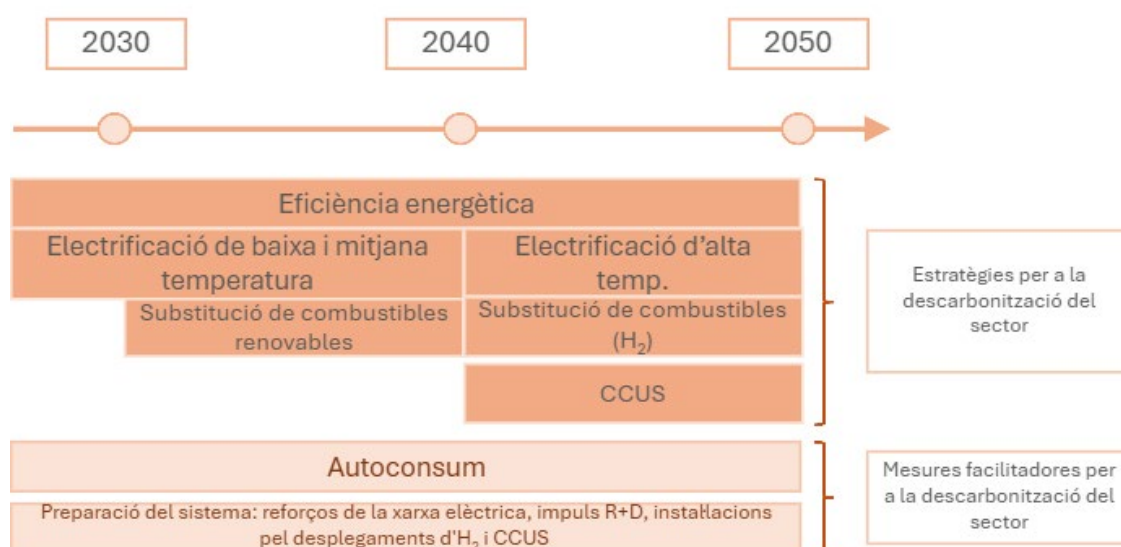


Figura 5. Estratègies i mesures en la configuració del full de ruta proposat per al sector d'altres productes minerals no-metàl·lics. Font: Elaboració pròpia.

L'aplicació d'aquest full de ruta permetrà fer una transició en el model de consum energètic del sector d'altres productes minerals no-metàl·lics, avançant des d'un model amb una forta presència de combustibles fòssils (majoritàriament basat en l'ús del gas natural) fins a un model electrificat i amb forta presència de combustibles alternatius d'origen renovable.

De manera més específica, a curt termini es preveu el desplegament de les mesures d'eficiència energètica amb més maduresa i menys complexitat d'implantació, com la substitució d'equips d'alta eficiència, el monitoratge, la digitalització i el control energètic dels processos, la millora de l'aïllament tèrmic i la incorporació progressiva de sistemes d'escalfament més eficients.

A més llarg termini, es preveu una renovació més generalitzada dels sistemes d'escalfament i cocció amb una penetració creixent de forns elèctrics, l'electrificació dels usos auxiliars i la conversió de sistemes que encara utilitzen gas natural, gasoil, fueloil, coc de petroli i/o GLP. Aquesta evolució permetrà reduir les emissions directes del sector i aprofitar progressivament la descarbonització del sistema elèctric.

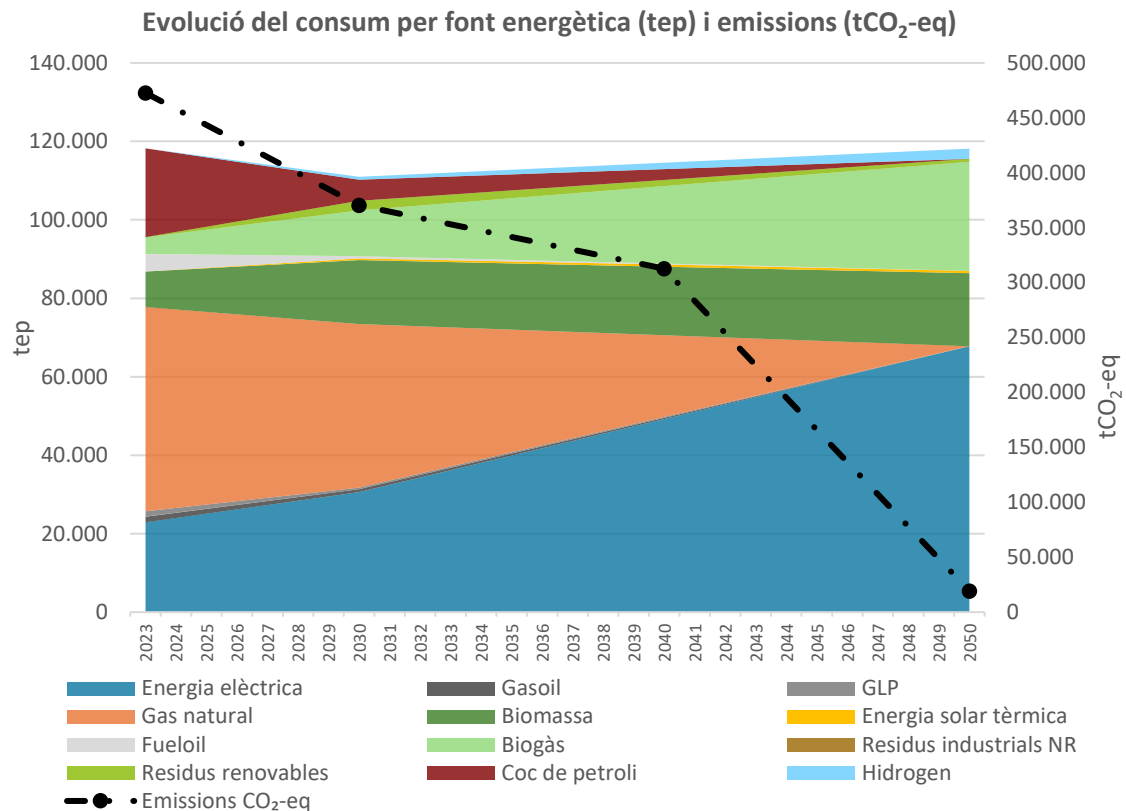


Figura 6. Evolució del consum i de les emissions anuals del sector d'altres productes minerals no-metàl·lics en funció de la font energètica. Font: Elaboració pròpia.

Finalment, es pot observar com, tot i que aquest sector en el consum energètic no presenta una disminució efectiva, a causa principalment d'un augment de l'activitat productiva, encara existeix un potencial rellevant de reducció d'emissions a través de la disminució del consum energètic específic i de l'eliminació dels combustibles fòssils (gas natural, fueloil, gasoil i GLP). En aquest sentit, la implantació generalitzada de les mesures d'eficiència energètica, electrificació d'equips i substitució de combustibles convencionals per biocombustibles proposades permetrà encaminar el sector d'altres productes minerals no-metàl·lics cap a la completa descarbonització l'any 2050. Pel que fa a les emissions de procés, no es poden reduir, però es planteja la implementació de tecnologies de captura per assolir la disminució d'emissions gairebé al 100 %.

Subsector
**Transformats
del cautxú**

Resum executiu

La indústria del sector dels transformats del cautxú a Catalunya és una activitat industrial especialitzada, vinculada principalment a la fabricació de components tècnics de cautxú per a sectors com l'automoció, la construcció, la indústria manufacturera i altres aplicacions industrials específiques, amb una implantació territorial més acotada que altres branques industrials, però amb presència rellevant en determinats àmbits productius.

A efectes d'aquests treballs, l'avaluació s'ha centrat en concret en el sector en conjunt de la fabricació de transformats del cautxú.

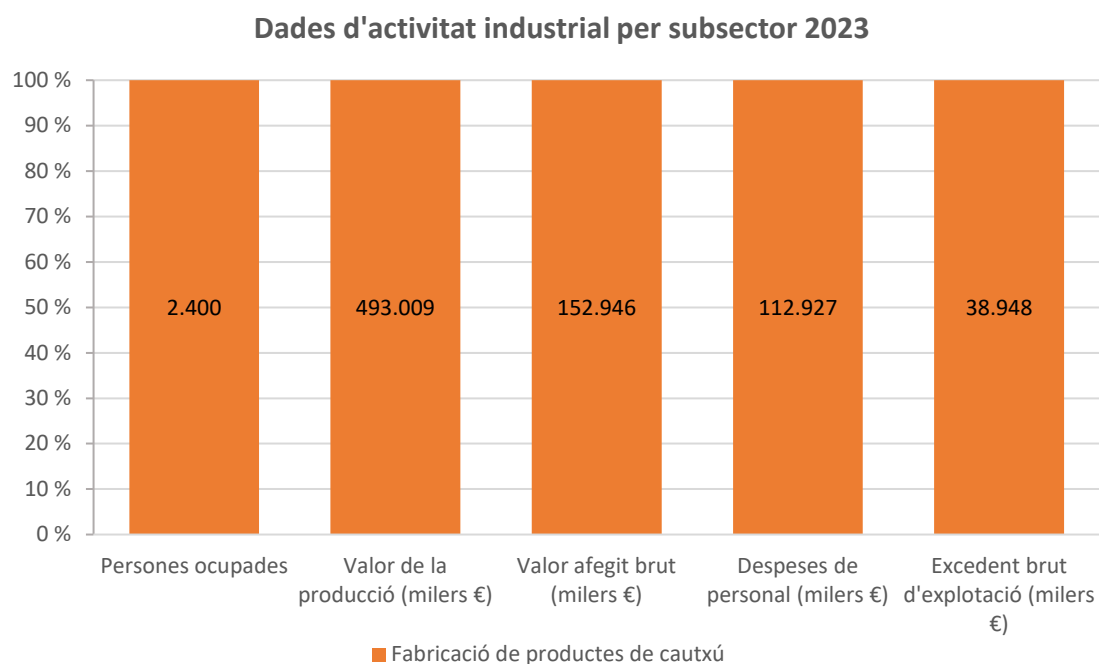


Figura 1. Dades d'activitat industrial per al sector dels transformats del cautxú (2023). Font: Idescat, a partir del Directori central d'empreses (DIRCE) de l'INE.

El sector dels transformats del cautxú ocupa, actualment, aproximadament **2.400 treballadors**, repartits en unes **105 unitats legals**, i és un sector en què predominen principalment les microempreses i les petites empreses, però amb presència també d'algunes empreses mitjanes i grans.

Tot i que amb certes particularitats per a cadascuna de les activitats avaluades, en general, es poden distingir les etapes o processos següents en la fabricació dels transformats del cautxú.

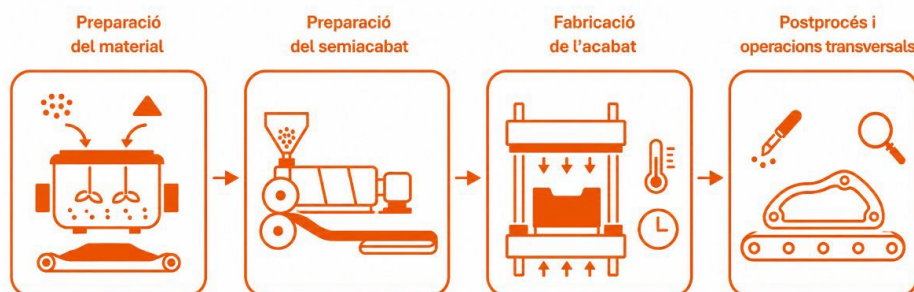


Figura 2. Diagrama dels processos i les etapes que es duen a terme en la fabricació dels transformats del cautxú. Font: Elaboració pròpia.

Aquest procés destaca, per una banda, per la presència de consums elèctrics associats a les etapes de preparació del material, preparació del semiacabat, emmotllament, postprocés i operacions auxiliars. Per altra banda, també presenta una demanda tèrmica significativa

associada principalment a les etapes de fabricació de l'acabat, com ara l'emmotllament, o la vulcanització, en què el gas natural s'utilitza habitualment per a la generació de vapor i calor de procés.

Es tracta d'una indústria amb un **perfil energètic mixt**, en el qual l'electricitat té un pes majoritari, però **el gas natural continua sent rellevant** en determinades fases tèrmiques del procés. A diferència d'altres sectors industrials, el sector dels transformats del cautxú no presenta emissions de procés rellevants, de manera que les emissions del sector estan associades principalment al consum energètic dels seus processos.

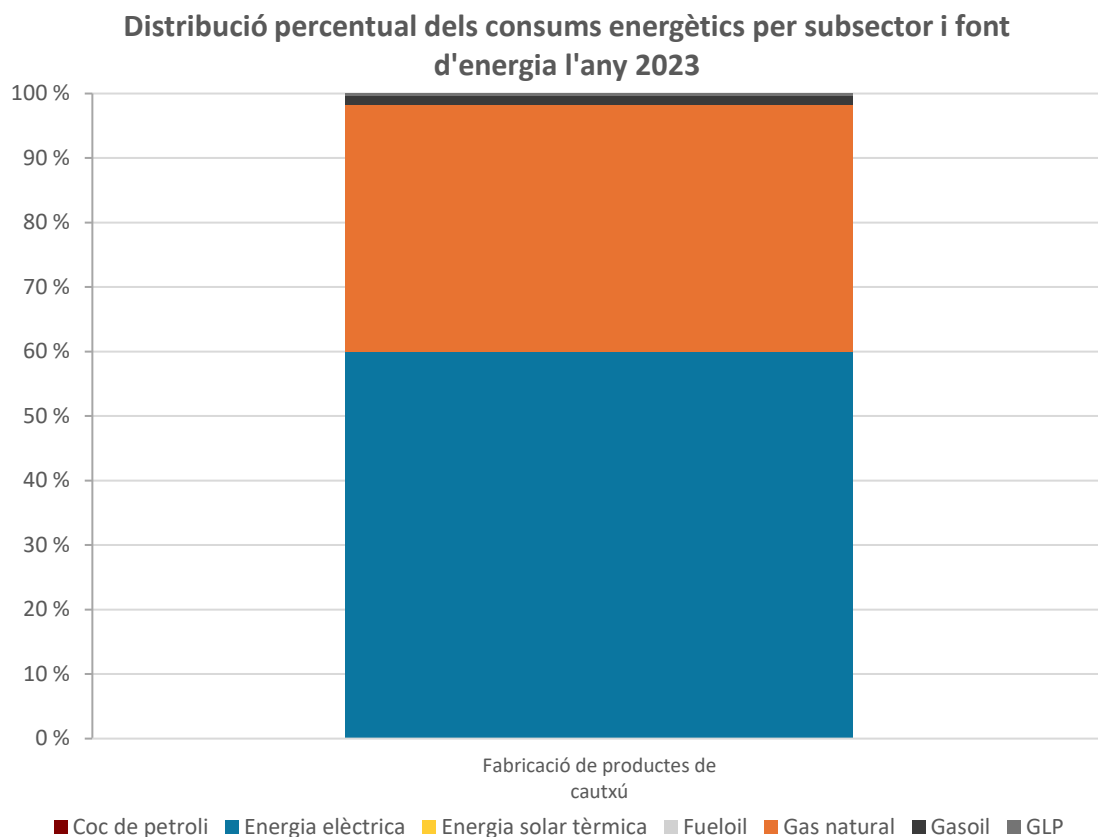


Figura 3. Distribució del consum energètic del sector per font energètica l'any 2023. Font: ICAEN, a partir de les dades de *l'Estadística del consum energètic del sector industrial (ECESI)*.

Com ja s'ha assenyalat anteriorment, la principal font energètica és l'electricitat, que representa prop del 60 % del consum total, seguida del gas natural, amb un pes aproximat del 38 %. La resta del consum correspon a gasoil, GLP i energia solar tèrmica, amb una presència molt reduïda. El perfil d'emissions de CO₂ del sector és determinat per la no descarbonització completa encara de la matriu de generació elèctrica, com també per la presència encara destacada de combustibles fòssils.

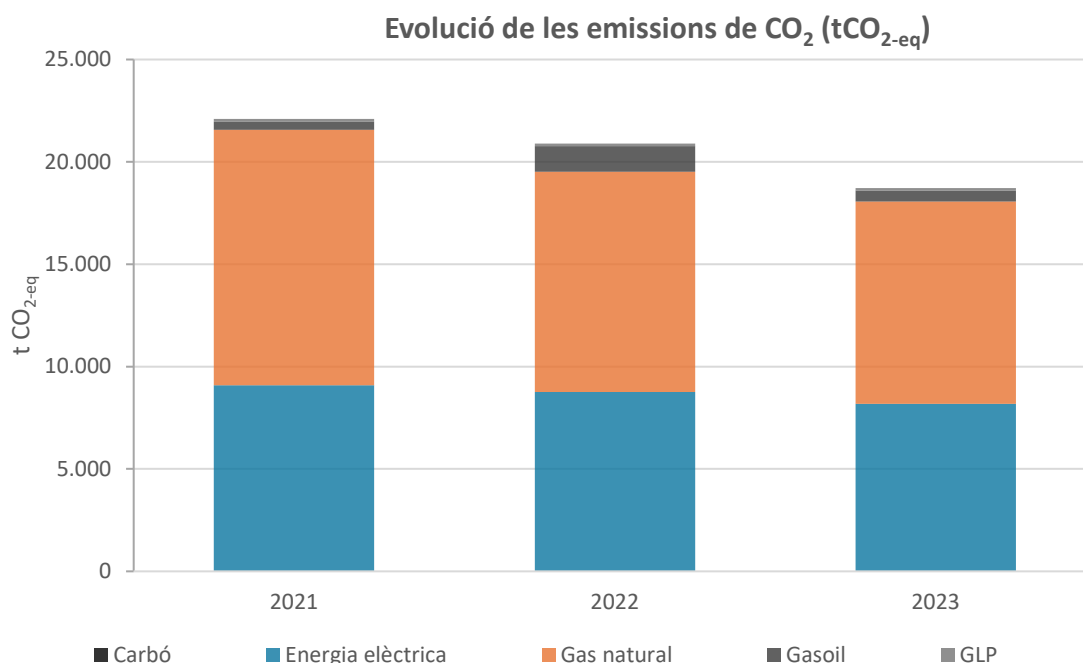


Figura 4. Evolució de les emissions de CO₂ al sector dels transformats del cautxú (2021-2023) per font energètica. Font: ICAEN, a partir de les dades de consum energètic.

La presència combinada d'electricitat i gas natural converteix el sector en una activitat en la qual la descarbonització requereix, principalment, la millora de l'eficiència energètica dels processos productius, la progressiva electrificació dels usos tèrmics actualment alimentats amb combustibles fòssils i l'ús d'electricitat d'origen renovable. Es plantegen, així, les estratègies següents per poder assolir la seva descarbonització.

<i>Tecnologies/estratègies</i>	<i>Nivell de maduresa tecnològica (NMT) (2026)</i>	<i>Cost de reducció (€/tCO₂)</i>	<i>Estalvi d'emissions (kgCO₂/t cautxú)</i>
Autoconsum solar	9	-15	-
Eficiència energètica	9	-61,38 / 17,49	10-70
Autoclaus elèctriques	9	171,79	67

Taula 1. Avaluació dels paràmetres del nivell de maduresa tecnològica (NMT), cost de reducció i estalvi d'emissions de les estratègies clau proposades. Font: Elaboració pròpia.

A partir de l'avaluació i prioritització de les estratègies anteriors es configura el **full de ruta per a la descarbonització del sector de la fabricació dels transformats del cautxú**, el qual és coherent amb les restriccions de tipus tècnic i econòmic de les estratègies plantejades.

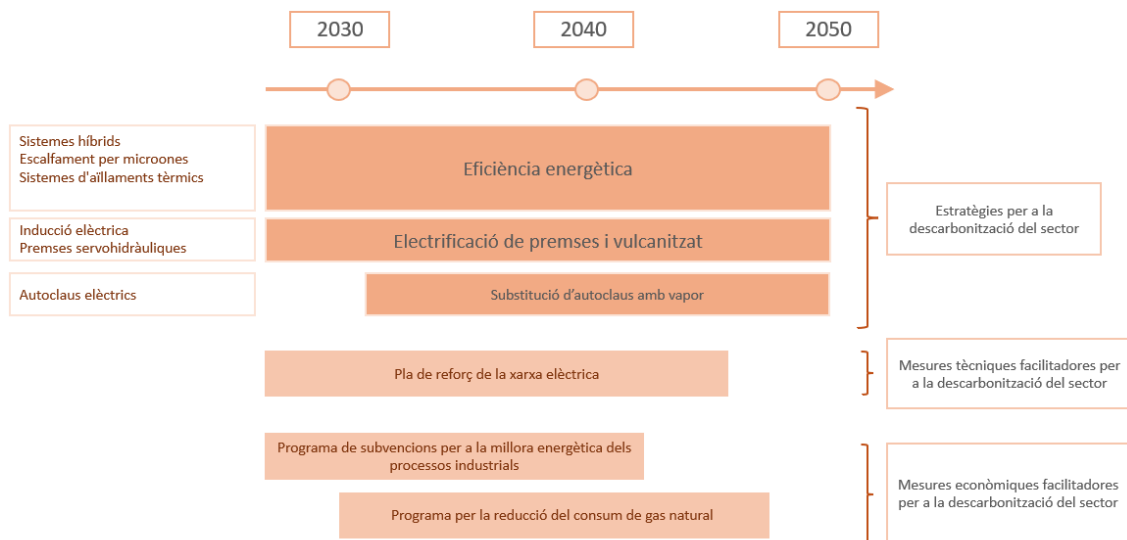


Figura 5. Estratègies i mesures en la configuració del full de ruta proposat per al sector dels transformats del cautxú. Font: Elaboració pròpia.

L'aplicació d'aquest full de ruta permetrà fer una transició en el model de consum energètic del sector dels transformats del cautxú des d'un model basat en un consum mixt d'electricitat i gas natural cap a un model més eficient, amb una presència creixent de l'electricitat en els usos tèrmics i amb una reducció progressiva dels combustibles fòssils.

De manera més específica, a curt termini es preveu el desplegament de les mesures d'eficiència energètica amb més maduresa i menys complexitat d'implantació, com la millora de l'aïllament tèrmic de premses, motlles i extrusores, l'optimització dels sistemes d'escalfament, la millora del control dels processos i la substitució progressiva d'equips antics per tecnologies més eficients. Aquestes mesures permetran reduir el consum energètic específic i millorar el rendiment dels processos de preparació, conformació, emmotllament i vulcanització.

A més llarg termini, es preveu una electrificació més extensa dels processos tèrmics, especialment en les aplicacions en les quals actualment s'utilitza gas natural per a la generació de vapor i calor de procés. En aquest sentit, la substitució d'autoclaus de vapor o gas per autoclaus elèctrics constitueix una de les mesures específiques principals per reduir les emissions directes del sector. Aquesta evolució es veurà afavorida pel desenvolupament de la infraestructura elèctrica, per la millora de la competitivitat de les tecnologies substitutives i per la progressiva descarbonització del sistema elèctric.

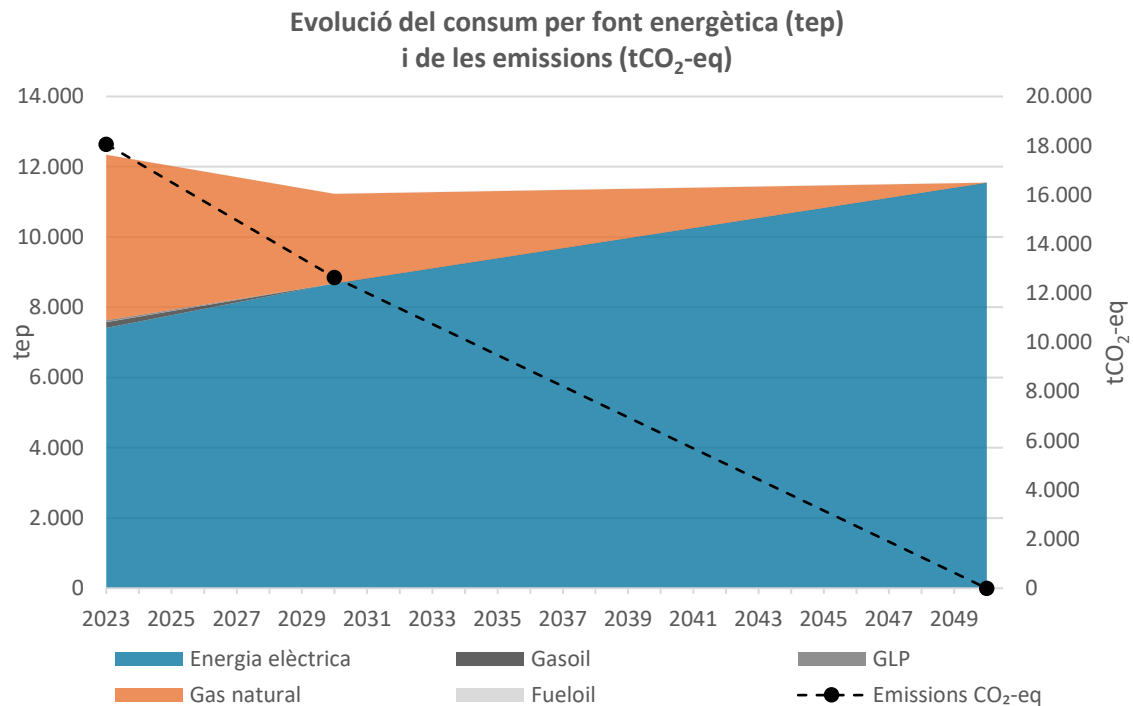


Figura 6. Evolució del consum i de les emissions anuals del sector dels transformats del cautxú en funció de la font energètica. Font: Elaboració pròpia.

Finalment, es pot observar que el sector dels transformats del cautxú disposa d'un potencial rellevant de reducció d'emissions a través de la disminució del consum energètic específic i de la substitució progressiva dels combustibles fòssils emprats en els processos tèrmics. En aquest sentit, la implantació generalitzada de les mesures d'eficiència i electrificació proposades en el full de ruta permetrà, juntament amb un parc de generació energètica plenament descarbonitzat, encaminar el sector dels transformats del cautxú cap a la seva completa descarbonització l'any 2050.

Subsector
Ciment
artificial

Resum executiu

El sector del ciment és rellevant dins del sector industrial de Catalunya, especialment en termes de consums energètics i emissions de gasos d'efecte hivernacle. Cal destacar també la importància del ciment com a matèria primera bàsica per al sector de la construcció.

La figura següent mostra les principals dades d'activitat industrial del sector del ciment a Catalunya per al període 2021-2023.

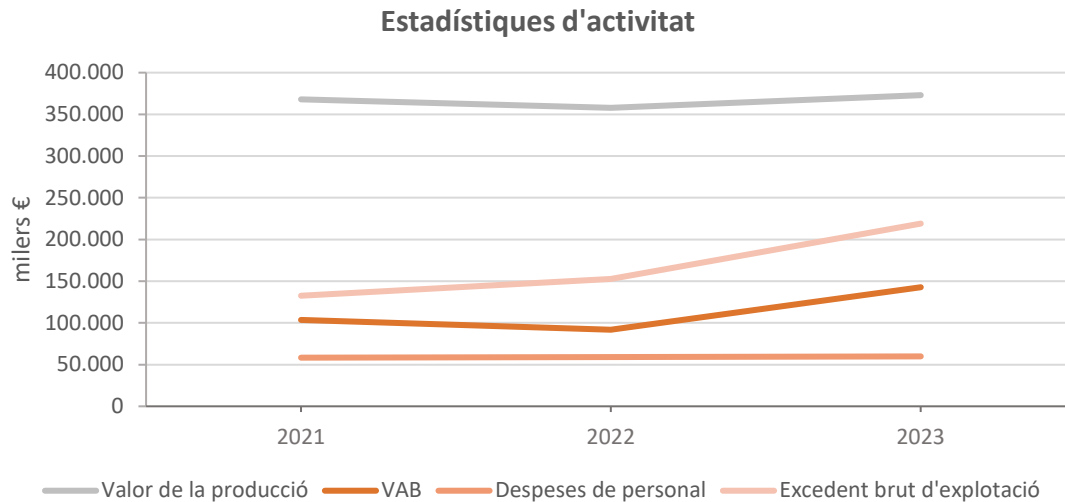


Figura 1. Dades d'activitat industrial per al sector del ciment (2021-2023). Font: Idescat.

En l'actualitat, el sector del ciment ocupa aproximadament **800 professionals** (818 el 2023), que corresponen a un total de **15 empreses**. La majoria són petites empreses; en concret, 9 d'aquestes empreses (el 60%) tenen menys de 10 empleats. Només 3 unitats legals tenen 250 assalariats o més.

El procés de fabricació del ciment consta de cinc fases principals, que s'inclouen en el gràfic següent. També es mostra, al gràfic, la fase d'extracció de matèries primeres, però aquesta no s'avalua com a part d'aquest subsector, ja que es considera part d'un altre full de ruta (extractives no energètiques).

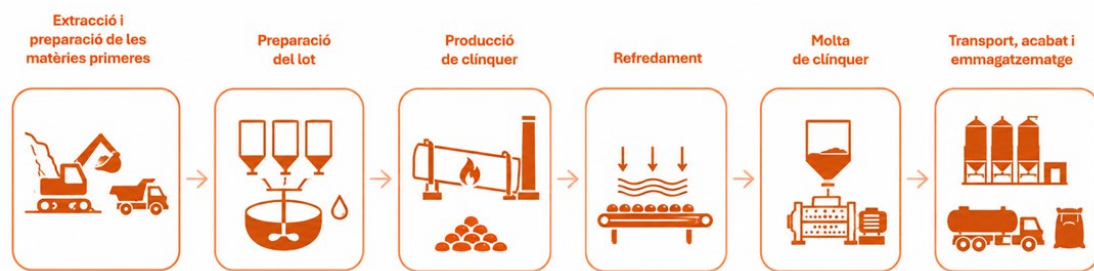


Figura 2. Diagrama dels processos i les etapes que es duen a terme en la fabricació del ciment. Font: Elaboració pròpia.

Els aspectes més importants, respecte de la fabricació del ciment, són, d'una banda, **les altes temperatures que cal assolir per al procés de clínquerització o producció de clínquer, que poden arribar als 1.800 °C - 2.000 °C**. D'altra banda, un altre aspecte destacable és la versatilitat en l'ús de fonts d'energia per produir calor, ja que es pot utilitzar gasoil, GLP, biomassa agrícola, animal i forestal, fuel, residus industrials no renovables, residus renovables, carbó i, especialment, coc de petroli.

Es tracta d'un **sector amb una alta intensitat energètica**, a causa fonamentalment de l'alt consum d'energia. En particular, és aproximadament trenta-cinc vegades superior a la mitjana d'intensitat energètica de la indústria catalana.

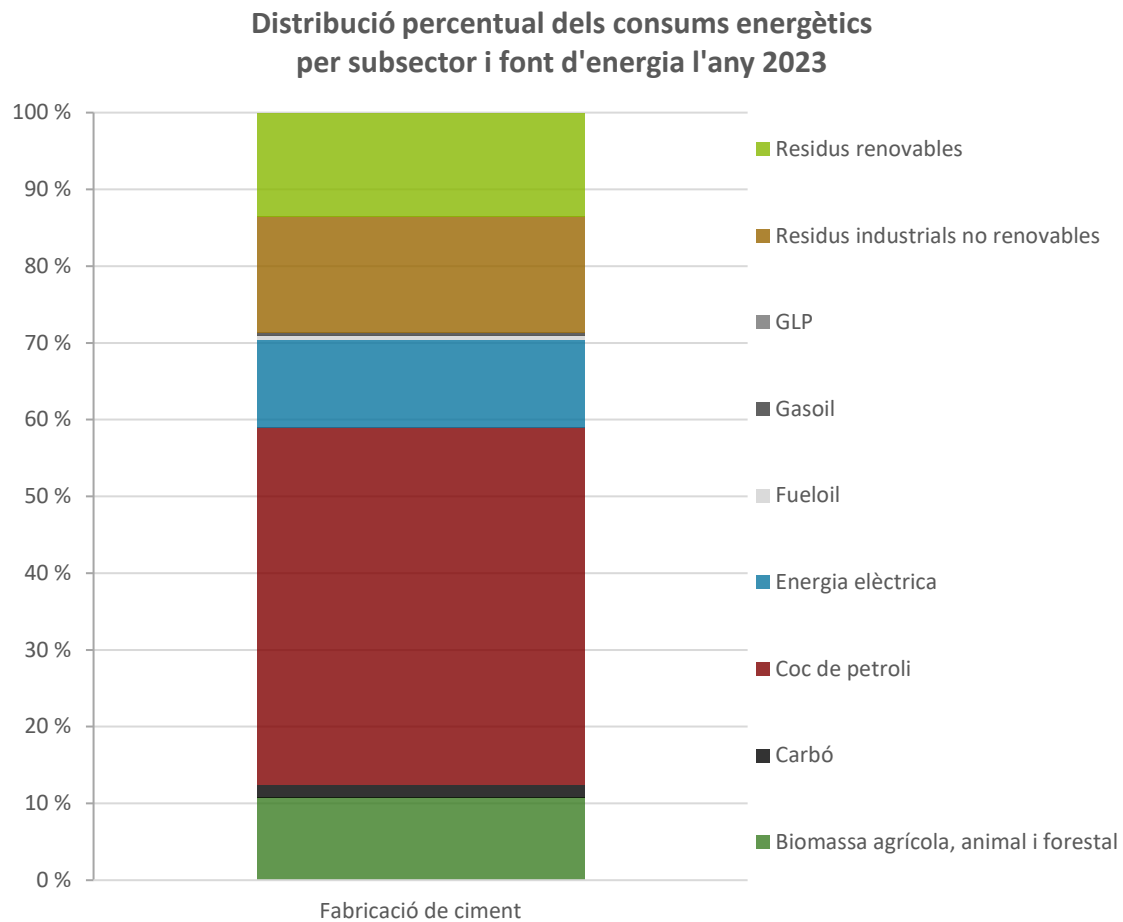


Figura 3. Distribució del consum energètic per font energètica l'any 2023. Font: ICAEN, a partir de les dades de l'Estadística del consum energètic del sector industrial (ECESI).

Ahora, el sector del ciment es caracteritza per unes emissions importants de gasos d'efecte hivernacle, a causa de dues raons principals. En primer lloc, es tracta, com s'ha assenyalat, d'un sector intensiu en el consum d'energia, sobretot de combustibles fòssils amb alts factors d'emissió, com el coc de petroli. En segon lloc, cal destacar que es produeixen volums importants d'emissions de procés, a causa de la descarbonatció de les matèries primeres utilitzades per produir ciment, sobretot la pedra calcària (CaCO_3), que produeix calç (CaO). **Les emissions de procés suposen, aproximadament, un 61 % de les emissions totals de gasos d'efecte hivernacle del sector.**

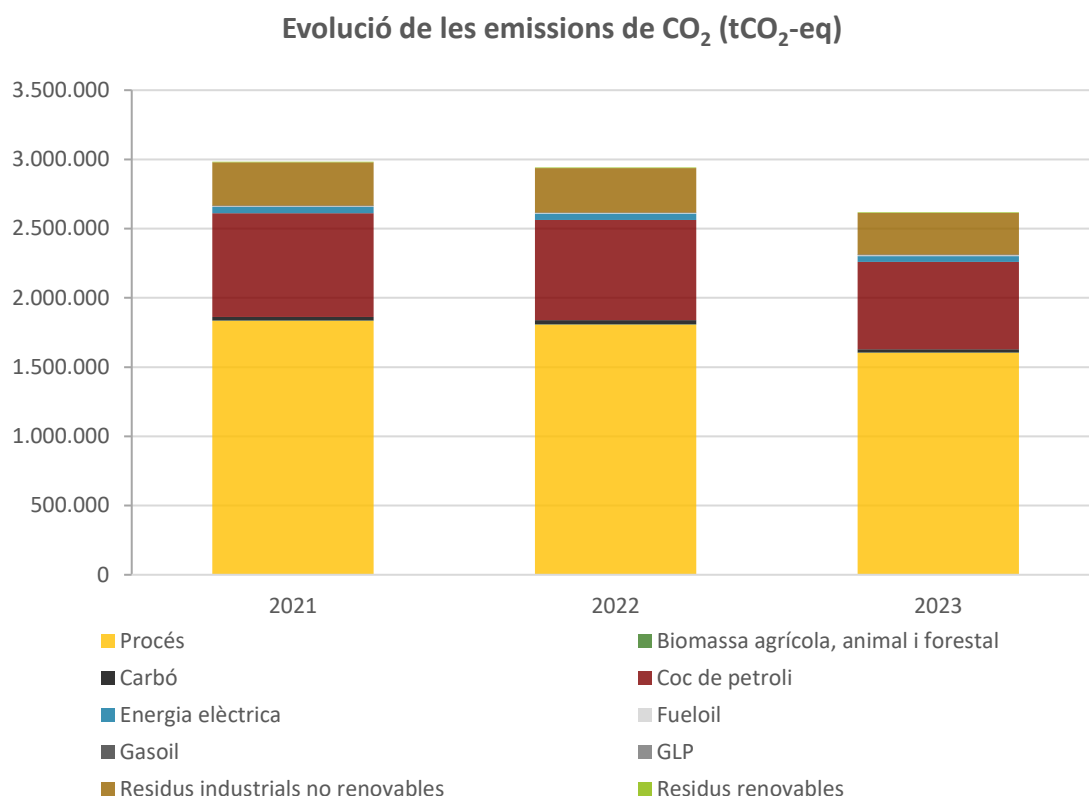


Figura 4. Evolució de les emissions de CO₂ al sector del ciment (2021-2023) per font energètica. Font: ICAEN, a partir de les dades de consum energètic.

Davant la necessitat de reduir les emissions actuals d'aquest sector, es plantegen les estratègies següents per poder assolir la seva descarbonització.

Tecnologies/estratègies	Nivell de maduresa tecnològica (NMT) (2026)	Cost de reducció (€/tCO₂)	Estalvi d'emissions (kgCO₂/t ciment)
Eficiència energètica	9	-1.215,7 / -17,0	0,1 / 4,2
Autogeneració renovable	9	-14,2	-
Electrificació alta temp.	8	67,5	67
Biomassa alta temp.	9	-35,9	480
Biometà alta temp.	9	47,1	490
Hidrogen verd alta temp.	6-8	161,9	490
Canvis en el procés i materials	5-9	-20 / 25	87
Captura de CO ₂	4-9	10-120	98-99 %

Taula 1. Avaluació dels paràmetres del nivell de maduresa tecnològica (NMT), cost de reducció i estalvi d'emissions de les estratègies clau proposades. Font: Elaboració pròpia.

A partir de l'avaluació i prioritització de les estratègies anteriors es configura el **full de ruta per a la descarbonització del sector de fabricació de ciment**, el qual és coherent amb les restriccions de tipus tècnic i econòmic de les estratègies plantejades.

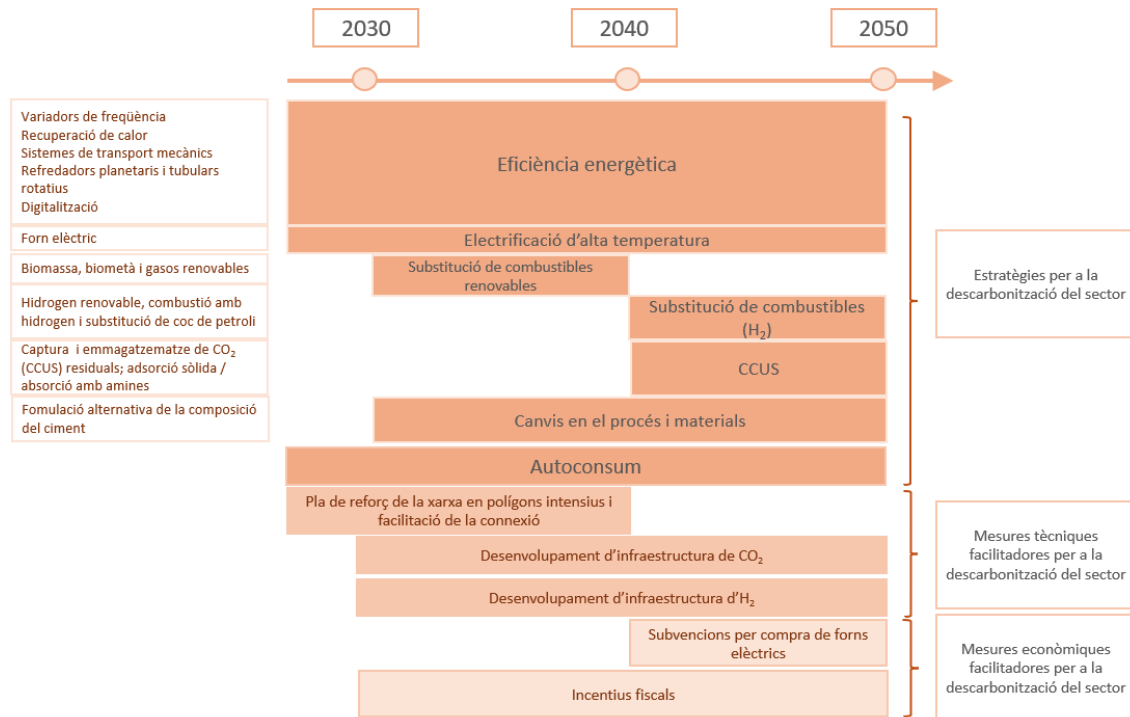


Figura 5. Estratègies i mesures en la configuració del full de ruta proposat per al sector del ciment. Font: Elaboració pròpia.

Es preveu que l'aplicació d'aquest full de ruta permeti dur a terme la transició cap a la descarbonització del consum energètic del sector de fabricació de ciment, des d'un model amb forta presència de combustibles fòssils i altes emissions de gasos d'efecte hivernacle fins a **un model en el qual les fonts d'energia utilitzades es basen en combustibles alternatius d'origen renovable, com la biomassa i el biogàs**.

La figura següent mostra, de manera més específica, com es produeix el canvi de fonts d'energia utilitzades per produir ciment. El més destacable és la forta reducció en el consum de coc de petroli, que passa de suposar un 47 % del consum energètic total del sector el 2023 a desaparèixer completament el 2050. Aquesta font d'energia és substituïda principalment per la biomassa agrícola, animal i forestal, que suposarà un 19 % del consum energètic total el 2050. L'energia elèctrica passa a tenir un paper important també, amb un 35 % del consum total el 2050.

A curt termini, no obstant això, no s'espera una modificació radical dels vectors energètics utilitzats, si bé es tendeix a reduir el consum de coc de petroli i a eliminar el consum que queda de carbó i de fuel.

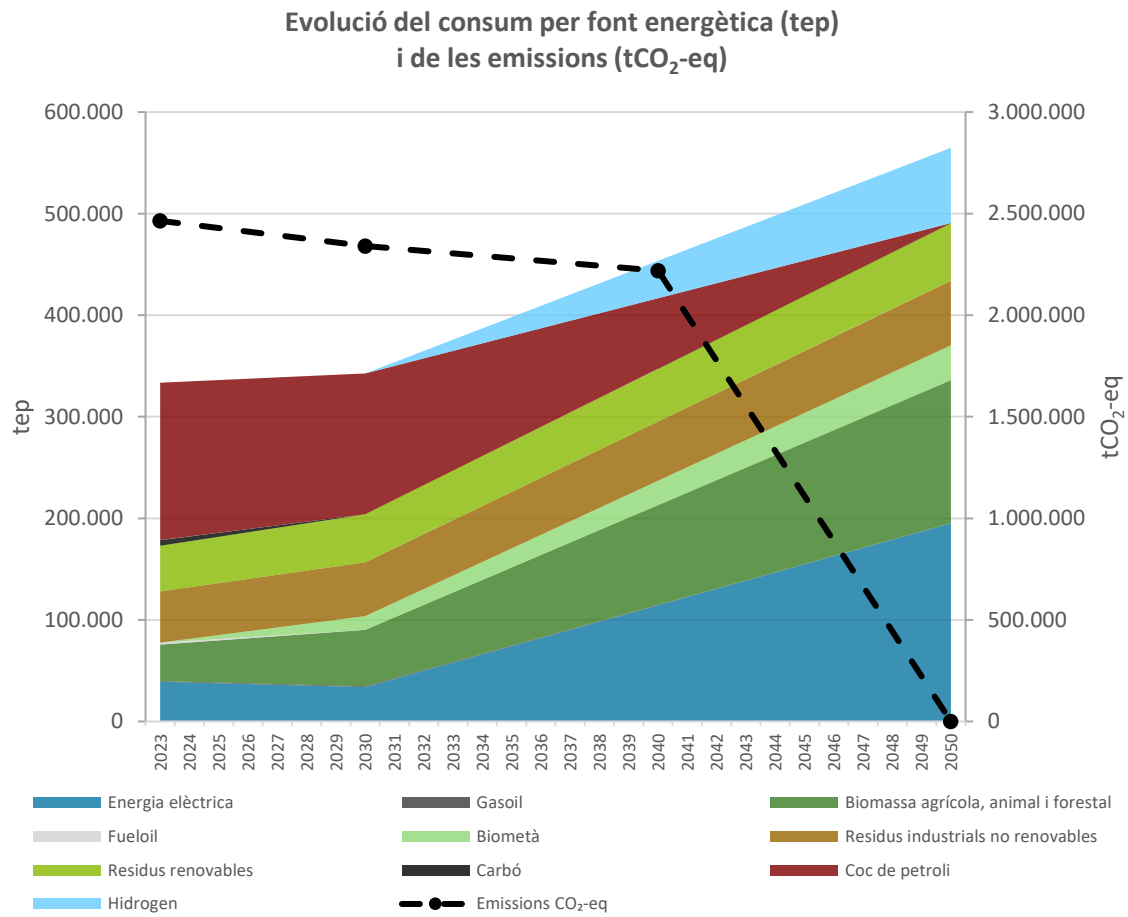


Figura 6. Evolució del consum i de les emissions anuals del sector del ciment en funció de la font energètica. Font: Elaboració pròpia.

S'ha estimat que la producció de ciment creixerà els pròxims anys, concretament un 5 % entre 2023 i 2030 i un 20 % entre 2030 i 2050; per això, el consum energètic total té una tendència creixent. També cal destacar que una **part de l'augment del consum energètic observat prové del consum extra necessari per alimentar les tecnologies de captura de CO₂, les quals caldrà desplegar per mitigar les emissions de procés, així com les emissions degudes a l'ús de residus industrials no renovables.**

No obstant això, l'estratègia proposada permetrà reduir les emissions de CO₂, sobretot a partir de 2030 i 2040, **fins a una total descarbonització del sector de la fabricació de ciment el 2050.** Cal destacar que aquesta descarbonització s'obtindrà mitjançant dues vies: l'eliminació de les fonts d'energia que suposen emissions de gasos d'efecte hivernacle (especialment, el coc de petroli) i també el desenvolupament de tecnologies de captura de CO₂, que permetran evitar les emissions de procés derivades del procés de clínquerització.

Subsector
Cuir i calçat

Resum executiu

El sector del cuir i calçat a Catalunya és un pilar rellevant del teixit industrial, estretament vinculat als sectors de la moda, l'automoció (tapisseries i components interiors), el mobiliari (revestiments i acabats), la marroquineria, l'equipament esportiu i altres aplicacions tècniques i industrials.

A efectes d'aquests treballs, s'han distingit les activitats o subsectors següents, els quals han estat avaluats de manera diferenciada: confecció de peces de vestir de pell, indústria del cuir i el calçat i reparació de calçat i altres articles de cuir.

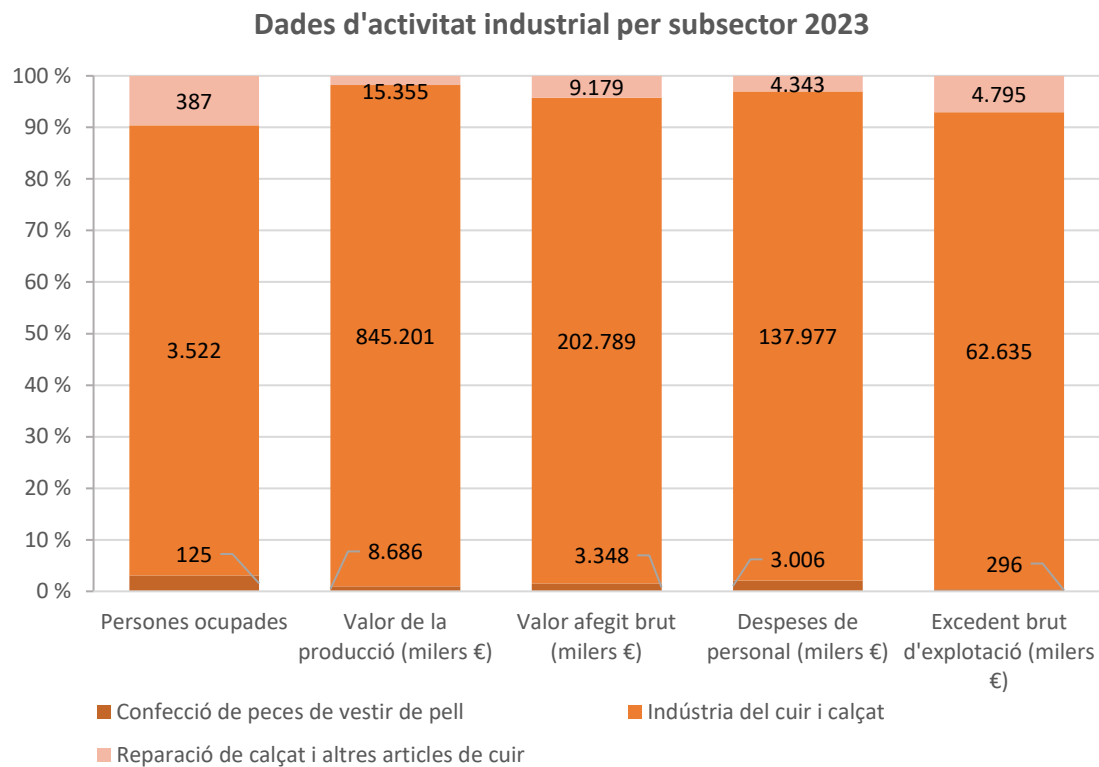


Figura 1. Dades d'activitat industrial per al sector del cuir i calçat (2023): producció (k€), VAB (k€), despeses de personal (k€), excedent brut d'explotació (k€) i persones ocupades. Font: Idescat, a partir del Directori central d'empreses (DIRCE) de l'INE.

El sector del cuir i calçat ocupa, actualment, aproximadament **4.000 treballadors**, repartits en unes **300 empreses**, i és un sector en què predominen les petites i mitjanes empreses, però amb la participació d'algunes indústries de gran presència i impacte.

Tot i que amb certes particularitats per a cadascuna de les activitats avaluades, en general, es poden distingir les etapes o processos següents.



Figura 2. Diagrama dels processos i les etapes que es duen a terme en el sector del cuir i calçat. Font: Elaboració pròpia.

Aquest sector es caracteritza per una **combinació de processos mecànics i tèrmics de baixa i mitjana temperatura** distribuïts al llarg de la cadena productiva. Es tracta d'un sector amb una intensitat energètica moderada però significativa en determinades etapes com el bany

de calç, l'acabat o l'assecatge, en què es requereix calor en forma de vapor i energia tèrmica per assolir temperatures que poden arribar aproximadament fins als 90 °C.

El consum energètic del sector es basa principalment en l'ús de gas natural, que representa aproximadament la meitat del consum total i es destina majoritàriament a la generació de vapor i calor de procés, i **l'energia elèctrica**, amb un pes proper al 40 %, associada principalment al funcionament de maquinària i equips. De manera complementària, el sector també té un consum menor de gasoil, aproximadament el 10% restant.

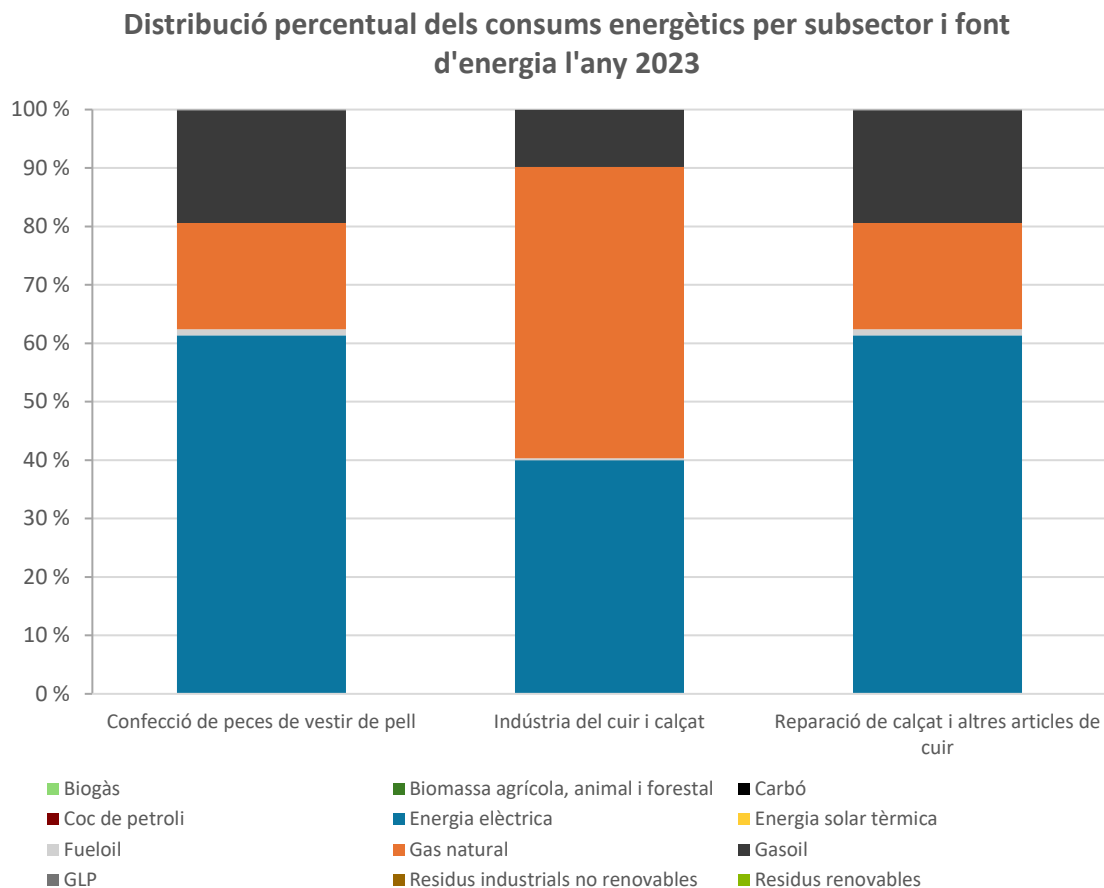


Figura 3. Distribució del consum energètic per subsector i font energètica l'any 2023. Font: ICAEN, a partir de les dades de l'Estadística del consum energètic del sector industrial (ECESI).

La intensitat energètica del sector es tradueix en emissions de CO₂ degudes principalment al consum de gas natural, que representa aproximadament el 57,3 % de les emissions. L'electricitat també contribueix de manera significativa (entorn del 24,6 %) a través d'emissions indirectes associades a la matriu elèctrica, mentre que el gasoil representa un 17,3 %. En aquest sector, les emissions provenen totalment del consum energètic, ja que no hi ha emissions de procés significatives.

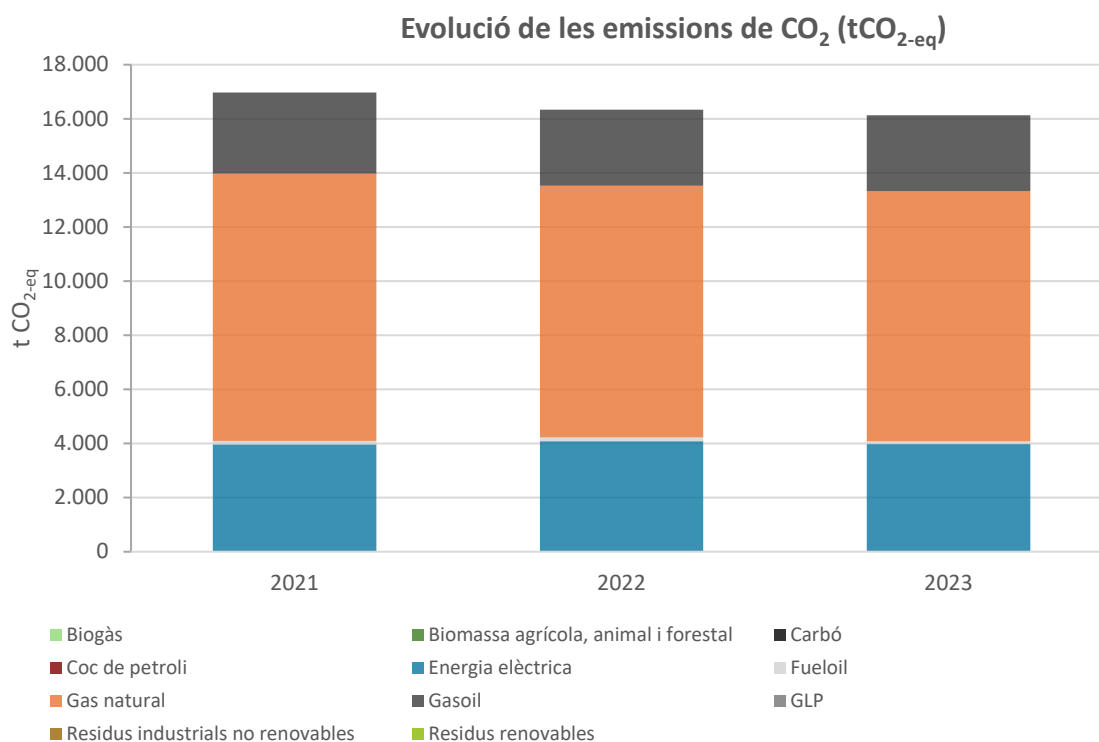


Figura 4. Evolució de les emissions de CO₂ al sector del cuir i calçat (2021-2023) per font energètica. Font: ICAEN, a partir de les dades de consum energètic.

Davant la necessitat de reduir les emissions actuals d'aquest sector, es plantegen les estratègies següents per poder assolir la seva descarbonització.

<i>Tecnologies/estratègies</i>	<i>Nivell de maduresa tecnològica (NMT) (2026)</i>	<i>Cost de reducció (€/tCO₂)</i>	<i>Estalvi d'emissions (kgCO₂/t de cuirs i pells depilats de bovins)</i>
Eficiència energètica	9	-150	50
Autogeneració renovable	9	-15	-
Electrificació baixa i mitjana temperatura	8	118	286
Biometà baixa i mitjana temperatura	9	80	496

Taula 1. Avaluació dels paràmetres del nivell de maduresa tecnològica (NMT), cost de reducció i estalvi d'emissions de les estratègies clau proposades. Font: Elaboració pròpia.

De l'avaluació i prioritització de les estratègies anteriors es configura el **full de ruta per a la descarbonització del sector del cuir i calçat**, el qual és coherent amb les restriccions de tipus tècnic i econòmic de les estratègies plantejades.

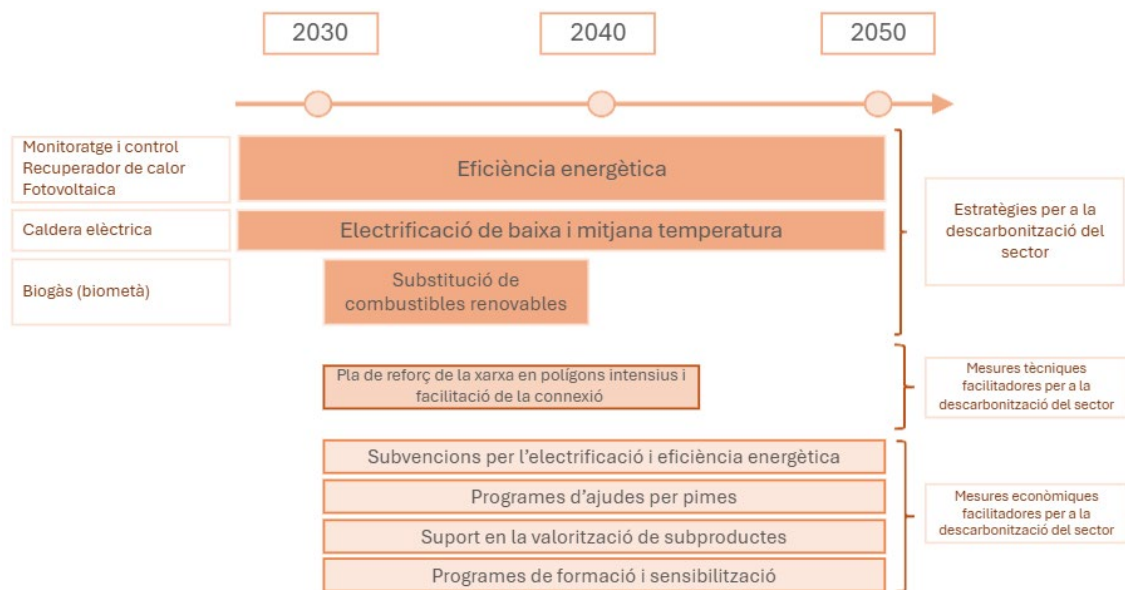


Figura 5. Estratègies i mesures en la configuració del full de ruta proposat per al sector del cuir i calçat. Font: Elaboració pròpia.

L'aplicació d'aquest full de ruta permetrà fer una transició en el model de consum energètic del sector del cuir i calçat **des d'un model amb una forta presència de combustibles fòssils (majoritàriament basat en l'ús del gas natural) fins a un model electrificat.**

De manera més específica, s'observa a la figura següent que, a curt termini, l'electrificació progressiva dels processos tèrmics i la introducció del biogàs permeten reduir significativament el consum de combustibles fòssils, especialment el gasoil i el fueloil. Tot i que entre 2023 i 2030 es preveu un increment de la producció del sector d'aproximadament un 10 %, el consum d'energia elèctrica es manté relativament estable, ja que l'augment derivat de l'electrificació és compensat per mesures d'eficiència energètica, recuperació de calor i digitalització dels processos. El biogàs es planteja com una solució de transició per als usos en els quals una electrificació sigui complexa, o en els quals sigui més econòmic el seu ús substituint directament gas natural.

A més llarg termini, el consum energètic augmenta principalment a causa d'un increment previst del 60 % de la producció entre 2030 i 2050, però l'electrificació de la demanda tèrmica, juntament amb l'ús d'energies renovables, permet reduir les emissions de CO₂ fins a aconseguir la **completa descarbonització del sector del cuir i calçat l'any 2050.**

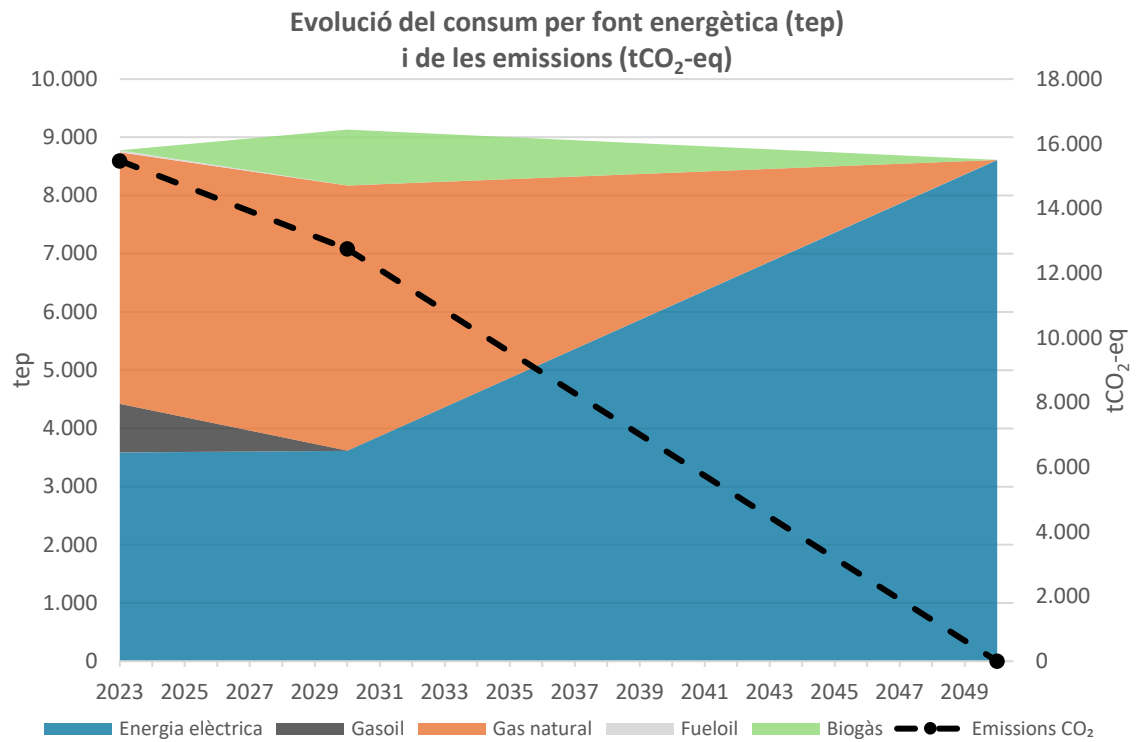


Figura 6. Evolució del consum i les emissions anuals del sector del cuir i calçat en funció de la font energètica. Font: Elaboració pròpia.

Subsector
Energètic

Resum executiu

El sector energètic a Catalunya, que consta principalment de la refinació de petroli, va tenir el 2023 un consum energètic de 382.288,6 tones equivalents de petroli, la qual cosa va suposar un 7,8 % del total del sector industrial de Catalunya. Aquest consum energètic sumat al fet que es tracta d'un sector que elabora productes i subproductes clau tant per a altres sectors industrials com per a altres sectors econòmics el posicionen com un dels grans pilars de la indústria.

La figura següent mostra les principals dades d'activitat industrial del sector energètic (de manera conjunta amb el sector de les indústries extractives no energètiques)¹ a Catalunya per al període 2015-2023.

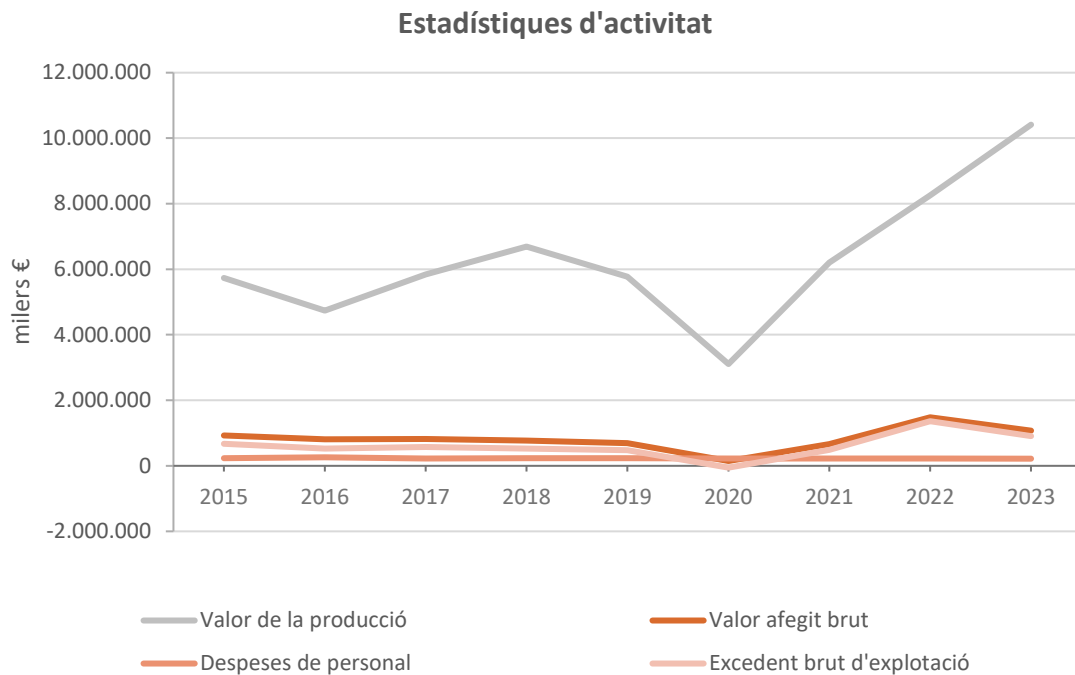


Figura 1. Dades d'activitat industrial per al sector energètic (amb el sector de les indústries extractives no energètiques) (2015-2023). Font: Idescat.

En l'actualitat, el sector energètic, conjuntament amb el sector de les indústries extractives, ocupa aproximadament entre 3.300 i 3.400 professionals (3.369 el 2023), en 176 empreses. En aquest sector predominen les petites empreses, amb menys de 10 empleats (80 unitats legals, un 45,5 %), i les que tenen entre 10 i 49 empleats (44 unitats legals, un 25,0 %). Només hi ha 3 unitats legals considerades gran empresa. En qualsevol cas, cal esmentar que, en el sector de la refinació de petroli, hi ha una estructura marcada per la presència de grans indústries petroquímiques, situades principalment a la comarca del Tarragonès.

1. A causa de la desagregació en la font de dades d'origen no és possible desagregar les dades del sector energètic de les del sector de les indústries extractives no energètiques.

El procés de refinació de petroli és complex, i inclou un gran nombre de fases, en les quals s'obtenen diferents productes.

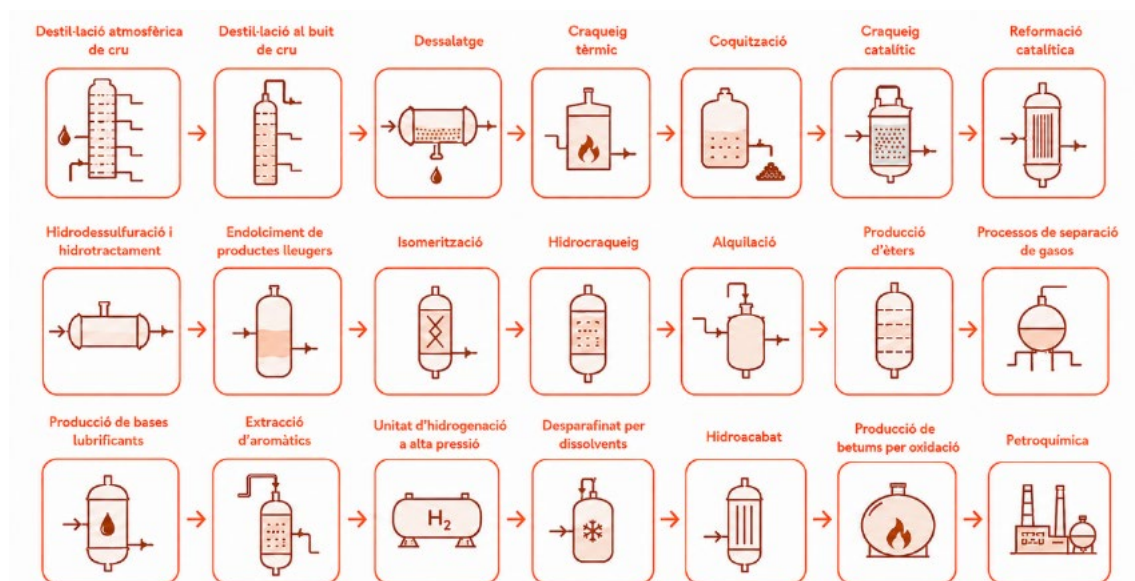


Figura 2. Diagrama dels processos i les etapes que es duen a terme al sector energètic. Font: Elaboració pròpia.

En termes generals, el sector energètic es caracteritza per un alt consum energètic, ja que molts dels processos descrits anteriorment necessiten assolir altes temperatures i pressions. D'altra banda, es tracta d'un sector amb un consum d'electricitat baix en comparació amb la demanda de combustibles fòssils. Una particularitat d'aquest sector, compartida amb el sector químic, és l'ús de gasos de refinaria. Es tracta de mescles d'hidrocarburs lleugers (com hidrogen, metà, etilè, propà i butà) que es generen en els processos de refinació que impliquen destil·lació i que no es poden recuperar per a la seva venda (a causa de l'alt contingut en impureses). Per això, s'utilitzen en la mateixa planta com a font d'energia, i van aportar, el 2023, el 21,85 % de l'energia necessària en aquest sector.

Distribució percentual dels consums energètics per subsector i font d'energia l'any 2023

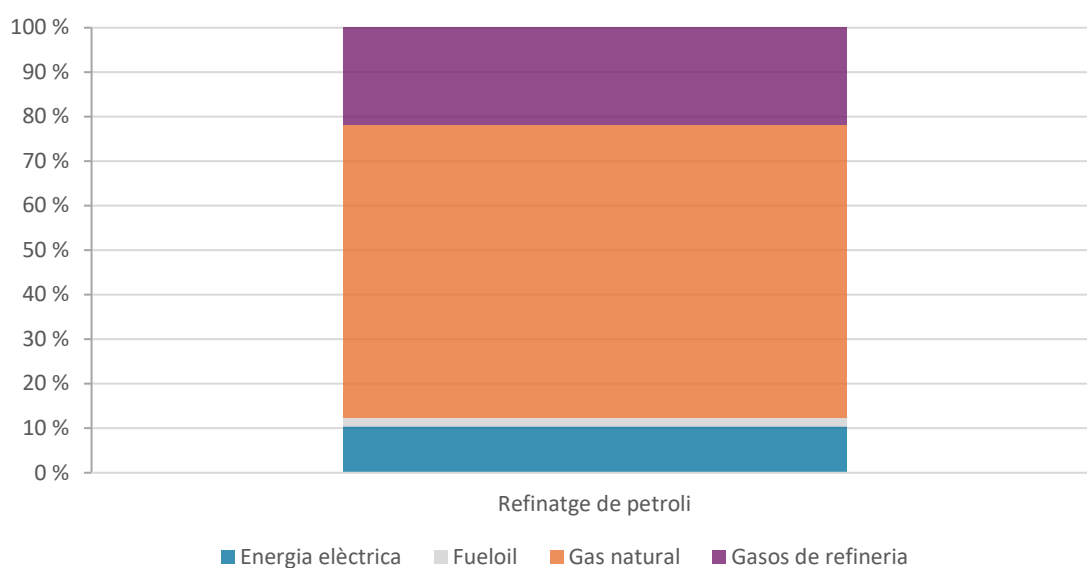


Figura 3. Distribució del consum energètic per font energètica l'any 2023. Font: ICAEN, a partir de les dades de l'Estadística del consum energètic del sector industrial (ECESI).

Pel que fa a les emissions de gasos d'efecte hivernacle, el sector energètic va ser responsable de 805.132,4 tones de CO₂ equivalent el 2023, que equivalen a un 8,4 % del total de la indústria catalana aquest any. Per font d'energia, la majoria de les emissions es deuen al consum de gas natural (66,1 %). Pel que fa a les fases del procés, la coquitxació és la que produeix més emissions (32,0 % del total), seguida de la reformació catalítica (9,4 %) i de la destil·lació al buit de cru (7,5 %). No hi ha emissions de procés en aquest sector.

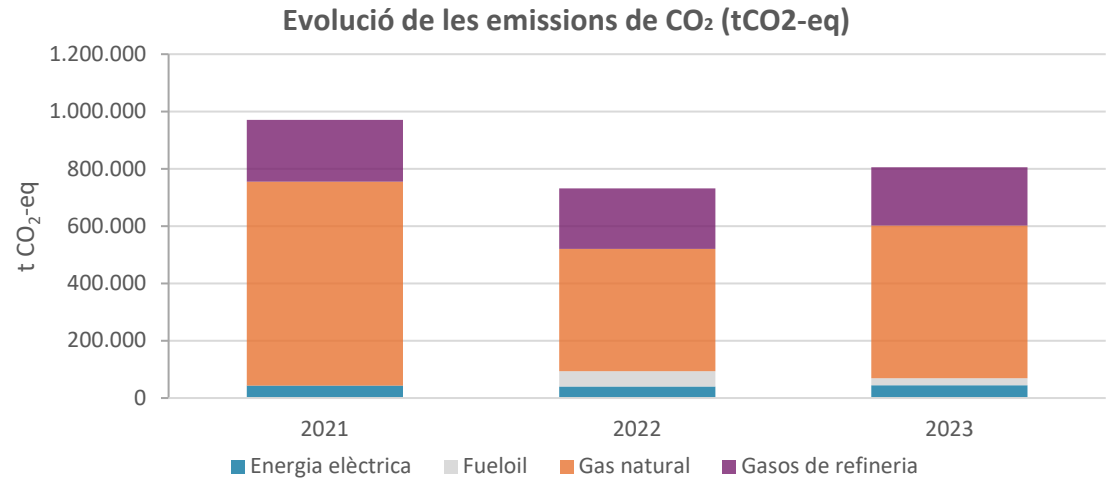


Figura 4. Evolució de les emissions de CO₂ en el sector energètic (2021-2023) per font energètica. Font: ICAEN, a partir de les dades de consum energètic.

Davant la necessitat de reduir les emissions actuals d'aquest sector, cal plantejar les estratègies necessàries per assolir la seva descarbonització.

Abans d'abordar-les, però, cal fer menció que, en els plans de descarbonització aquí elaborats, es planteja una reconversió estructural de l'activitat fent una transició des del model actual estàndard de refinaria cap a un model de biorefineries, en què l'ús de matèries primeres d'origen biològic i la circularitat de productes marcarà la nova activitat.

No és l'objectiu d'aquest pla abordar completament com s'ha de dur a terme aquesta transformació estructural, però sí que s'aborden els canvis i les actuacions que s'haurien de fer en l'àmbit energètic per fer possible la descarbonització en aquest nou plantejament. Així, es plantegen, de manera genèrica, les estratègies següents.

<i>Tecnologies/estratègies</i>	<i>Nivell de maduresa tecnològica (NMT) (2026)</i>	<i>Cost de reducció (€/tCO₂)</i>	<i>Estalvi d'emissions (kgCO₂/t producte)</i>
Eficiència energètica	9	-154,1 / -17,0	219,5
Autogeneració renovable	9	-14,2	-
Electrificació alta temp.	8-9	185,1	250
Biomassa alta temp	9	-83,7	1.903,1
Biometà alta temp.	9	79,1	1.973,6
Hidrogen verd alta temp.	6-9	279,5	1.975,7

Taula 1. Avaluació dels paràmetres del nivell de maduresa tecnològica (NMT), cost de reducció i estalvi d'emissions de les estratègies clau proposades. Font: Elaboració pròpia.

De l'avaluació i prioritització de les estratègies anteriors es configura el **full de ruta per a la descarbonització del sector energètic**, el qual és coherent amb les restriccions de tipus tècnic i econòmic de les estratègies plantejades.

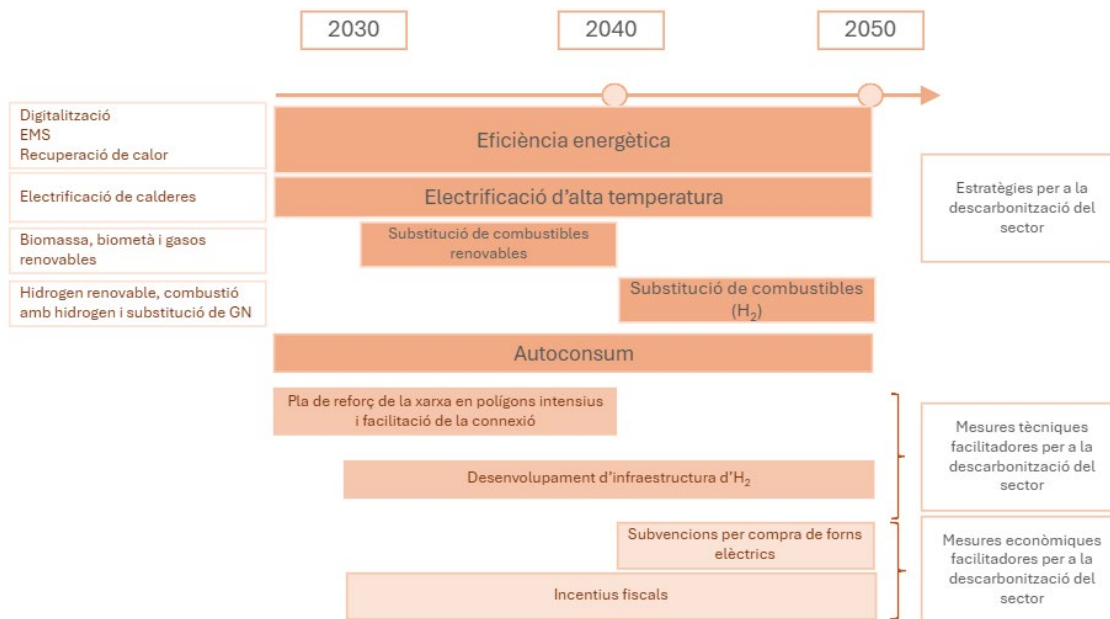


Figura 5. Estratègies i mesures en la configuració del full de ruta proposat per al sector energètic. Font: Elaboració pròpia.

D'acord amb aquest full de ruta, el 2050, s'assoliria una reducció de les emissions de gasos d'efecte hivernacle del sector energètic del 87,8 % respecte del 2023. La descarbonització es basarà, com s'indica, en la substitució de l'ús de gas natural per energia elèctrica i hidrogen com a font de calor. La descarbonització no és completa, atès que l'activitat de la refinació de petroli genera gasos de refinaria.

Aquests gasos de refinaria caldrà utilitzar-los com a font energètica o com a subproducte valoritzat, perquè, si s'emeten lliurement a l'atmosfera, suposarien un gran perill de contaminació atmosfèrica. No obstant això, es planteja una transició del sector de la refinació d'un model basat totalment en combustibles fòssils a un concepte de biorefinaria. D'aquesta manera, els gasos de refinaria generats el 2050 estarien compostos en un 90 % per gasos procedents de la biomassa (biogases de refinaria) i tan sols el 10 % per gasos procedents de combustibles fòssils (gasos de refinaria).

La figura següent mostra, de manera més específica, l'evolució dels consums energètics del sector energètic. Cal destacar com es passa d'un sector basat principalment en el gas natural el 2023 (65,6 % del total) a un sector en el qual el consum es basa en l'electricitat (56,9 % del total), complementat per biogases de refinaria (20,1 %) i hidrogen (20,8 %).

A curt termini, no obstant això, no s'espera una modificació radical de la matriu energètica, més enllà d'una substitució progressiva del gas natural per energia elèctrica i de l'ús transitori d'una petita quantitat de biomassa agrícola, animal i forestal per generar calor (cobriria un 6,6 % de la demanda energètica el 2030). A partir de 2030, s'espera que es comenci a utilitzar hidrogen per acabar de substituir els combustibles fòssils usats actualment en els processos que requereixen unes temperatures més altes.

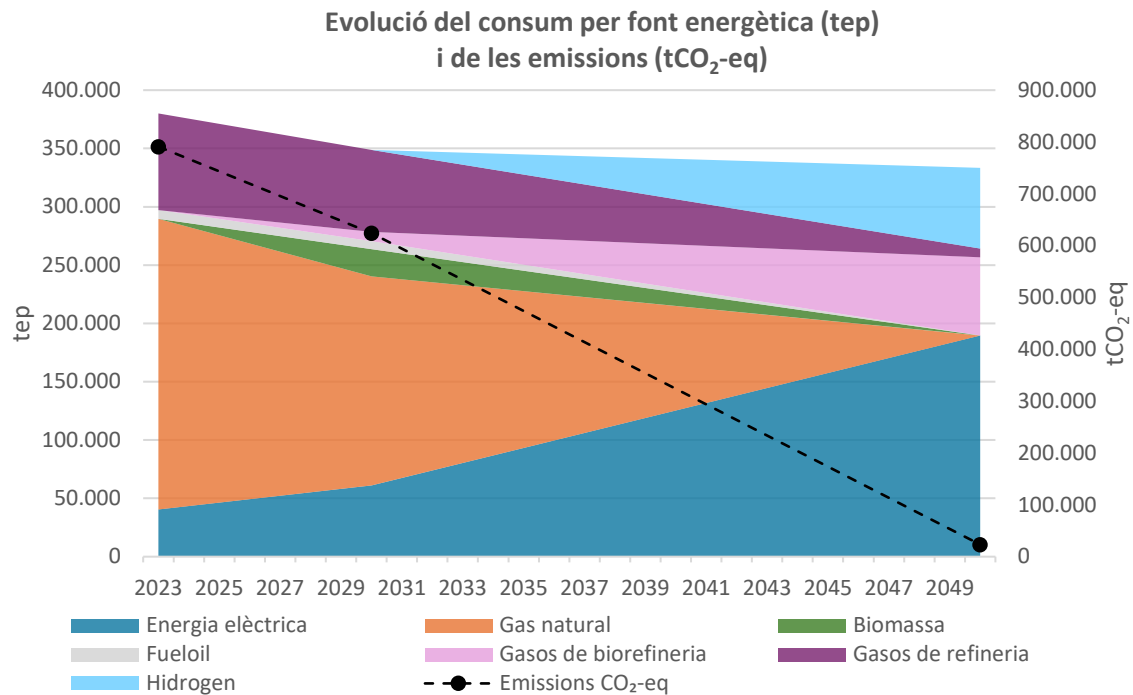


Figura 6. Evolució del consum i les emissions anuals del sector energètic en funció de la font energètica.
Font: Elaboració pròpia.

S'ha estimat que la producció del sector energètic romandrà constant entre 2023 i 2050. No obstant això, el consum total d'energia es reduirà un 8,2 % entre 2023 i 2030, i un 4,4 % addicional fins a 2050, a causa de l'ús de calderes de generació de calor elèctriques, en lloc de calderes basades en gas natural. La tecnologia elèctrica presenta una eficiència superior a les calderes de combustió, la qual cosa explica la caiguda en els consums d'energia.

Com s'ha indicat, **l'estratègia proposada permetria una reducció de les emissions de gasos d'efecte hivernacle del 97,0 %** entre 2023 i 2050, i restaria un romanent de 23.000 tones equivalents de CO₂ el 2050, a causa de la part dels gasos de refinèria d'origen fòssil que es continuaran utilitzant el 2050.

Subsector
**Fusta, suro
i mobles**

Resum executiu

El sector de la fusta, el suro i els mobles a Catalunya és un pilar rellevant del teixit industrial, estretament vinculat als sectors de la construcció (estructura i acabats), el mobiliari i la decoració, l'embalatge, com també a altres aplicacions tècniques i industrials, incloent-hi la valorització de biomassa.

A efectes d'aquests treballs, s'han distingit les activitats o subsectors següents, els quals han estat avaluats de manera diferenciada: indústria de la fusta i del suro, excepte mobles, cistelleria i esparteria; fabricació de fulloles i taulers de fusta; fabricació de mobles, i reparació de mobles i articles de parament de la llar.

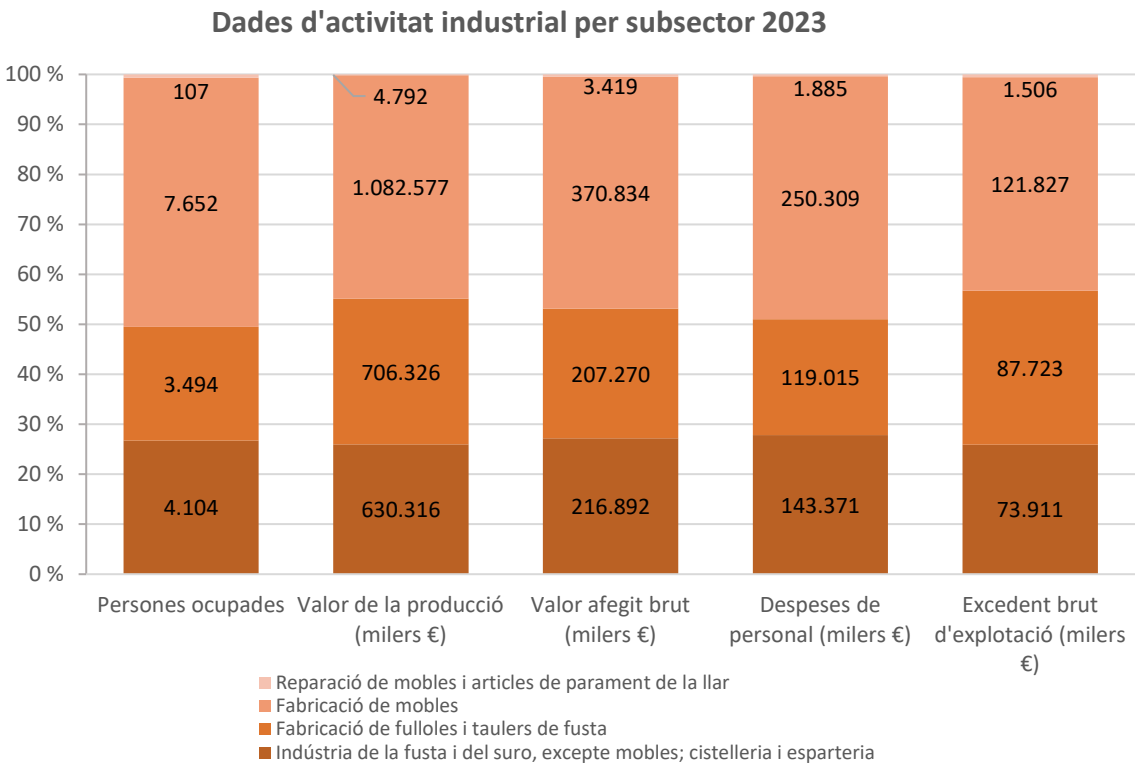


Figura 1. Dades d'activitat industrial per al sector de la fusta, el suro i els mobles (2023): producció (k€), VAB (k€), despeses de personal (k€), EBE (k€) i persones ocupades.¹ Font: Idescat, a partir del Directori central d'empreses (DIRCE) de l'INE.

El sector de la fusta, el suro i els mobles ocupa aproximadament **15.000 professionals** (15.357 el 2023), repartits en unes **3.000 empreses**, i és un sector en què predominen les petites i mitjanes empreses, però amb la participació d'algunes indústries de gran presència i impacte.

Tot i que amb certes particularitats per a cadascuna de les activitats avaluades, en general, es poden distingir les etapes o processos següents.

1. Les estadístiques del subsector de fabricació de mobles inclouen el subsector de fabricació de matalassos, que pertany al sector tèxtil i confecció, seguint l'estructura de les estadístiques de l'Idescat.



Figura 2. Diagrama dels processos i les etapes que es duen a terme en el sector de la fusta, el suro i els mobles. Font: Elaboració pròpia.

Aquest sector es caracteritza per una **combinació de processos mecànics i tèrmics de baixa i mitjana temperatura** distribuïts al llarg de la cadena productiva. Es tracta d'un sector amb una intensitat energètica moderada, però significativa en determinades fases, especialment en l'assecat de la fusta en forn i en processos com el premsat o l'encolatge, en què es requereix calor que habitualment se situa en rangs de temperatura inferiors als 200 °C.

El sector es caracteritza per l'**elevada dependència de la biomassa agrícola, animal i forestal i l'energia elèctrica**. De manera complementària, també destaca l'ús de gas natural (13 %) i gasoil (5 %).

Distribució percentual dels consums energètics per subsector i font d'energia l'any 2023

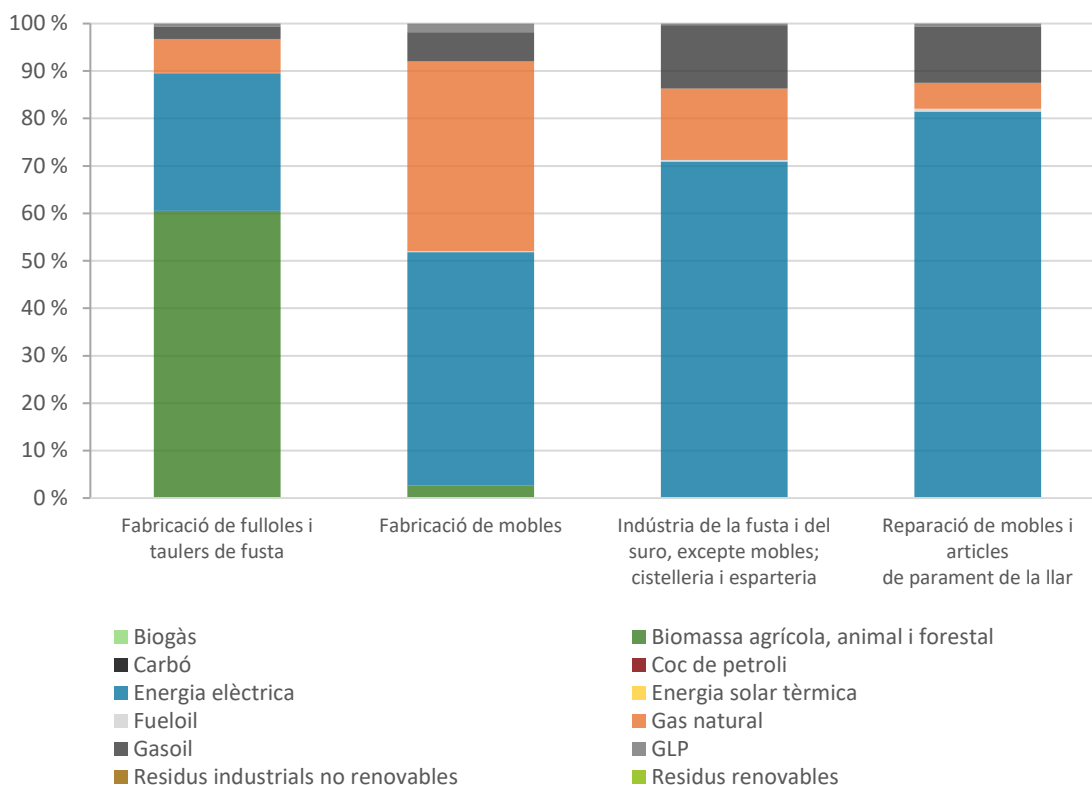


Figura 3. Distribució del consum energètic per subsector i font energètica l'any 2023. Font: ICAEN, a partir de les dades de l'Estadística del consum energètic del sector industrial (ECESI).

Les emissions de CO₂ del sector degudes principalment al consum d'electricitat, a través d'emissions indirectes associades a la matriu elèctrica, representen aproximadament el 46 %

de les emissions. El gas natural també contribueix de manera significativa, amb un 31 %. En aquest sector, les emissions provenen en la totalitat del consum energètic, ja que no hi ha emissions de procés.

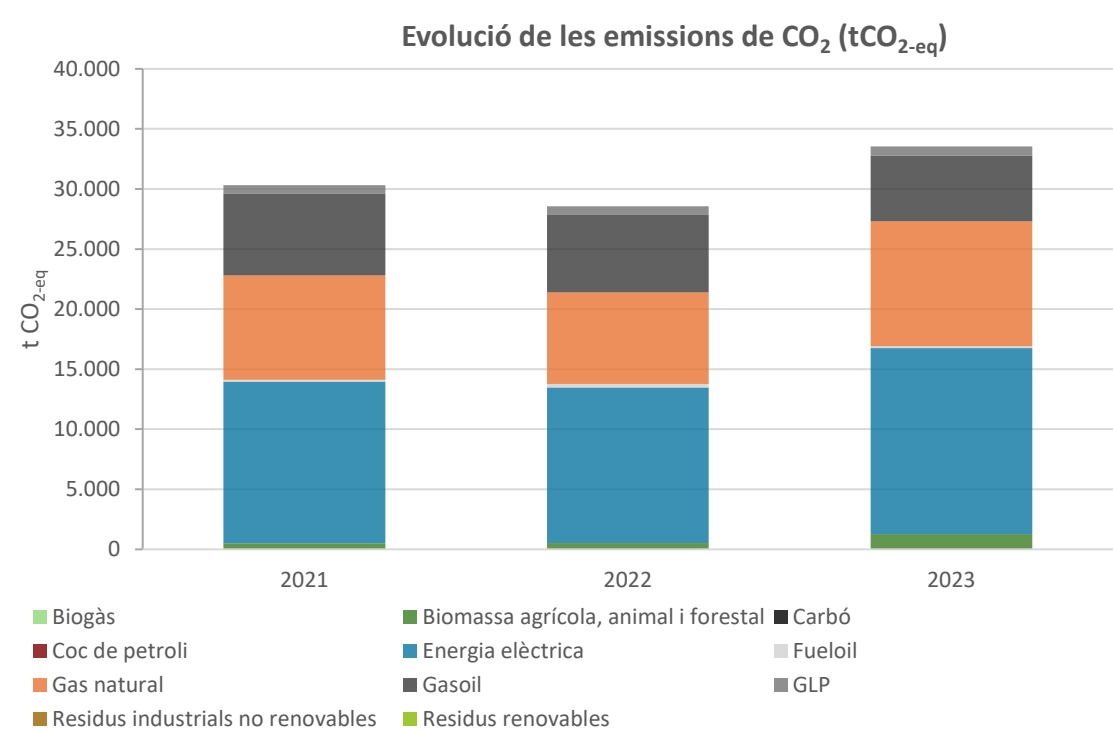


Figura 4. Evolució de les emissions de CO₂ al sector de la fusta, el suro i els mobles (2021-2023) per font energètica. Font: ICAEN, a partir de les dades de consum energètic.

Davant la necessitat de reduir les emissions actuals d’aquest sector, es plantegen les estratègies següents per assolir la seva descarbonització.

Tecnologies/estratègies	Nivell de maduresa tecnològica (NMT) (2026)	Cost de reducció (€/tCO ₂)	Estalvi d'emissions (%)
Eficiència energètica	9	17	5-18 %
Autogeneració renovable	9	-15	100 %
Electrificació baixa i mitjana temp.	8	-130	57,5 %
Biomassa baixa i mitjana temp.	9	80	99,9 %

Taula 1. Avaluació dels paràmetres del nivell de maduresa tecnològica (NMT), cost de reducció i estalvi d'emissions de les estratègies clau proposades. Font: Elaboració pròpia.

De l'avaluació i prioritització de les estratègies anteriors es configura el **full de ruta per a la descarbonització del sector de la fusta, el suro i els mobles**, el qual és coherent amb les restriccions de tipus tècnic i econòmic de les estratègies plantejades.

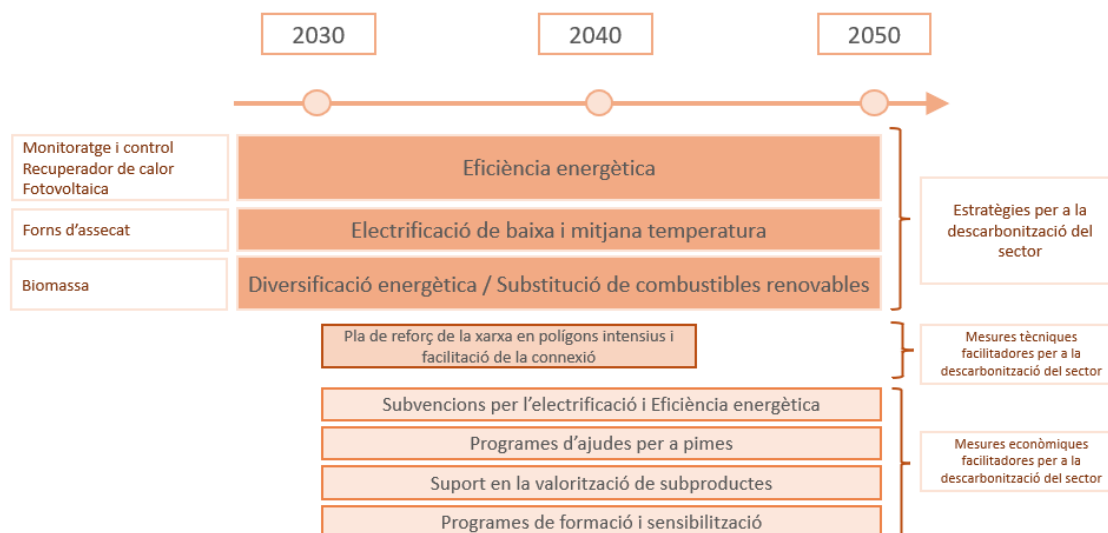


Figura 5. Estratègies i mesures en la configuració del full de ruta proposat per al sector de la fusta, el suro i els mobles. Font: Elaboració pròpia.

L'aplicació d'aquest full de ruta permetrà impulsar una transició en el model de consum energètic del sector de la fusta, el suro i els mobles **des d'un escenari actual amb una combinació d'electricitat, biomassa i una presència encara rellevant de combustibles fòssils (principalment gas natural i, en menor mesura, gasoil i fueloil) cap a un model progressivament descarbonitzat.**

De manera més específica, s'observa a la figura següent que, a curt termini, es produeix una reducció progressiva de l'ús de gas natural i la desaparició d'altres combustibles fòssils, mentre que augmenta el pes relatiu de l'electricitat i de la biomassa en la matriu energètica. A més llarg termini, es preveu un escenari sense dependència de combustibles fòssils, en què l'electrificació dels processos, juntament amb l'aprofitament de la biomassa, permeti avançar cap a la descarbonització pràcticament total del consum energètic del sector.

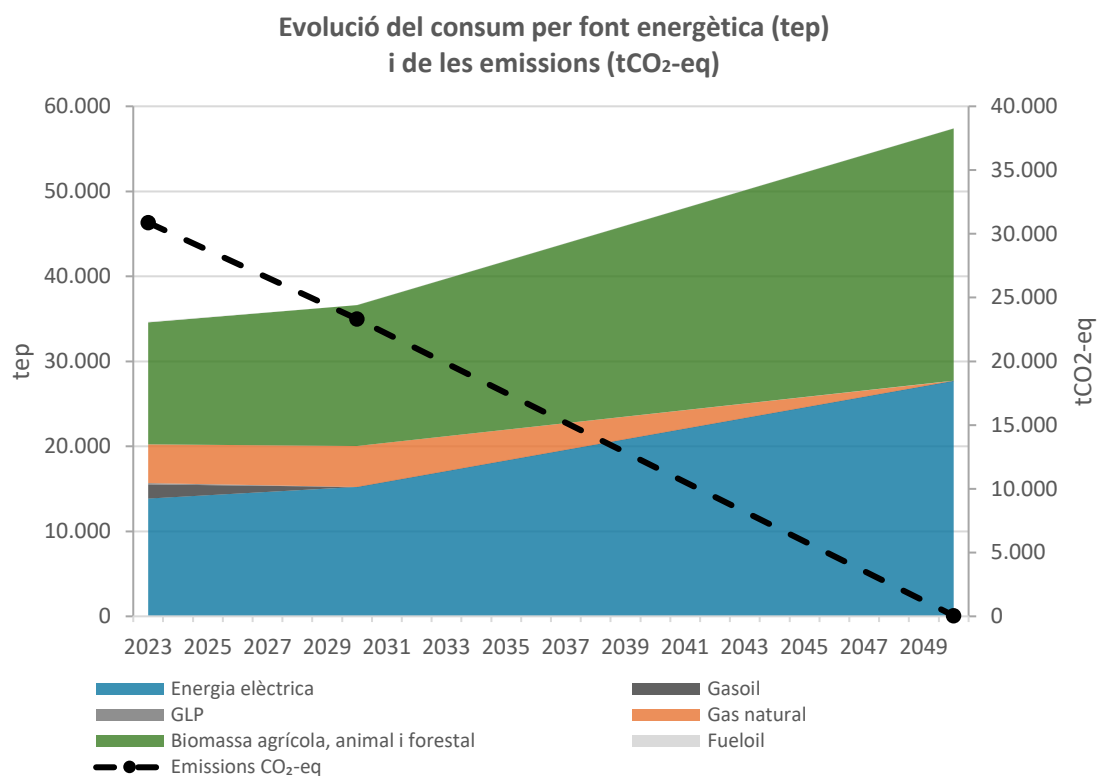


Figura 6. Evolució del consum i les emissions anuals del sector de la fusta, el suro i els mobles en funció de la font energètica. Font: Elaboració pròpia.

Finalment, es pot observar com, tot i que el consum energètic augmenta a mitjà i llarg termini, principalment a causa d'un increment previst del 60 % de la producció entre 2030 i 2050, l'estratègia proposada permet orientar les emissions de CO₂ cap a una tendència clarament descendent. En aquest sentit, la progressiva eliminació dels combustibles fòssils i la consolidació d'una matriu energètica basada en l'electricitat i la biomassa permetran assolir un elevat grau de descarbonització del sector de la fusta, el suro i els mobles l'any 2050.

Subsector
**Extractives no
energétiques**

Resum executiu

El sector de les indústries extractives no energètiques és important i estratègic dins del sector industrial de Catalunya, amb un consum energètic particular i no menor.

La figura següent mostra les principals dades d'activitat industrial d'aquest sector a Catalunya (conjuntament amb el sector energètic)¹ per al període 2015-2023.

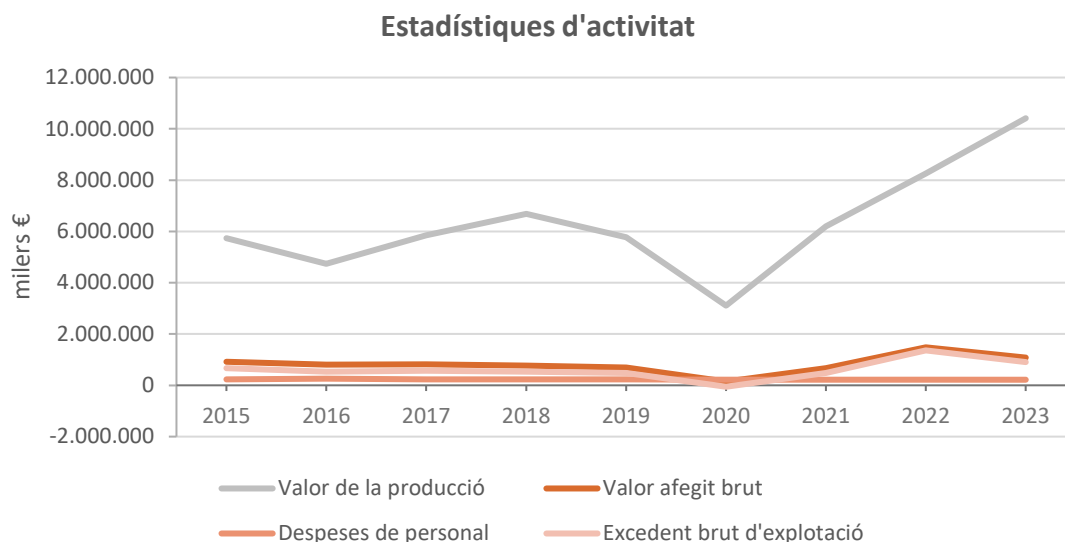


Figura 1. Dades d'activitat industrial per al sector de les indústries extractives no energètiques (amb el sector energètic) (2015-2023). Font: Idescat.

En l'actualitat, el sector de les indústries extractives no energètiques, de manera conjunta amb el sector energètic, ocupa aproximadament entre **3.300 i 3.400 professionals** (3.369 el 2023), en 176 empreses. En aquest sector predominen les petites empreses, amb menys de 10 empleats (80 unitats legals, un 45,5 %), i les que tenen entre 10 i 49 empleats (44 unitats legals, un 25,0 %). Es considera gran empresa solament 3 unitats legals.

El procés d'extracció de matèries primeres minerals consta de cinc fases principals, encara que la primera, la prospecció i revolta, no es considera dins dels processos per enclavar-se entre les activitats del sector serveis.



Figura 2. Diagrama dels processos i les etapes que es duen a terme en les indústries extractives no energètiques. Font: Elaboració pròpia.

El sector de les indústries extractives no energètiques es caracteritza per un **alt consum energètic, tant d'electricitat com de combustibles fòssils**, especialment en les activitats d'extracció del mineral i en la trituració i molta. Gran part dels consums d'energia, d'altra banda,

1. A causa de la desagregació en la font de dades d'origen no és possible desagregar les dades del sector de les extractives no energètiques de les del sector energètic.

es produeixen en maquinària mòbil, ja que sol trobar-se en zones de difícil accés i amb dificultat per connectar-se a xarxa.

Distribució percentual dels consums energètics per subsector i font d'energia l'any 2023

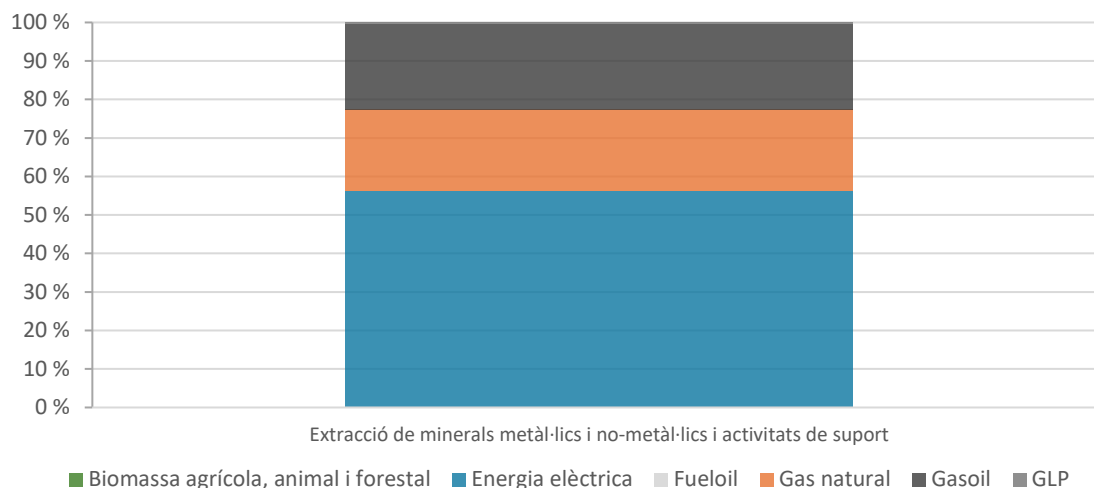


Figura 3. Distribució del consum energètic per font energètica l'any 2023. Font: ICAEN, a partir de les dades de l'Estadística del consum energètic del sector industrial (ECESI).

En termes d'emissions de gasos d'efecte hivernacle, el sector de les indústries extractives no energètiques va ser responsable de 84.588,4 tones de CO₂ equivalent el 2023, que corresponen a un 0,9 % del total de la indústria catalana d'aquell any. Les emissions es deuen, principalment, a l'ús de gasoil en les activitats d'extracció del mineral, excavació i transport del mineral, i l'ús d'electricitat en el benefici i processament del mineral. No existeixen emissions de procés en aquest sector.

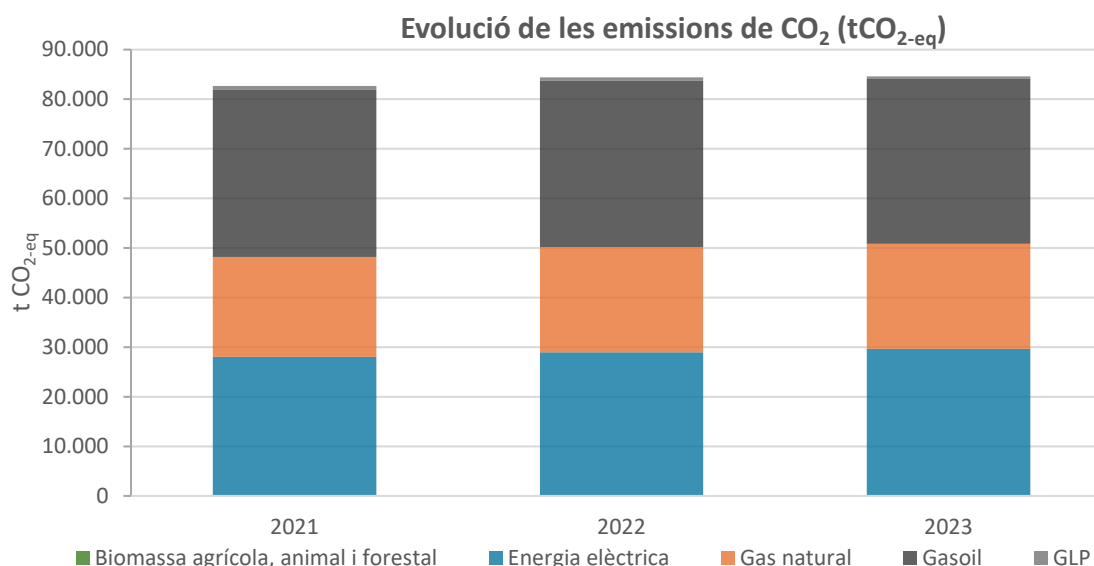


Figura 4. Evolució de les emissions de CO₂ en el sector de les indústries extractives no energètiques (2021-2023) per font energètica. Font: ICAEN, a partir de les dades de consum energètic.

Cal destacar que es tracta, d'altra banda, de **consums difícils de descarbonitzar, atès que són equips que han de tenir una gran autonomia i tenen consums elevats**, a causa del seu gran tonatge (per exemple, equips de perforació, excavadores, carregadores o dúmpers). No obstant això, no es desenvolupen processos amb necessitats tèrmiques específiques (amb l'excepció d'operacions específiques en el benefici i processament de mineral, com l'assecat de

la potassa). Tenint en compte aquestes característiques i la necessitat de reduir les emissions actuals d'aquest sector, es plantegen les estratègies següents per poder assolir la seva descarbonització.

<i>Tecnologies/estratègies</i>	<i>Nivell de maduresa tecnològica (NMT) (2026)</i>	<i>Cost de reducció (€/tCO₂)</i>	<i>Estalvi d'emissions (kgCO₂/t roca)</i>
Eficiència energètica	9	-1.171,0 / 17,0	0,6 / 53,0
Autogeneració renovable	9	-14,2	-
Electrificació de maquinària mòbil	6-9	110,7 / 428,3	11,2 / 365,5
Biogàs alta temp.	9	127,5	3.798,8
Hidrogen verd maquinària mòbil	5-9	273,9 / 613,1	13,5 / 3.802,9
Hidrogen verd alta temp.	6-9	456,80	3.802,9

Taula 1. Avaluació dels paràmetres del nivell de maduresa tecnològica (NMT), cost de reducció i estalvi d'emissions de les estratègies clau proposades. Font: Elaboració pròpia.

De l'avaluació i prioritització de les estratègies anteriors es configura el **full de ruta per a la descarbonització del sector de les indústries extractives no energètiques**, el qual és coherent amb les restriccions de tipus tècnic i econòmic de les estratègies plantejades.



Figura 5. Estratègies i mesures en la configuració del full de ruta proposat per al sector de les indústries extractives no energètiques. Font: Elaboració pròpia.

D'acord amb aquest full de ruta, es preveu aconseguir la transició energètica d'aquest sector cap a la descarbonització. **Cal destacar principalment la reducció en el consum de combustibles fòssils, com el gasoil, àmpliament utilitzat en l'actualitat en maquinària pesant, i la transició cap a un model basat en energia elèctrica i hidrogen.** En particular, l'hidrogen s'utilitzarà per propulsar maquinària pesant, i en els assecadors industrials de lilit fluïditzat emprats per a la producció de potassa.

La figura següent mostra, de manera més específica, l'evolució en els consums energètics del sector de les indústries extractives no energètiques. L'element més important és la major penetració de l'hidrogen, que substituirà tant gas natural com gasoil. El biogàs s'utilitza com un combustible de transició el 2030, en substitució de gasoil i de gas natural. El 2050, el consum energètic es dividirà, en parts pràcticament iguals, entre electricitat i hidrogen.

A curt termini, no obstant això, no s'espera una modificació radical de la matriu energètica, encara que es preveu la substitució del gasoil per biogàs. La penetració de l'hidrogen no començaria fins al 2030.

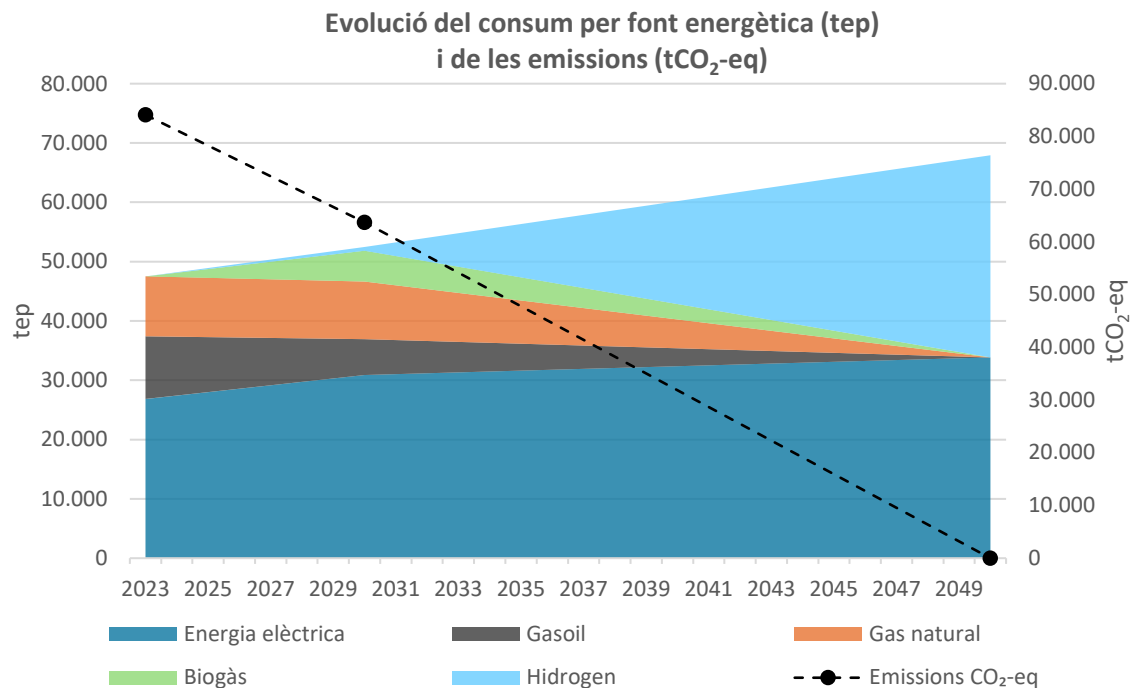


Figura 6. Evolució del consum i les emissions anuals del sector de les indústries extractives no energètiques en funció de la font energètica. Font: Elaboració pròpia.

S'ha estimat un increment de la producció en aquest sector d'un 10 % entre 2023 i 2030 i d'un 20 % entre 2030 i 2050, la qual cosa explica l'increment del consum energètic en el sector. No obstant això, com es pot observar en la figura anterior, l'estratègia de descarbonització plantejada preveu una reducció de les emissions de CO₂, de manera aproximadament lineal en tot el període, fins a **aconseguir la total descarbonització del sector el 2050**. La descarbonització s'aconsegueix, sobretot, mitjançant un increment de l'electrificació, juntament amb l'ús d'hidrogen en transport i en els assecadors industrials de llit fluiditzat.

Subsector
Indústria
diversa

Resum executiu

El sector de la indústria diversa té una importància moderada en el consum energètic de Catalunya, si bé es caracteritza per una àmplia varietat de processos, ja que inclou diversos sectors que són diferents entre si.

Es distingeixen dos subsectors o activitats diferents, que s'avaluen de manera diferenciada.

- Indústries manufactureres diverses, que inclou sectors diferents, des de la fabricació d'articles de joieria, monedes, o rellotges fins a la fabricació d'instruments musicals, escombres, brotxes i raspalls, o d'articles d'esport.
- Recollida i tractament d'aigües residuals, juntament amb les activitats de tractament i eliminació de residus.
 - Nota metodològica: l'objectiu dels fulls de ruta del sector del tractament de residus engloba una proposta de transició i transformació energètica dels processos que es duen a terme en aquesta tipologia d'instal·lacions. L'organització, planificació i estratègia general en matèria de gestió de residus queda fora de l'àmbit d'aquest treball, perquè ja és tractada pels organismes competents en la matèria.

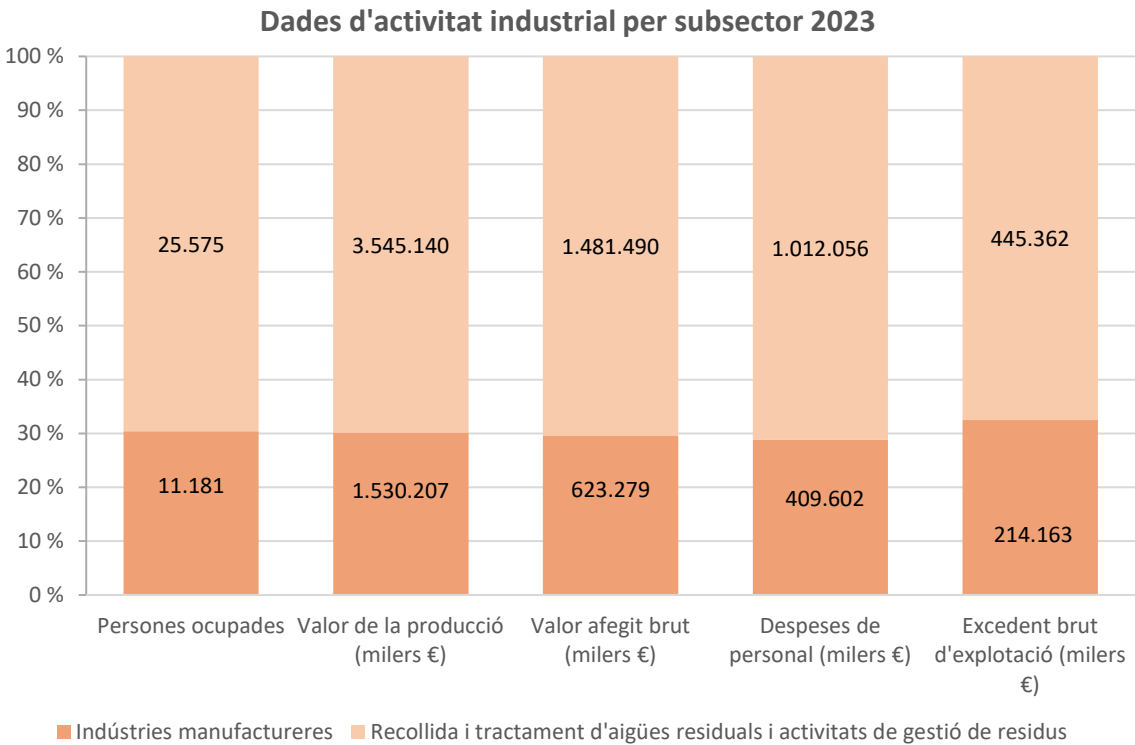


Figura 1. Dades d'activitat industrial per al sector de la indústria diversa (2023): producció (k€), VAB (k€), despeses de personal (k€), EBE (k€) i persones ocupades. Font: Idescat, a partir del Directori central d'empreses (DIRCE) de l'INE.

El sector de la indústria diversa ocupa entre **36.000 i 37.000 treballadors** (36.756 el 2023), en un total de **2.599** empreses. És un sector en què predominen les petites i mitjanes empreses, però amb la participació d'algunes indústries de gran presència i impacte.

En primer lloc, pel que fa a les activitats de recollida i tractament d'aigües residuals i residus, tot i que amb certes particularitats per a cadascuna de les activitats avaluades, en general, es poden distingir les etapes o processos següents.

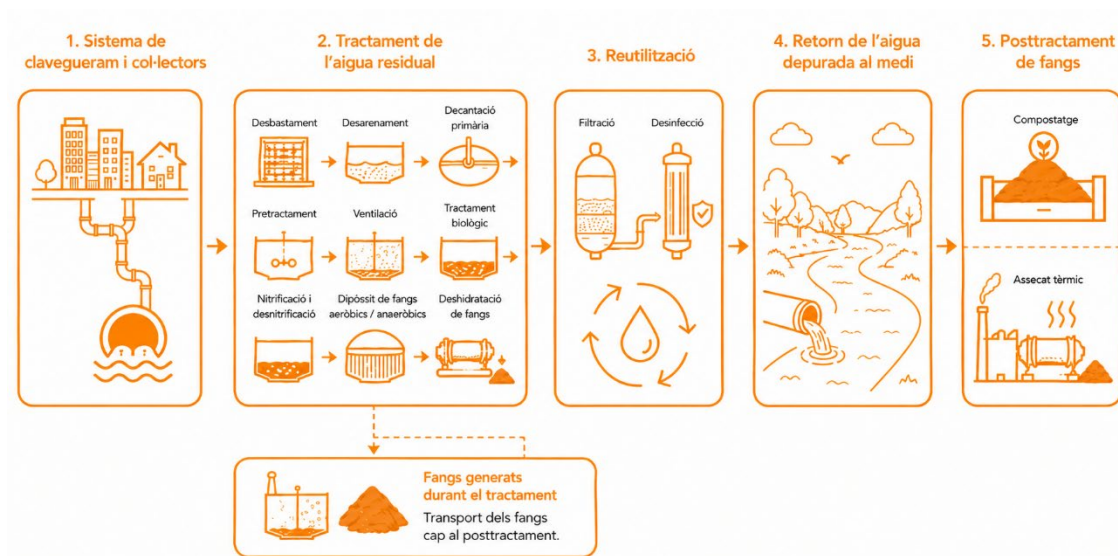


Figura 2. Diagrama dels processos i les etapes que es duen a terme en el subsector de recollida i tractament d'aigües residuals. Font: Elaboració pròpia.

Quant al subsector de les indústries manufactureres diverses, engloba un gran nombre de productes molt heterogenis i amb processos de fabricació molt diferents, la qual cosa fa difícil descriure un procés específic de fabricació.

Aquest subsector es caracteritza per una combinació d'activitats heterogènies que inclouen tant processos mecànics com operacions de tractament, amb una presència majoritària de demandes energètiques de baixa i mitjana temperatura distribuïdes al llarg de la cadena de valor. Així mateix, té un clar predomini del consum d'energia elèctrica, amb un 79,0 % del total, seguit de gas natural, amb un 16,4 %.

En canvi, el consum energètic del sector de la recollida i el tractament d'aigües residuals i activitats de gestió de residus es basa principalment en l'energia elèctrica (50 %), amb un pes molt rellevant especialment en les activitats de tractament i gestió respecte del consum total del sector, i en el gas natural (49 %), utilitzat per cobrir necessitats tèrmiques de procés.

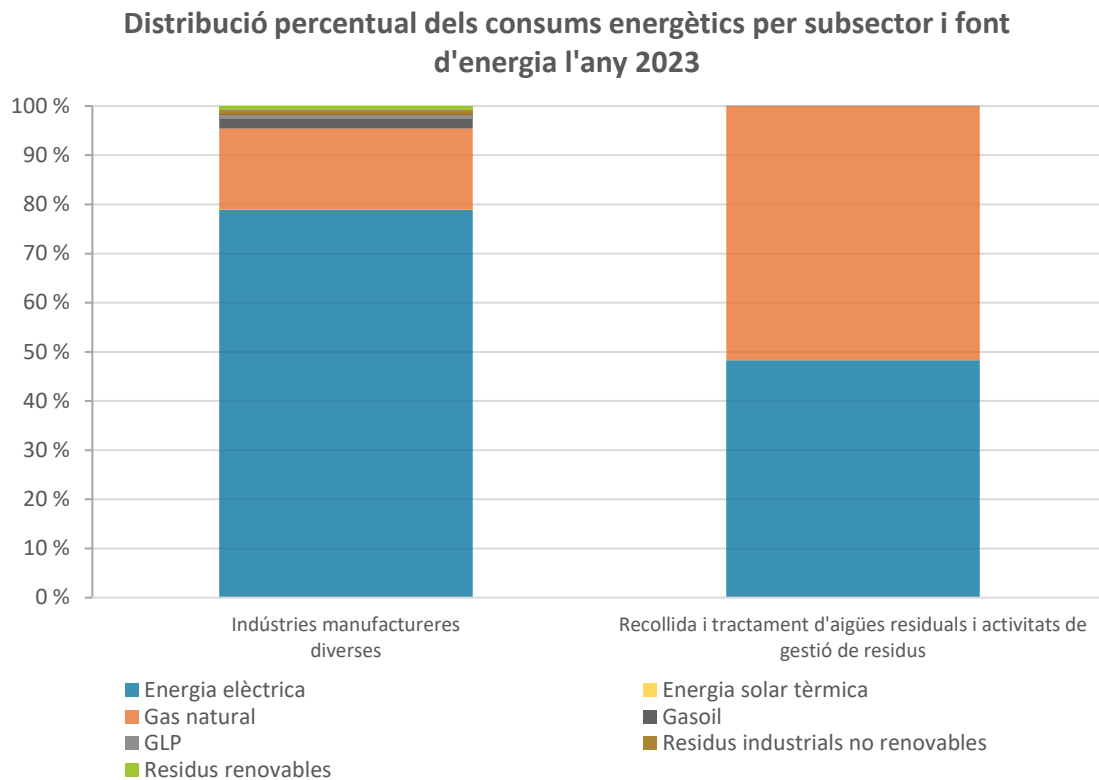


Figura 3. Distribució del consum energètic per subsector i font energètica l'any 2023. Font: ICAEN, a partir de les dades de l'Estadística del consum energètic del sector industrial (ECESI).

La gran majoria de les emissions de gasos d'efecte hivernacle d'aquest sector tenen origen en la descomposició de la matèria orgànica present en les restes de residus i en les aigües residuals. Aquestes emissions es denominen, en el gràfic següent, *emissions no energètiques*. El 2023, aquest tipus d'emissions va ascendir a 2.735 milers de tones de CO₂ equivalent. En comparació, les emissions derivades del consum energètic són molt menys importants, 138,7 milers de tones de CO₂ equivalent el 2023 (4,8 % del total).

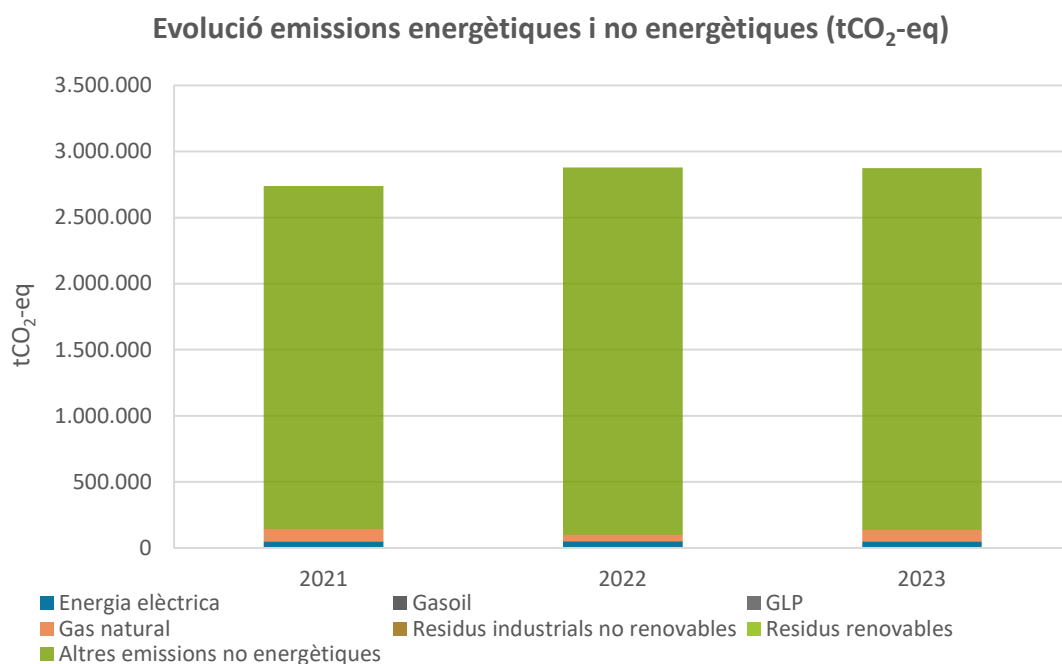


Figura 4. Evolució de les emissions de CO₂ al sector de la indústria diversa (2021-2023) per font energètica. Font: ICAEN, a partir de les dades de consum energètic, i Oficina Catalana del Canvi Climàtic (OCCC).

Davant la necessitat de reduir les emissions actuals d'aquest sector, es plantegen les estratègies següents per assolir la seva descarbonització.

<i>Tecnologies/estratègies</i>	<i>Nivell de maduresa tecnològica (NMT) (2026)</i>	<i>Cost de reducció (€/tCO₂)</i>	<i>Estalvi d'emissions (kgCO₂/m³ d'aigua tractada)</i>
Transversals			
Eficiència energètica	9	-1.171,0 / 17	0,00062 / 0,0024
Autogeneració renovable	9	-14,2	-
Electrificació baixa i mitjana temp.	8-9	64,0	57,5 %
Biogàs baixa i mitjana temp.	9	6,5	99,9 %
Biomassa baixa i mitjana temp.	9	-92,5	96,2 %
Hidrogen verd baixa i mitjana temp.	6-7	267,7	100 %
Recollida i tractament d'aigües residuals			
Canvi en el procés i materials	9	-487,4 / 17.180	0,007 / 0,017
Captura de CO ₂	4-9	10-120	Variable

Taula 1. Avaluació dels paràmetres del nivell de maduresa tecnològica (NMT), cost de reducció i estalvi d'emissions de les estratègies clau proposades. Font: Elaboració pròpia.

De l'avaluació i prioritització de les estratègies anteriors es configura el **full de ruta per a la descarbonització del sector de la indústria diversa**, el qual és coherent amb les restriccions de tipus tècnic i econòmic de les estratègies plantejades.

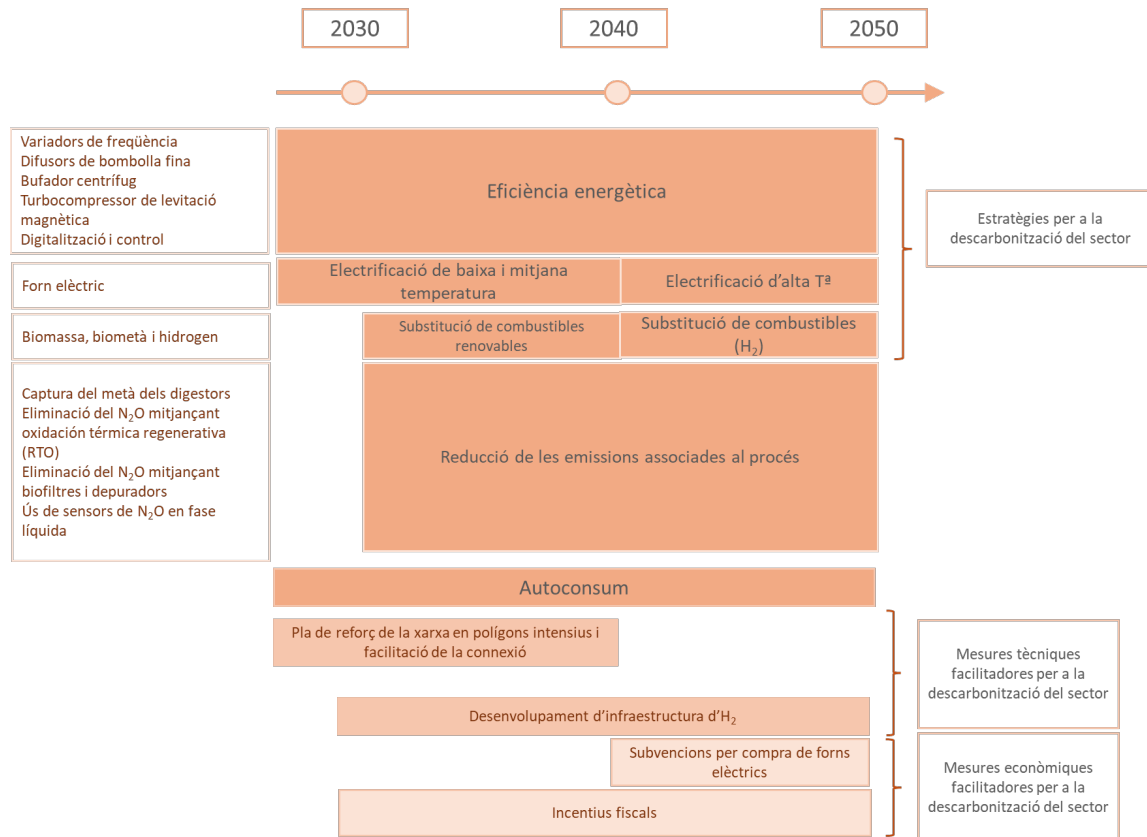


Figura 5. Estratègies i mesures en la configuració del full de ruta proposat per al sector de la indústria diversa. Font: Elaboració pròpia.

L'aplicació d'aquest full de ruta busca fer la transició en el model de consum energètic del sector, **eliminant el consum fòssil existent, principalment gas natural (que cobria un 49,1 % del consum el 2023), cap a un altre model basat en fonts d'energia renovable:** biogàs, biomassa agrícola, animal i forestal (aquests dos obtinguts en la major part en les mateixes instal·lacions de tractament de residus i de tractament d'aigües residuals) i hidrogen, juntament amb un increment dels consums elèctrics.

De manera més específica, es pot observar en la figura següent que, a curt termini, es preveu una introducció gradual de biogàs i biomassa, en substitució del gas natural. L'ús d'aquestes dues fonts d'energia seguirà creixent fins al 2050, fins a desplaçar totalment el gas natural. Quant a l'energia elèctrica, entre 2023 i 2050, el seu consum creixerà principalment per cobrir increments de demanda, ja que es preveu un augment de producció del 10 % entre 2023 i 2030 i d'un 60 % entre 2030 i 2050.

El consum energètic total té una tendència creixent entre 2023 i 2050, principalment associada a l'augment de l'activitat productiva. Les emissions de gasos d'efecte hivernacle degudes al consum d'energia es reduiran de manera gradual, fins a ser pràcticament nul·les el 2050. No obstant això, s'observa un fort increment en les emissions no energètiques derivades del tractament de residus i aigües residuals, a causa del fort increment esperat en la generació de residus a Catalunya. Caldrà elaborar altres plans per assegurar que els residus i les aigües residuals reben un tractament adequat que condueixi a minimitzar les emissions degudes a la descomposició de la matèria orgànica que contenen.

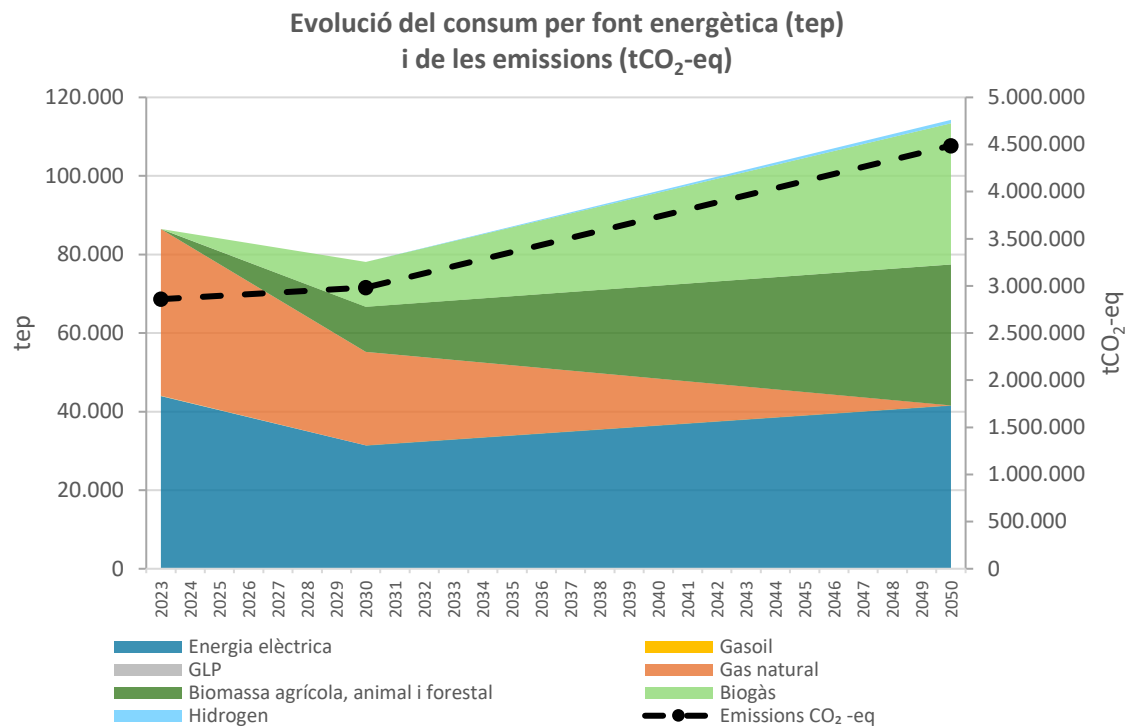


Figura 6. Evolució del consum i de les emissions anuals del sector de la indústria diversa en funció de la font energètica. Font: Elaboració pròpia.

Subsector
metal·lúrgia
no fèrrica

Resum executiu

La indústria del sector de la metal·lúrgia no fèrrica a Catalunya és una activitat especialitzada del teixit industrial estretament vinculada a la producció i transformació d'alumini, coure, zinc, plom, metalls preciosos i altres materials no fèrrics, com també a la fabricació de peces foses per a sectors com l'automoció, els béns d'equip o la construcció.

A efectes d'aquests treballs, s'ha distingit les activitats o subsectors següents, els quals han estat avaluats de manera diferenciada: producció de metalls preciosos i altres metalls no fèrrics, i fosa de metall.

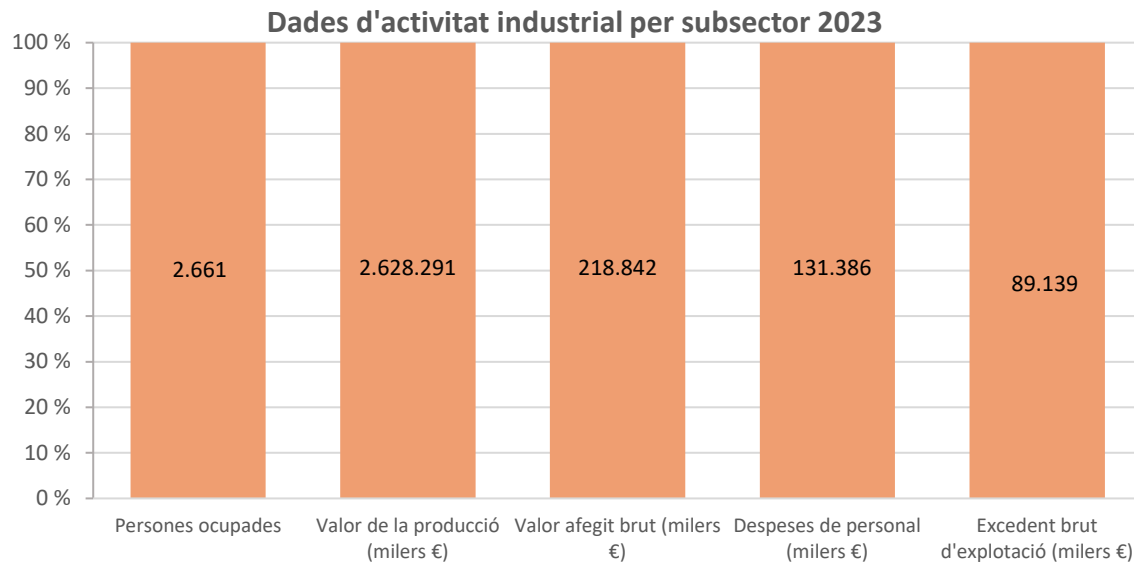


Figura 1. Dades d'activitat industrial per al sector de la metal·lúrgia no fèrrica (2023). Font: Idescat, a partir del Directori central d'empreses (DIRCE) de l'INE.

El sector de la metal·lúrgia no fèrrica ocupa, actualment, aproximadament uns **103.806 treballadors**, repartits en unes **112 unitats legals**, i és un sector amb presència de microempreses i petites empreses, però també amb un pes rellevant d'empreses mitjanes i algunes grans empreses vinculades a processos productius intensius en capital i energia.

Tot i que amb diferències segons el subsector i el metall processat, en general, es poden distingir les etapes o processos següents en la metal·lúrgia no fèrrica.

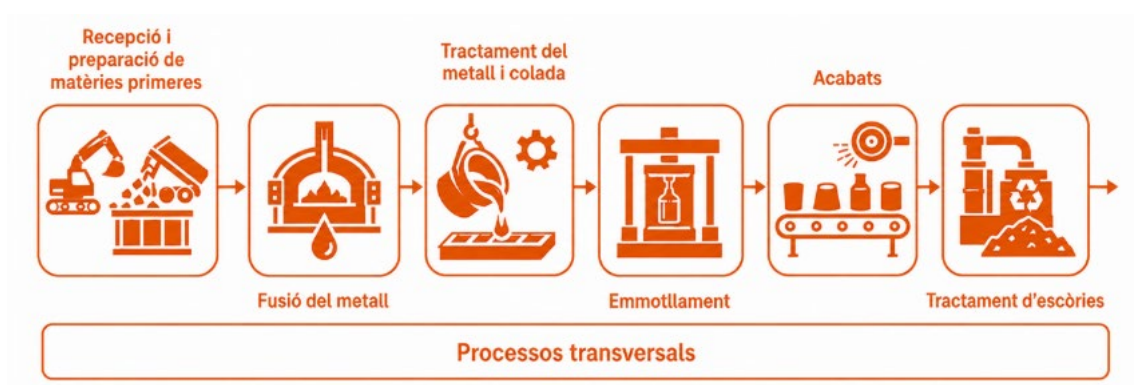


Figura 2. Diagrama dels processos i les etapes que es duen a terme en el sector de la metal·lúrgia no fèrrica. Font: Elaboració pròpia.

Aquest procés destaca, per una banda, per una elevada demanda tèrmica associada a la **fusió dels metalls**, etapa que concentra la major part del consum energètic del sector. La fusió es

duu a terme habitualment en forns rotatius, forns de reverber o torres de fusió alimentades principalment amb gas natural, tot i que també existeixen tecnologies elèctriques, especialment en forns d'inducció i en determinades aplicacions de manteniment o tractament tèrmic.

Per altra banda, l'energia elèctrica té un paper transversal en la preparació de matèries primeres, el tractament del metall, la colada, l'emmotllament, els acabats, el tractament d'escòries i els sistemes auxiliars de refrigeració, captació i filtració de fums. Les temperatures de treball varien segons el metall i el procés, i se situen habitualment entre els 450 °C i els 1.200 °C, amb valors propers als 680-800 °C en la fosa d'alumini i superiors als 1.100 °C en determinats aliatges de coure.

Així, es tracta d'una indústria amb un **perfil energètic fortament condicionat pel consum de gas natural i electricitat**. A diferència d'altres sectors industrials amb emissions de procés molt elevades, en el cas de la metal·lúrgia no fèrrica les emissions de procés tenen un pes reduït. Per tant, les emissions del sector provenen majoritàriament de la combustió energètica.

**Distribució percentual dels consums energètics
per subsector i font d'energia l'any 2023**

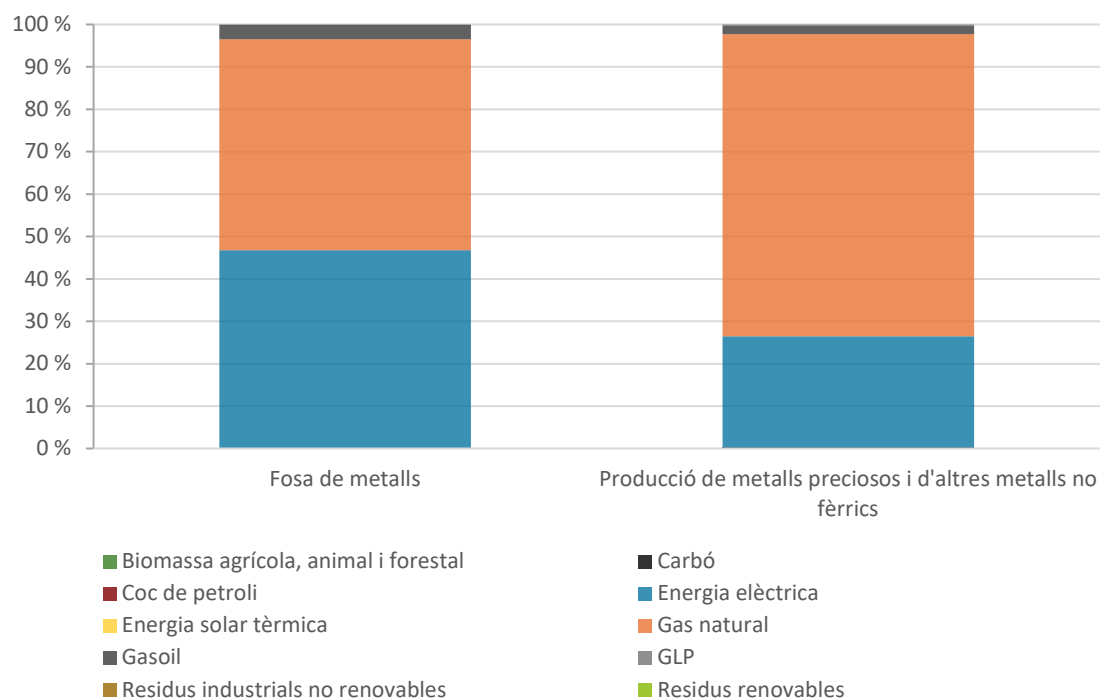


Figura 3. Distribució del consum energètic per subsector i font energètica l'any 2023. Font: ICAEN, a partir de les dades de l'Estadística del consum energètic del sector industrial (ECESI).

Com ja s'ha assenyalat anteriorment, la font energètica principal és el **gas natural**, que representa prop del 64 % del consum total, seguida de l'energia elèctrica, amb un pes aproximat del 33 %. La resta del consum correspon principalment a gasoil, i de manera molt minoritària a GLP, biomassa i carbó.

La forta intensitat energètica i l'ús encara destacat de combustibles fòssils converteix aquestes indústries en una activitat amb elevades emissions de CO₂.

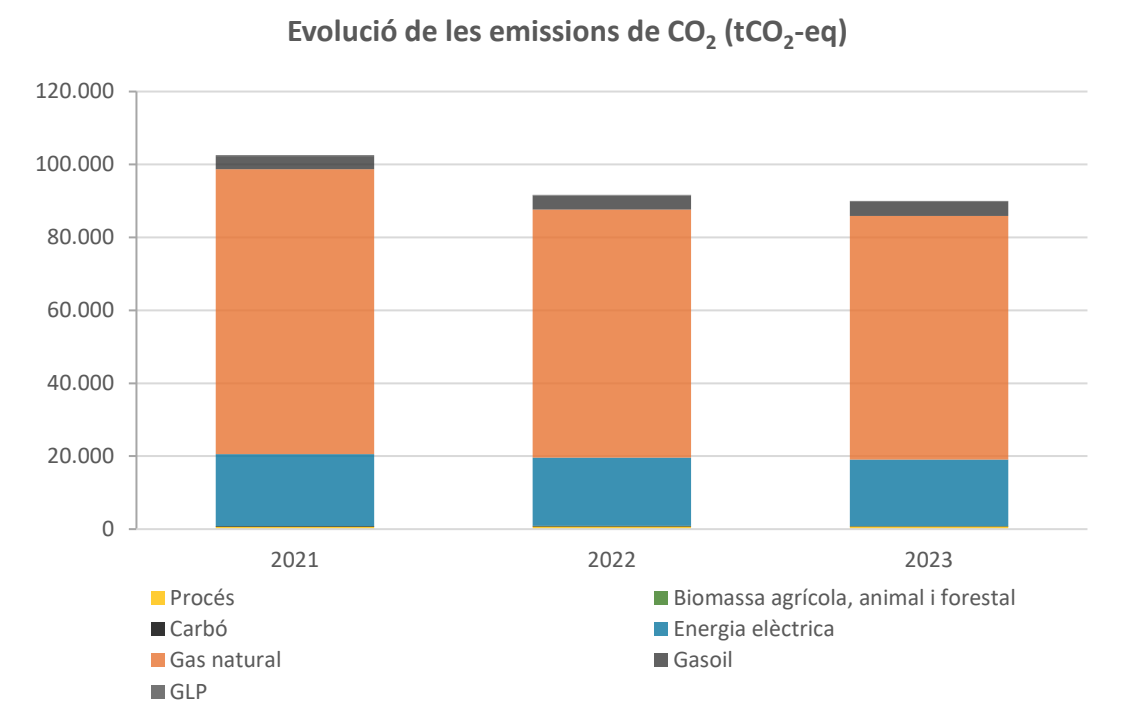


Figura 4. Evolució de les emissions de CO₂ al sector de la metal·lúrgia no fèrrica (2021-2023) per font energètica. Font: ICAEN, a partir de les dades de consum energètic.

La forta presència de gas natural en els processos de fusió i manteniment tèrmic, juntament amb un consum elèctric ja significatiu, fa que la descarbonització d'aquest sector requereixi, principalment, la millora de l'eficiència energètica, l'electrificació progressiva dels forns i tractaments tèrmics, l'autogeneració renovable i l'ús selectiu de combustibles renovables en els processos en els quals l'electrificació directa presenti més dificultats. Davant aquestes característiques, es plantegen les estratègies següents per assolir la seva descarbonització.

Tecnologies/estratègies	Nivell de maduresa tecnològica (NMT) (2026)	Cost de reducció (€/tCO ₂)	Estalvi d'emissions (kgCO ₂ /t metall)
Autogeneració renovable	9	-15	15
Eficiència energètica	9	-1.174/8	1,7-57,0
Electrificació de forns	8/9	150 / 212	237-320
Biometà alta temp.	6-7	-190	337
Hidrogen	8	158	337

Llegenda de colors: verd (favorable), groc (poc favorable), vermell (desfavorable).

Taula 1. Avaluació dels paràmetres del nivell de maduresa tecnològica (NMT), cost de reducció i estalvi d'emissions de les estratègies clau proposades. Font: Elaboració pròpia.

De l'avaluació i prioritització de les estratègies anteriors es configura el **full de ruta per a la descarbonització del sector de la metal·lúrgia no fèrrica**, el qual és coherent amb les restriccions de tipus tècnic i econòmic de les estratègies plantejades.

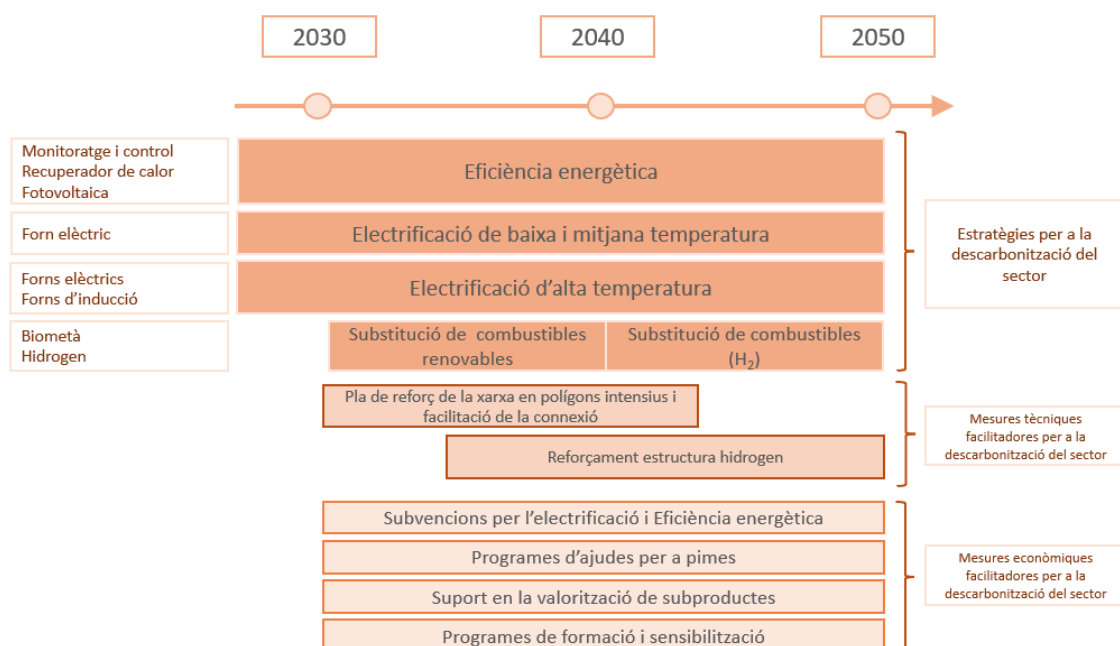


Figura 5. Estratègies i mesures en la configuració del full de ruta proposat per al sector de la metal·lúrgia no fèrrica. Font: Elaboració pròpia.

L'aplicació d'aquest full de ruta permetrà fer una transició en el model de consum energètic del sector des d'un model basat principalment en gas natural per a la fusió i tractaments tèrmics cap a un model més eficient, amb una electrificació progressiva dels processos, més presència d'electricitat renovable i un ús selectiu de gasos renovables en les aplicacions d'alta temperatura en les quals l'electrificació no sigui plenament viable.

Més específicament, a curt termini es preveu el desplegament de les mesures d'eficiència energètica amb més nivell de maduresa i menys complexitat d'implantació, com la incorporació de variadors de freqüència, la millora dels sistemes de transport i motors, la recuperació de calor en forns, la millora del control de combustió, la digitalització dels processos i el monitoratge avançat de consums. Aquestes actuacions permetran reduir el consum específic i millorar la competitivitat energètica del sector.

A més llarg termini, la descarbonització del sector requerirà actuar sobre el nucli principal de les emissions: els forns de fusió i manteniment alimentats amb gas natural. En aquest àmbit, el full de ruta preveu una substitució progressiva dels combustibles fòssils per electricitat renovable, biogàs i hidrogen verd. En els forns rotatius i de reverber, aquesta transició haurà de combinar diferents vectors segons la viabilitat tècnica, la disponibilitat d'infraestructura i el tipus de metall o aliatge processat.

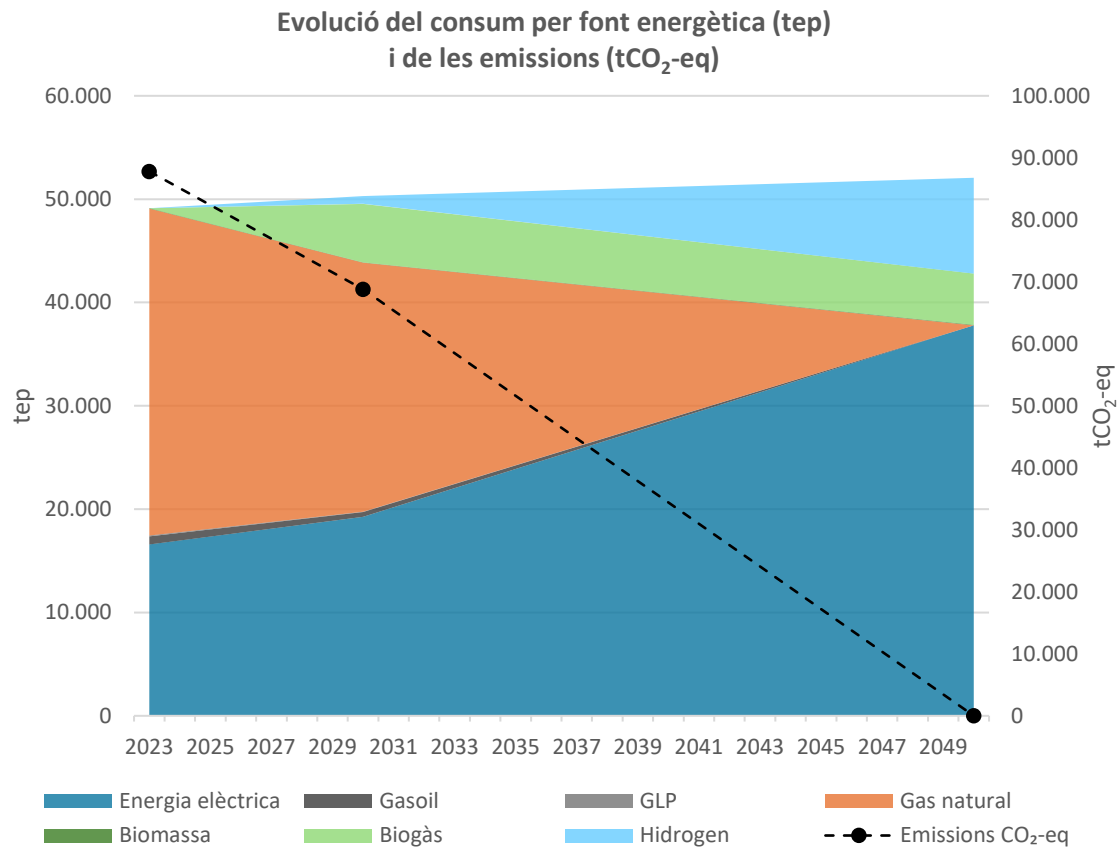


Figura 6. Evolució del consum i les emissions anuals del sector de la metal·lúrgia no fèrrica en funció de la font energètica. Font: Elaboració pròpia.

Finalment, es pot observar que el sector de la metal·lúrgia no fèrrica disposa d'un potencial rellevant de reducció d'emissions, especialment a través de la reducció del consum de gas natural i de la descarbonització del consum elèctric amb la incorporació de les fonts d'hidrogen i biogàs. En aquest sentit, les mesures d'eficiència i optimització de processos són essencials per assolir reduccions a curt termini, mentre que l'electrificació dels forns, l'ús de biogàs i hidrogen verd i la disponibilitat d'electricitat renovable competitiva són determinants per assolir la neutralitat climàtica més a llarg termini.

Subsector
Paper i cartò

Resum executiu

La indústria del sector de la fabricació de paper i cartó a Catalunya és un pilar rellevant del teixit industrial estretament vinculat als sectors de l'envàs, la construcció i alguns àmbits tecnològics especialitzats, amb una implantació territorial significativa.

A efectes d'aquests treballs, s'han distingit les activitats o subsectors següents, els quals han estat avaluats de manera diferenciada: fabricació de paper i pasta de paper (CCAIE 1711, 1712) i fabricació d'articles de paper (CCAIE 1721, 1722, 1723, 1724, 1729).

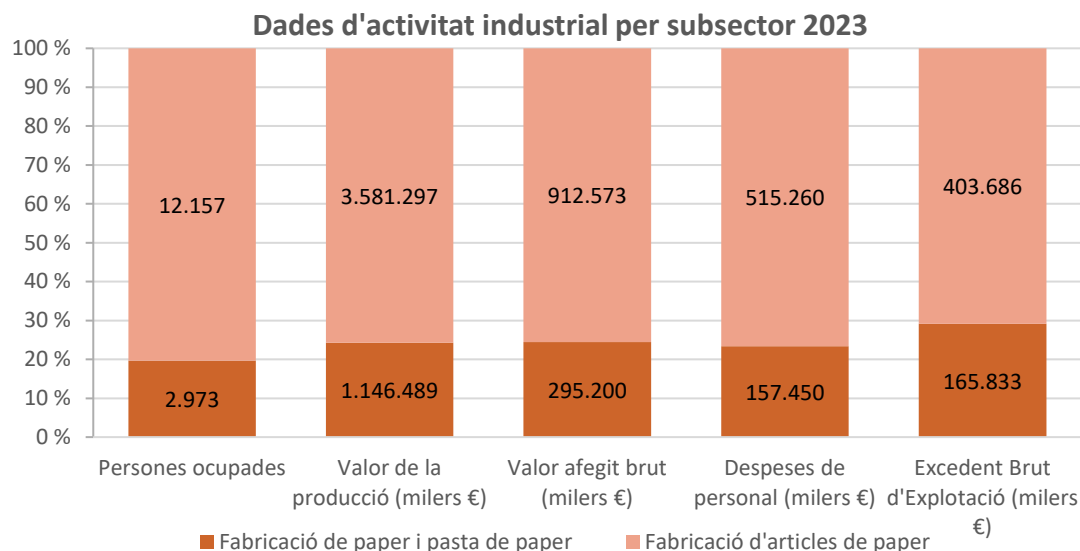


Figura 1. Dades d'activitat industrial per al sector de la fabricació de paper i cartó (2023). Font: Idescat, a partir del Directori central d'empreses (DIRCE) de l'INE.

El sector de la fabricació del paper i cartó ocupa, actualment, aproximadament **15.130 treballadors**, repartits en **452 empreses**. És un sector en què predominen les petites i mitjanes empreses, però amb la participació d'algunes indústries de gran presència i impacte.

Tot i que amb certes particularitats per a cadascuna de les activitats avaluades, en general, es poden distingir les etapes o processos següents en la fabricació de paper i pasta de paper, i articles de paper.

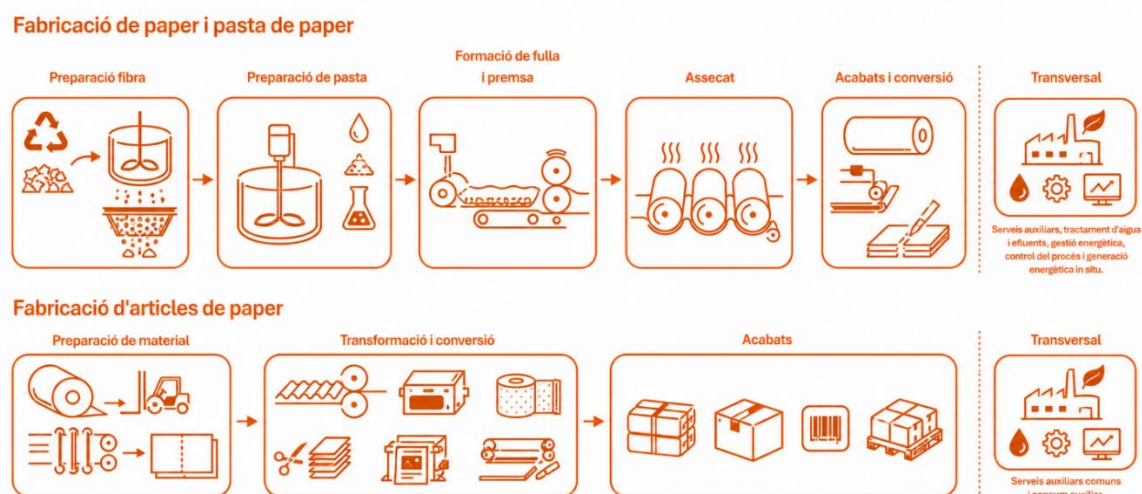


Figura 2. Diagrama dels processos i les etapes que es duen a terme en la fabricació de paper i pasta de paper i la fabricació d'articles de paper. Font: Elaboració pròpia.

Aquests processos destaquen per una elevada intensitat energètica en determinades etapes, especialment en la fabricació de paper i pasta de paper, en què l'assecat de la fulla requereix una aportació significativa d'energia tèrmica per eliminar l'aigua residual del procés. En el cas de la fabricació d'articles de paper, la demanda energètica es concentra principalment en les operacions de transformació i conversió, i combina consums elèctrics amb necessitats tèrmiques específiques.

Així, es tracta d'una indústria intensiva en energia, amb una **presència encara rellevant de combustibles fòssils**, principalment gas natural, especialment en els processos associats a la generació de vapor i calor de procés. Alhora, l'energia elèctrica té un paper destacat en els equips mecànics, els sistemes auxiliars, la preparació de material, la formació, el tall, la manipulació i el control dels processos.

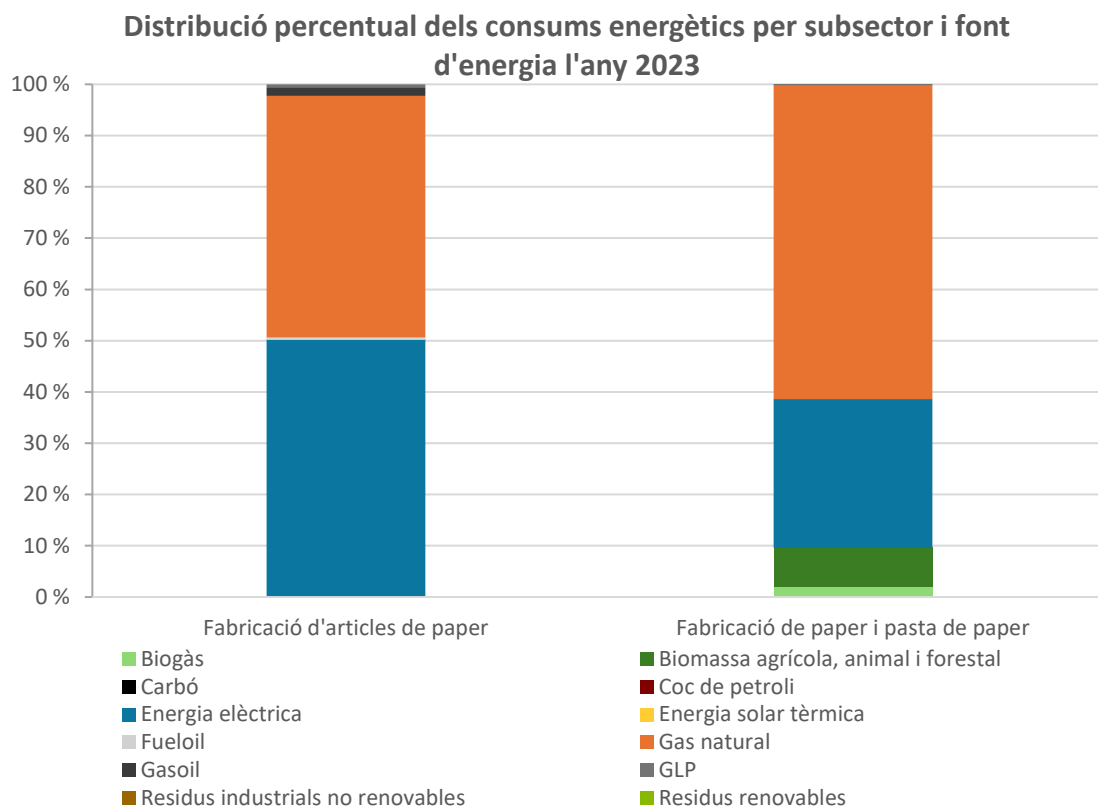


Figura 3. Distribució del consum energètic per subsector i font energètica l'any 2023. Font: ICAEN, a partir de les dades de l'Estadística del consum energètic del sector industrial (ECESI).

La forta intensitat energètica i l'ús encara rellevant de gas natural es tradueixen en emissions de CO₂ associades principalment al consum energètic del sector. En el cas del paper i cartó, no es consideren emissions de procés específiques derivades de reaccions químiques intrínseques, de manera que les emissions estan vinculades majoritàriament a la combustió de combustibles i al consum d'electricitat. En aquest context, el gas natural constitueix la principal font d'emissions, seguit de l'energia elèctrica associada a la matriu elèctrica.

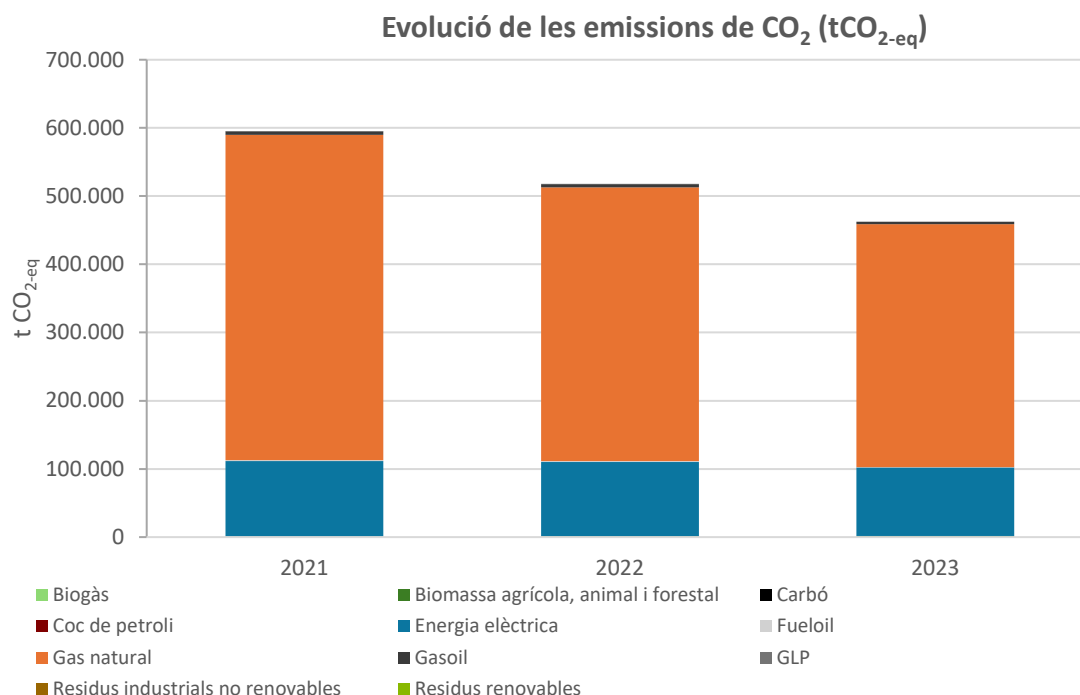


Figura 4. Evolució de les emissions de CO₂ per al sector de la fabricació de paper i cartó a Catalunya per font energètica. Font: ICAEN, a partir de les dades de consum energètic.

Davant la necessitat de reduir les emissions actuals del sector, es plantegen diferents estratègies orientades a avançar en la seva descarbonització. Aquestes mesures combinen actuacions d'eficiència energètica, electrificació de processos, integració d'energies renovables i substitució progressiva dels combustibles fòssils per alternatives de menor impacte ambiental.

Tecnologies/estratègies	Nivell de maduresa tecnològica (NMT) (2026)	Cost de reducció (€/tCO₂)	Estalvi d'emissions (kgCO₂/t)
Eficiència energètica	9	-62 a -171	5 – 15,6
Autogeneració renovable	9	-14	15
Electrificació baixa i mitjana temp.	8	198-230	85,32 – 100,71
Biomassa baixa i mitjana temp.	9	-95,1	~96 %
Biometà baixa i mitjana temp.	9	-95,0	~99,9 %
Hidrogen verd baixa i mitjana temp.	6-8	192,0	100 %

Taula 1. Avaluació dels paràmetres del nivell de maduresa tecnològica (NMT), cost de reducció i estalvi d'emissions de les estratègies clau proposades. Font: Elaboració pròpia.

De l'avaluació i prioritització de les estratègies anteriors es configura el **full de ruta per a la descarbonització** del sector de la fabricació de **paper i cartó**, coherent amb les limitacions tècniques i econòmiques associades als diferents processos industrials del sector.

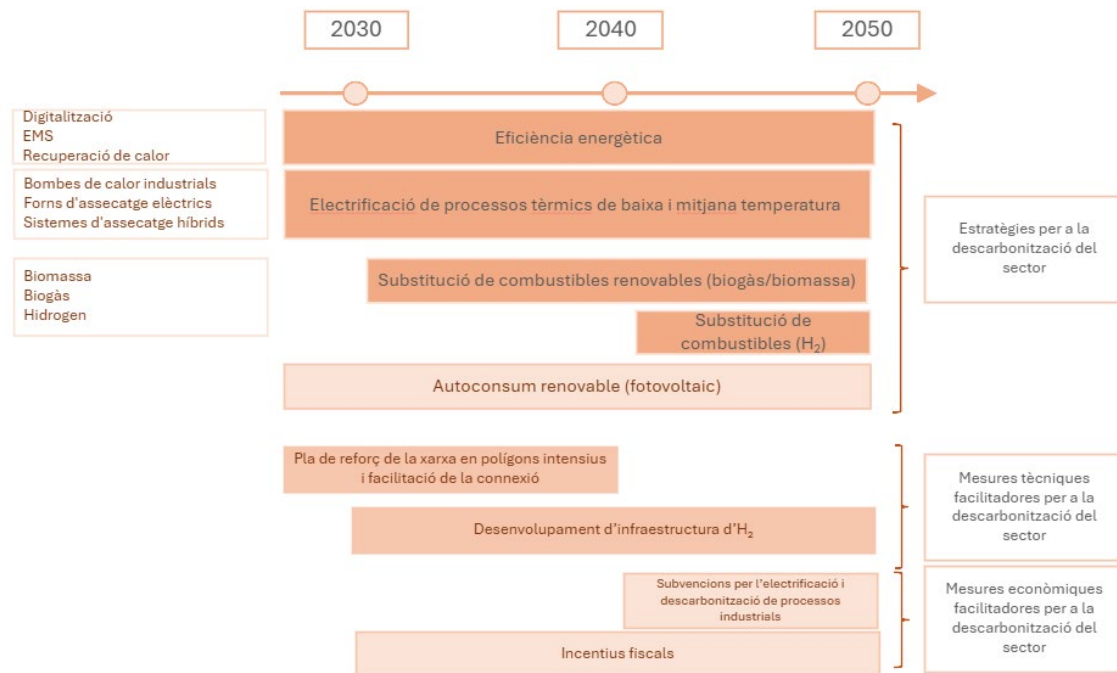


Figura 5. Estratègies i mesures en la configuració del full de ruta proposat per al sector de la fabricació del paper i cartó. Font: Elaboració pròpia.

L'aplicació d'aquest full de ruta permetrà impulsar una transició progressiva del model de consum energètic del sector des d'un escenari amb una elevada dependència del gas natural cap a un model amb més electrificació dels processos i una presència creixent de combustibles renovables, especialment biomassa i biogàs.

Més específicament, s'observa que, a curt i mitjà termini, les mesures d'eficiència energètica, recuperació de calor i electrificació de processos de baixa i mitjana temperatura tenen un paper rellevant en la reducció del consum de combustibles fòssils. Paral·lelament, la biomassa i el biogàs es consoliden com a alternatives renovables per cobrir part de la demanda tèrmica del sector, mentre que altres vectors energètics, com l'hidrogen renovable, podrien tenir aplicacions concretes a més llarg termini, condicionades al seu desenvolupament tecnològic i disponibilitat.

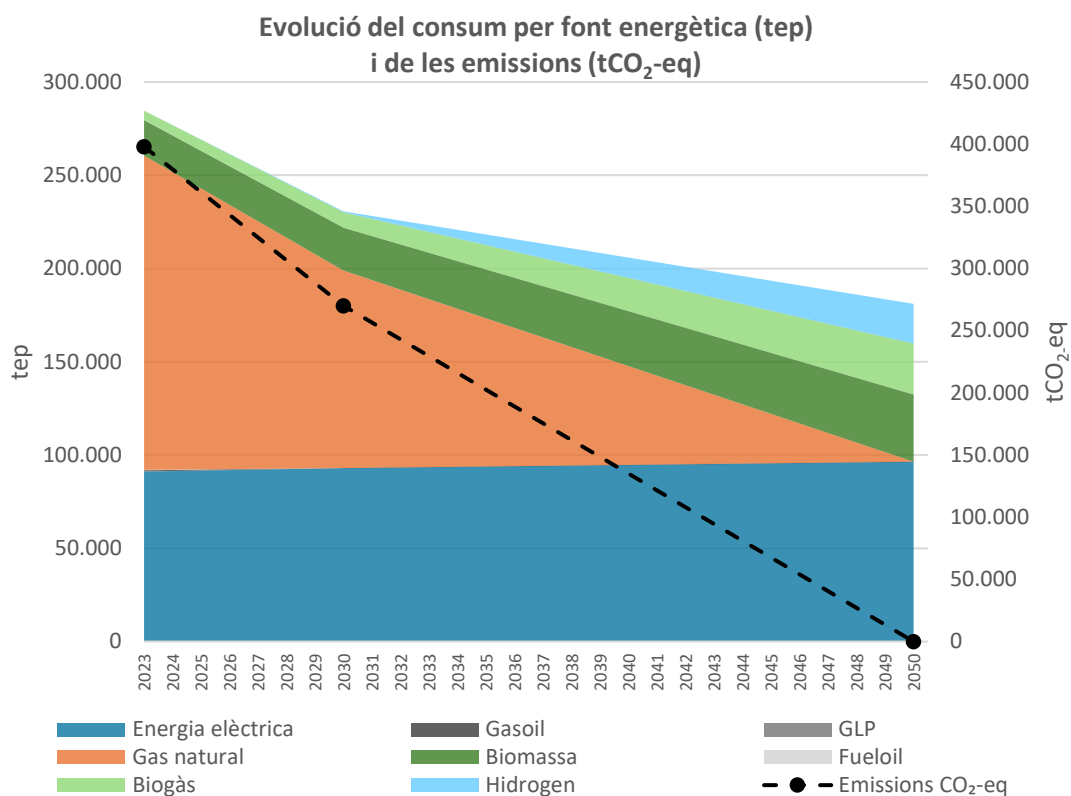


Figura 6. Evolució del consum i les emissions anuals del sector de la fabricació del paper i cartó en funció de la font energètica. Font: Elaboració pròpia.

Finalment, es pot observar que, tot i que el consum energètic evoluciona al llarg del període analitzat, principalment associat als canvis en l'activitat productiva i en la matriu energètica del sector, l'estratègia proposada permet encaminar les emissions de CO₂ cap a una tendència clarament descendent. Aquesta evolució es basa en la progressiva electrificació dels processos, la millora de l'eficiència energètica i la incorporació creixent de combustibles renovables, cosa que contribueix significativament a **la descarbonització del sector de la fabricació de paper i cartó en l'horitzó 2050**.

Subsector
**Transformats
plàstics**

Resum executiu

La indústria del sector dels transformats plàstics a Catalunya és una branca rellevant del teixit industrial estretament vinculada als sectors de l'envàs i l'embalatge, la construcció, l'automoció i els béns de consum.

A efectes d'aquests treballs, s'ha distingit les activitats o subsectors següents, els quals han estat avaluats de manera diferenciada: fabricació de plaques, làmines, tubs i perfils de plàstic (CCAIE 2221), fabricació d'envasos i embalatge de plàstic (CCAIE 2222), fabricació de productes de plàstic per a la construcció (CCAIE 2223), fabricació d'altres productes de plàstic (CCAIE 2229).

Ara bé, no hi ha dades d'activitat disponibles per avaluar de manera desagregada els subsectors anteriors. Per tant, les dades d'activitat es mostren i s'analitzen conjuntament.

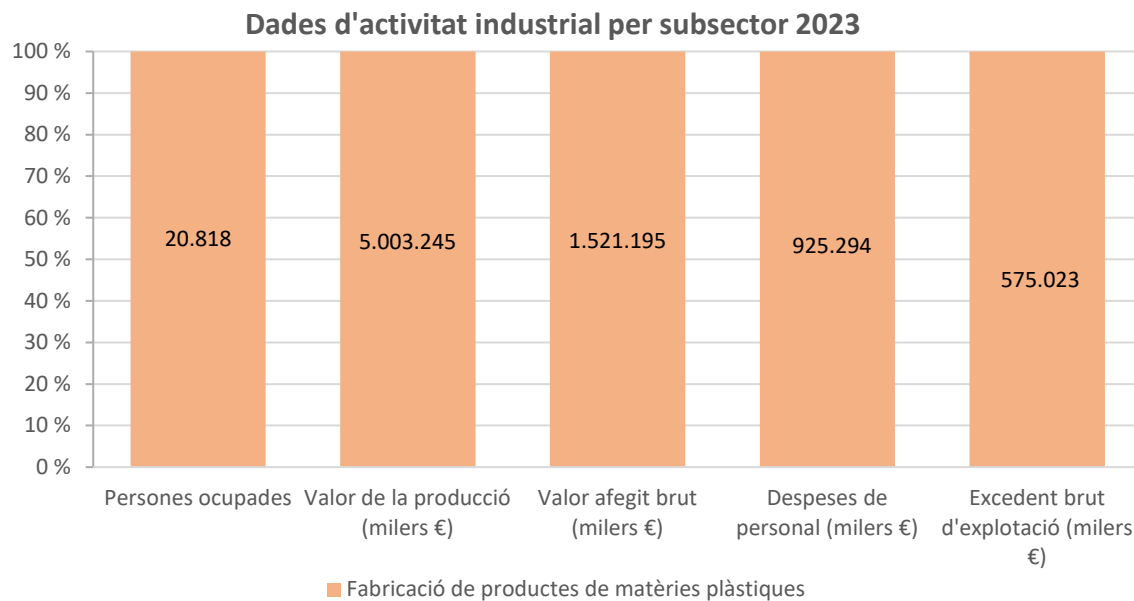


Figura 1. Dades d'activitat industrial per al sector dels transformats del plàstic (2023). Font: Idescat, a partir del Directori central d'empreses (DIRCE) de l'INE.

El sector dels transformats plàstics ocupa, actualment, aproximadament **més de 20.000 treballadors**, repartits en unes **901 unitats legals**. És un sector en què predominen les petites i mitjanes empreses, però amb la participació d'algunes indústries de més dimensió i capacitat productiva del territori.

Tot i que amb certes particularitats per a cadascuna de les activitats avaluades, en general, es poden distingir les etapes o processos següents en la fabricació dels transformats del plàstic.



Figura 2. Diagrama dels processos i les etapes que es duen a terme en la fabricació dels transformats plàstics. Font: Elaboració pròpia.

Aquest procés destaca, per una banda, per la forta presència de consums elèctrics associats a la maquinària de transformació, especialment en les etapes de fusió del material, transformació

i operacions auxiliars. La fusió del material és una de les fases més rellevants des del punt de vista energètic, ja que requereix l'escalfament del polímer fins a temperatures habitualment situades **entre els 180 °C i els 400 °C**, segons el material i el procés productiu.

Així, es tracta d'una indústria amb un **perfil energètic majoritàriament electrificat**, en què l'energia elèctrica té un paper molt destacat en gran part de les seves activitats. Hi ha una part de combustibles fòssils, com el gas natural, que s'utilitza per als forns d'assecatge o per a determinats serveis auxiliars, com la generació de vapor o d'aigua calenta per a processos específics (com la fabricació d'escumes plàstiques). També hi ha una petita part de gasoil i GLP per a maquinària mòbil i altres serveis auxiliars. A diferència d'altres sectors industrials, el sector dels transformats plàstics no presenta emissions de procés rellevants, de manera que les emissions del sector estan associades principalment al consum energètic dels seus processos.

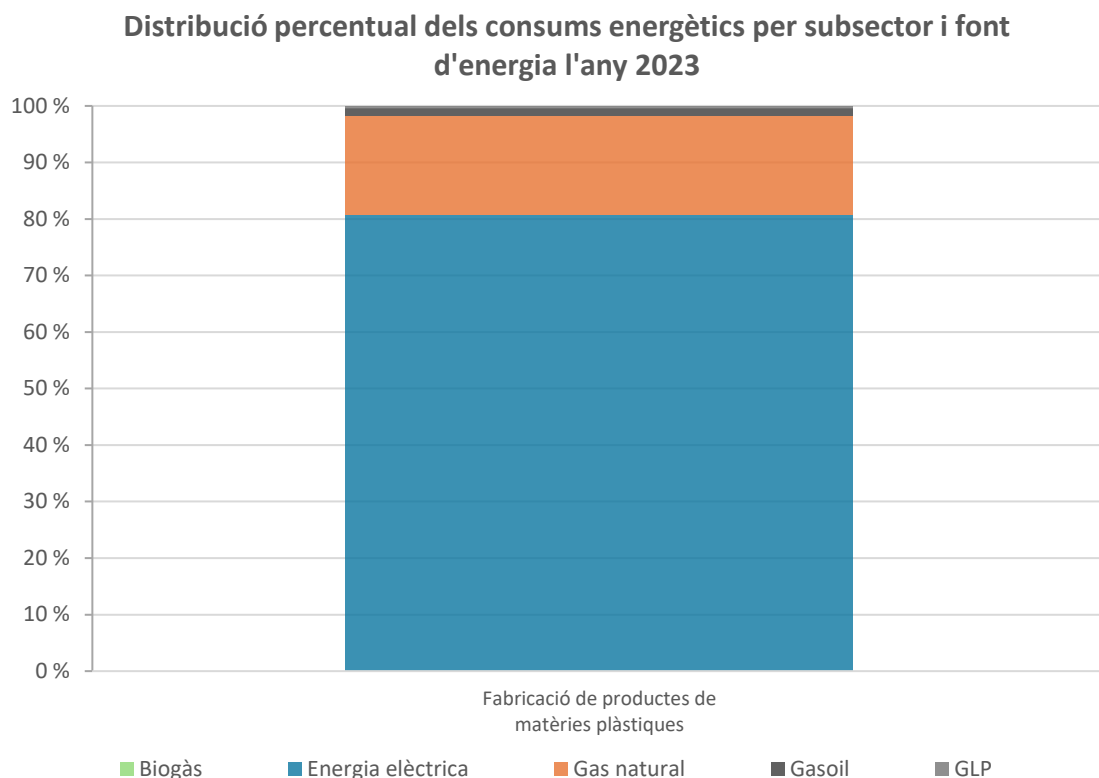


Figura 3. Distribució del consum energètic del sector per font energètica l'any 2023. Font: ICAEN, a partir de les dades de l'Estadística del consum energètic del sector industrial (ECESI).

Com ja s'ha assenyalat anteriorment, la principal font energètica és l'electricitat, que representa prop del 81 % del consum total, seguida del gas natural, amb un pes aproximat del 17,5 %. La resta del consum correspon a gasoil i GLP, amb una presència més reduïda. Les emissions degudes al consum de combustibles fòssils i les emissions indirectes degudes al consum d'electricitat encara no cent per cent renovable tenen el perfil que es mostra a la figura següent.

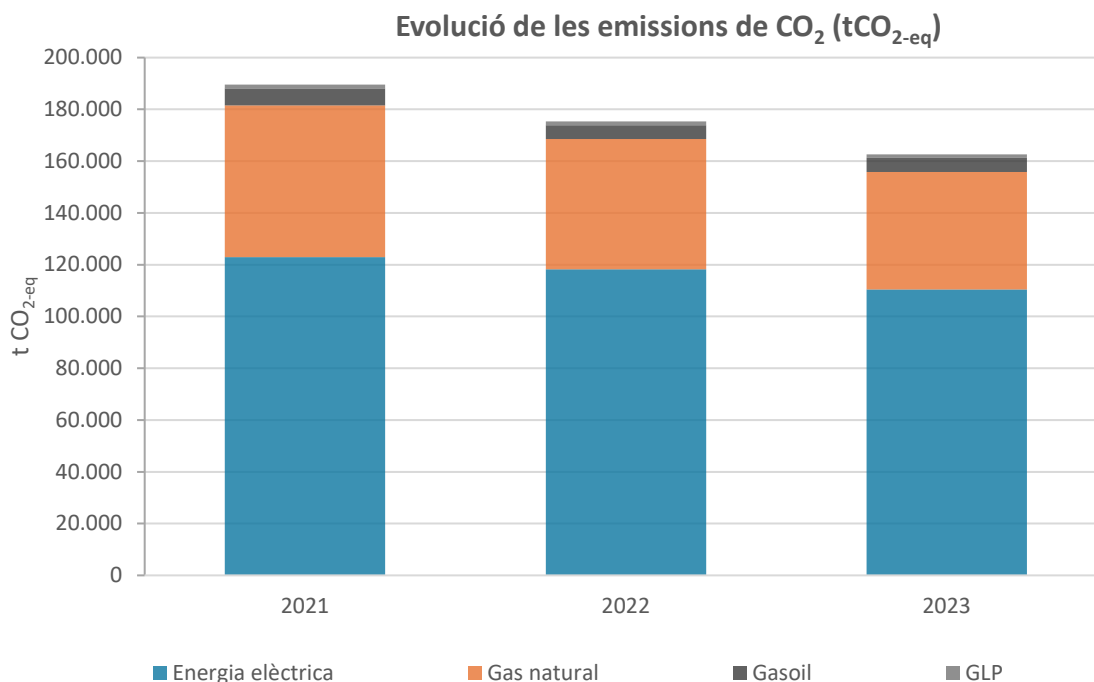


Figura 4. Evolució de les emissions de CO₂ al sector dels transformats plàstics (2021-2023) per font energètica. Font: ICAEN, a partir de les dades de consum energètic.

La forta presència de consums elèctrics i la utilització encara de combustibles fòssils en alguns usos auxiliars fan que la descarbonització d'aquest sector requereixi, principalment, la millora de l'eficiència energètica, la progressiva electrificació dels consums fòssils residuals i l'ús d'electricitat d'origen renovable. Per tot això, es plantegen les estratègies següents per assolir la seva descarbonització.

Tecnologies/estratègies	Nivell de maduresa tecnològica (NMT) (2026)	Cost de reducció (€/tCO₂)	Estalvi d'emissions (kgCO₂/t plàstic)
Autoconsum solar fotovoltaic	9	-15	-
Eficiència energètica	9	-495,78 / -58,87	6-10
Aïllament tèrmic	9	-61,51	6
Electrificació de màquines d'injecció	9	-58,35	80
Electrificació d'operacions auxiliars	9	213,02	3-4

Taula 1. Avaluació dels paràmetres del nivell de maduresa tecnològica (NMT), cost de reducció i estalvi d'emissions de les estratègies clau proposades. Font: Elaboració pròpia.

De l'avaluació i prioritització de les estratègies anteriors es configura el **full de ruta per a la descarbonització del sector de la fabricació dels transformats plàstics**, el qual és coherent amb les restriccions de tipus tècnic i econòmic de les estratègies plantejades.

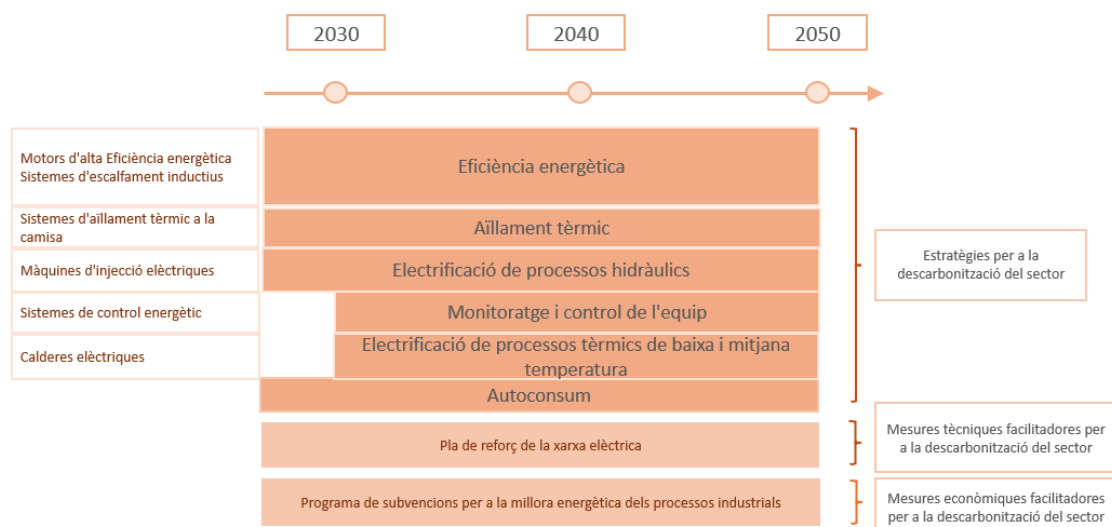


Figura 5. Estratègies i mesures en la configuració del full de ruta proposat per al sector dels transformats plàstics. Font: Elaboració pròpia.

L'aplicació d'aquest full de ruta permetrà fer una transició en el model de consum energètic del sector dels transformats plàstics, avançant des d'un model ja majoritàriament electrificat, però encara amb marge de millora en eficiència i amb presència puntual de combustibles fòssils, cap a un model de menys consum específic, plenament electrificat en els usos auxiliars i alimentat per electricitat renovable.

Més específicament, a curt termini es preveu el desplegament de les mesures d'eficiència energètica amb més maduresa i menys complexitat d'implantació, com la substitució de motors per equips d'alta eficiència, el monitoratge i el control energètic dels processos, la millora de l'aïllament tèrmic i la incorporació progressiva de sistemes d'escalfament més eficients.

A més llarg termini, es preveu una renovació més generalitzada de la maquinària de transformació, amb una penetració creixent de màquines d'injecció elèctriques i l'electrificació dels usos auxiliars que encara utilitzen gas natural, gasoil o GLP. Aquesta evolució permetrà reduir les emissions directes del sector i aprofitar progressivament la descarbonització del sistema elèctric.

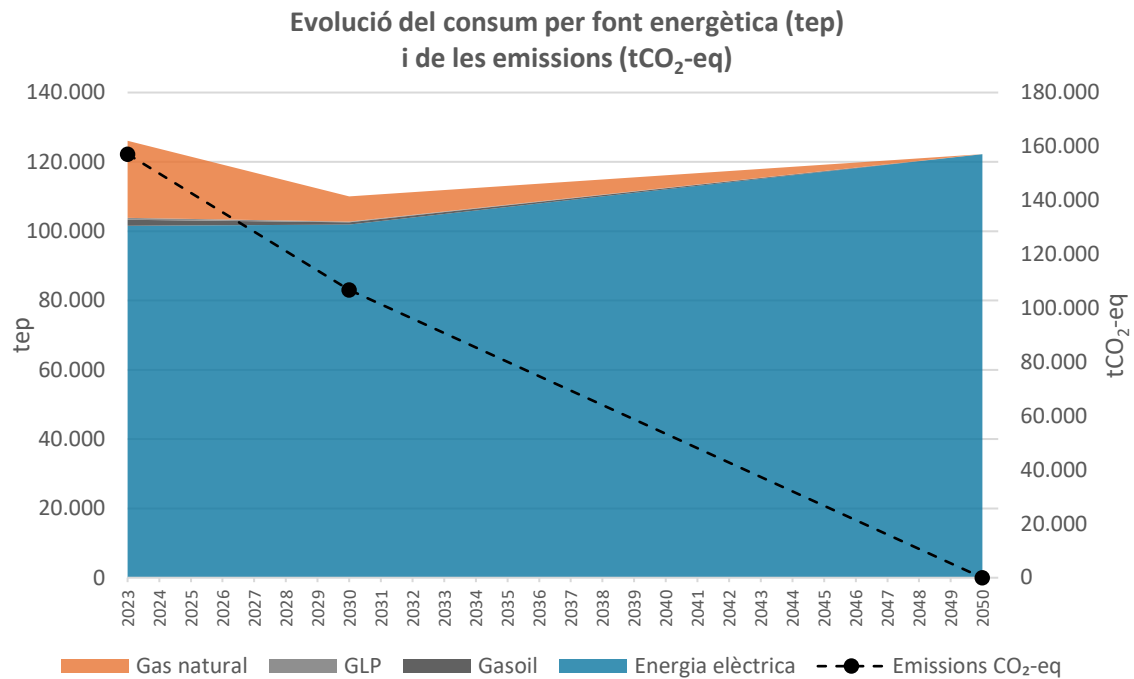


Figura 6. Evolució del consum i les emissions anuals del sector dels transformats plàstics en funció de la font energètica. Font: Elaboració pròpia.

Finalment, es pot observar que, tot i que el sector ja parteix d'un nivell d'electrificació elevat, encara existeix un potencial rellevant de reducció d'emissions a través de la disminució del consum energètic específic i de l'eliminació dels combustibles fòssils residuals, com també, evidentment, de la transició de la matriu de generació elèctrica cap a una matriu de generació completament renovable. En aquest sentit, les estratègies i tecnologies d'eficiència i electrificació proposades permetran encaminar el sector dels transformats plàstics cap a la seva completa descarbonització l'any 2050.

Subsector
**Siderúrgia i
fonderia fèrrica**

Resum executiu

La indústria del sector de la siderúrgia i foneria fèrrica a Catalunya és un pilar rellevant del teixit industrial estretament vinculat als sectors de la construcció, les infraestructures, l'energia, l'automoció i alguns àmbits tecnològics especialitzats, amb una implantació territorial significativa.

A efectes d'aquests treballs, s'han distingit les activitats o subsectors següents, els quals han estat avaluats de manera diferenciada: metal·lúrgia, fabricació de productes bàsics de ferro acer i ferroaliatges (CNAE 2410, 2420), fosa de ferro i acer (CNAE 2451,2 452), producció, estiratge i laminat de productes en fred (CNAE 2431, 2432, 2433, 2434).

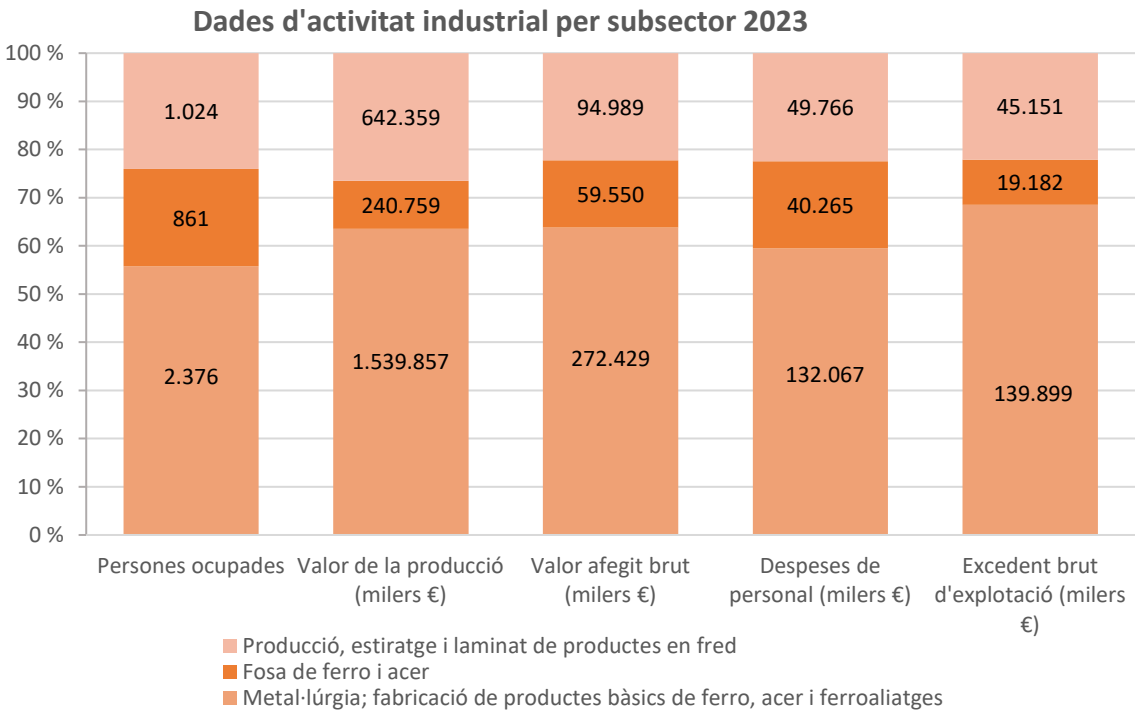


Figura 1. Dades d'activitat industrial per al sector de la indústria de la siderúrgia i foneria fèrrica (2023).Font: Idescat, a partir del Directori central d'empreses (DIRCE) de l'INE.

El sector de la indústria de la siderúrgia i foneria fèrrica ocupa, actualment, aproximadament **4.000 treballadors**, repartits en unes **180 empreses**. És un sector en què predominen indústries de gran presència i impacte, però també hi ha algunes petites i mitjanes empreses.

Tot i que amb certes particularitats per a cadascuna de les activitats avaluades, en general, es poden distingir les etapes o processos següents en la fabricació d'acer.

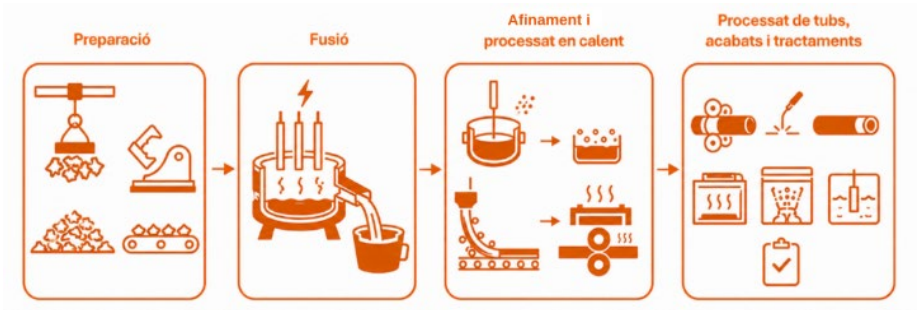


Figura 2. Diagrama dels processos i les etapes que es duen a terme en la indústria de la siderúrgia. Font: Elaboració pròpia.

Aquest procés destaca, per una banda, per l'alta intensitat energètica en alguna de les seves etapes, com la fusió, en què **s'assoleixen temperatures pròximes als 1.500 °C**, des de la qual se succeeixen la resta d'etapes fins a arribar a l'acabament del producte.

Així, es tracta d'una indústria intensiva en energia, en la qual **l'energia elèctrica té molta presència, fins i tot més que els combustibles fòssils**. Això no obstant, els combustibles fòssils encara hi tenen un paper destacat, a causa de la demanda d'energia tèrmica d'alta temperatura que requereixen alguns dels seus processos, principalment per als forns de gas natural en el laminat i reescalfament.

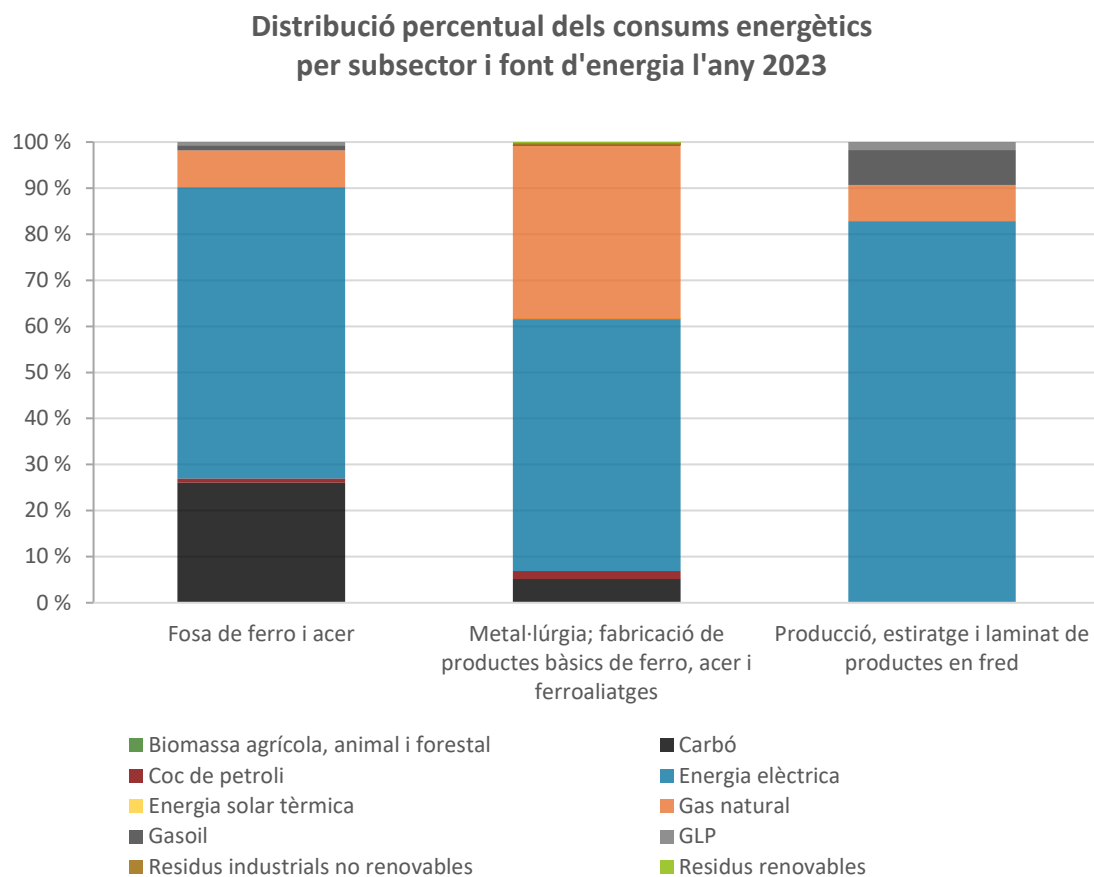


Figura 3. Distribució del consum energètic per subsector i font energètica l'any 2023. Font: ICAEN, a partir de les dades de l'Estadística del consum energètic del sector industrial (ECESI).

La forta intensitat energètica i l'ús encara destacat de combustibles fòssils converteix la indústria siderúrgica en una activitat amb elevades emissions de CO₂, en la qual, a banda de les emissions degudes a l'energia, cal destacar les emissions que s'originen directament de les reaccions químiques pròpies del procés industrial a causa de l'addició de carbó o coc de petroli com a reactiu, les quals, en aquest sector, arriben a representar fins a un **15 %** del total d'emissions.

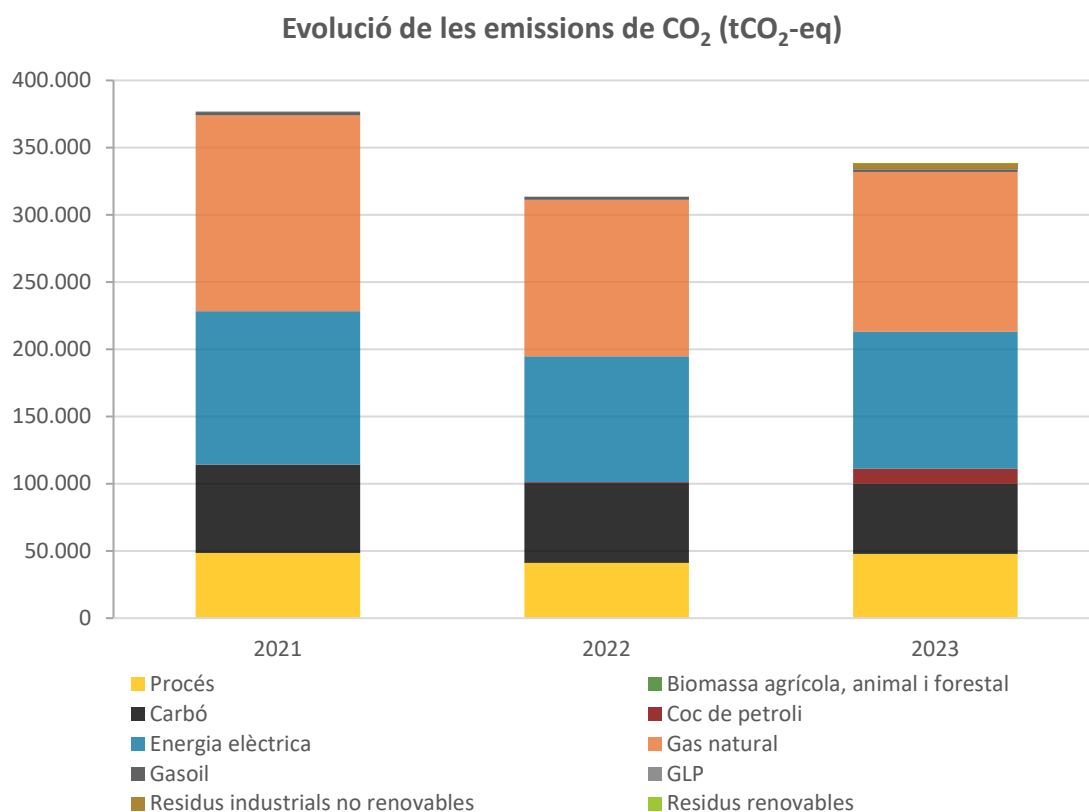


Figura 4. Evolució de les emissions de CO₂ en el sector de la indústria de la siderúrgia (2021-2023) per font energètica. Font: ICAEN, a partir de les dades de consum energètic.

Davant la necessitat de reduir les emissions actuals d'aquest sector, es plantegen les estratègies següents per assolir la seva descarbonització.

Tecnologies/estratègies	Nivell de maduresa tecnològica (NMT) (2026)	Cost de reducció (€/tCO₂)	Estalvi d'emissions (kgCO₂/t)
Eficiència energètica	9	-1.500 / -150	100 %
Autogeneració renovable	9	-15	100 %
Electrificació alta temp.	8-9	182	47
Biometà alta temp.	9	90	395
Hidrogen verd alta temp.	6-8	300	396
Captura de CO ₂	8	120	98-99 % (procés)

Taula 1. Avaluació dels paràmetres del nivell de maduresa tecnològica (NMT), cost de reducció i estalvi d'emissions de les estratègies clau proposades. Font: Elaboració pròpia.

De l'avaluació i prioritització de les estratègies anteriors es configura el **full de ruta per a la descarbonització del sector de la indústria de la siderúrgia**, el qual és coherent amb les restriccions de tipus tècnic i econòmic de les estratègies plantejades.

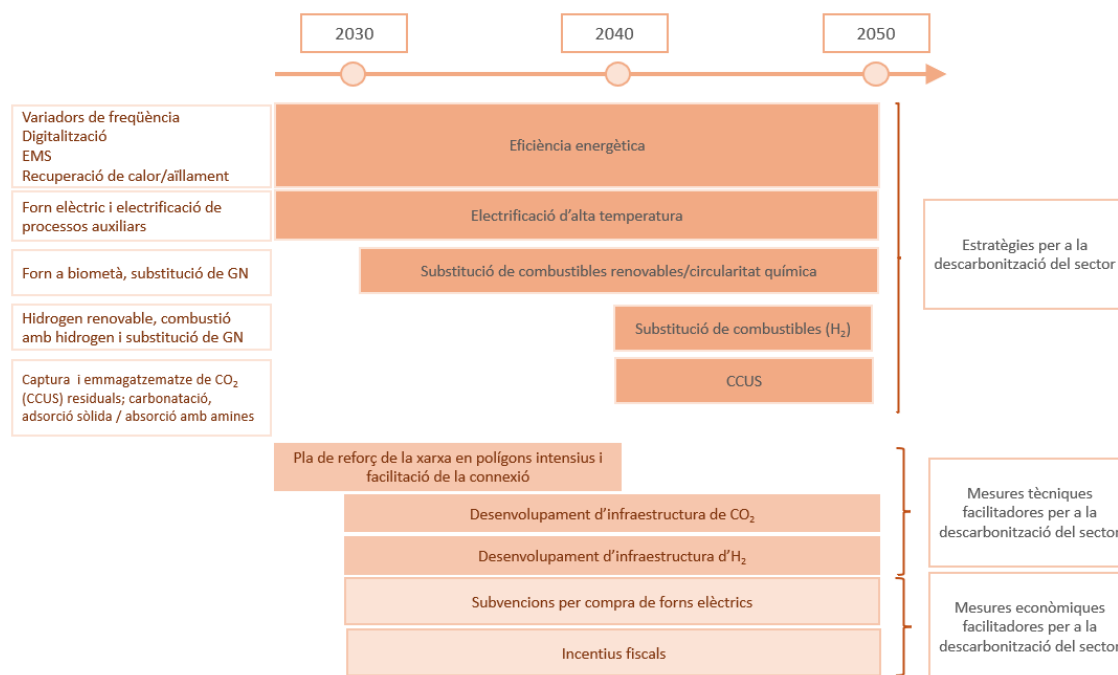


Figura 5. Estratègies i mesures en la configuració del full de ruta proposat per al sector de la indústria de la siderúrgia. Font: Elaboració pròpia.

L'aplicació d'aquest full de ruta permetrà fer una transició en el model de consum energètic del sector de la siderúrgia **des d'un model amb una forta presència d'energia elèctrica i destacat paper de combustibles fòssils (majoritàriament basat en l'ús de gas natural) fins a un model electrificat i amb forta presència de combustibles alternatius d'origen renovable (biometà i hidrogen).**

Més específicament, a la figura següent, es pot observar que, a curt termini, l'electrificació guanya pes respecte de l'ús de gas natural, alhora que el biometà comença a introduir-se també com a alternativa. A més llarg termini, es preveu la substitució dels combustibles fòssils per biometà, alhora que es preveu que l'hidrogen pugui començar a ser utilitzat en algunes aplicacions específiques. Cal destacar que el procés productiu de l'acer requereix la incorporació de carboni com a reactiu (habitualment en forma de carbó o coc de petroli) i que, previsiblement, aquesta necessitat es mantindrà fins a l'any 2050. En aquest escenari, la reducció de les emissions de gasos d'efecte hivernacle (GEH) associades a aquest procés dependrà principalment de la implantació de tecnologies de captura, utilització i/o emmagatzematge de CO₂ (CCUS). Actualment, també s'està investigant l'ús del biocarbó com a substitut del carbó o del coc de petroli, però avui dia encara és una tecnologia poc madura i amb una implantació industrial molt limitada.

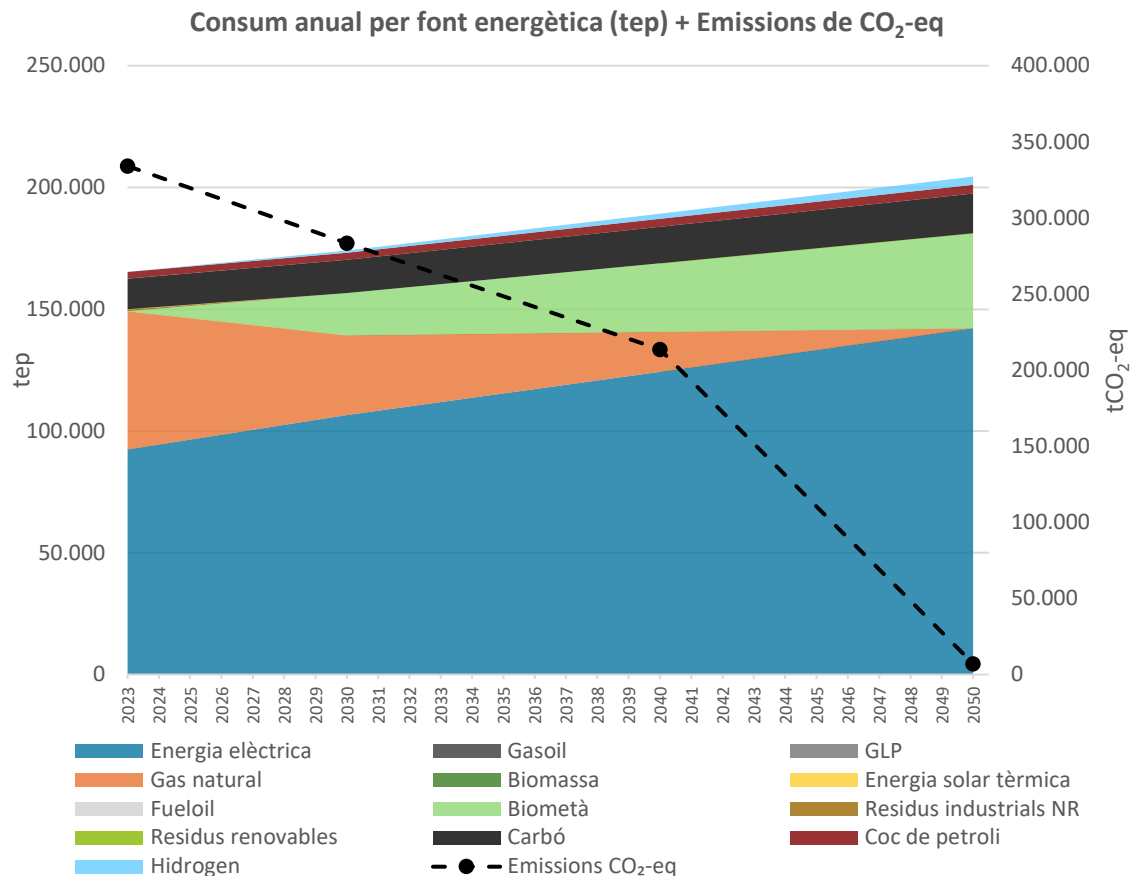


Figura 6. Evolució del consum i de les emissions anuals del sector de la indústria de la siderúrgia en funció de la font energètica. Font: elaboració pròpia.

Finalment, es pot observar que, tot i que en el consum energètic augmenta a curt, mitjà i llarg termini, a causa principalment d'un augment de l'activitat productiva, l'estratègia proposada permet encaminar les emissions de CO₂ cap a una tendència clarament descendent, i, amb un parc de generació energètica plenament descarbonitzat, permetrà la **descarbonització del sector de la indústria de la siderúrgia l'any 2050**.

Subsector
Tèxtil
i confecció

Resum executiu

El sector tèxtil i de la confecció a Catalunya és un pilar rellevant del teixit industrial estretament vinculat als àmbits de la moda, la llar, l'esport i altres usos de consum, amb una implantació territorial significativa. Així, la participació més important d'aquest sector a la indústria va tenir lloc el 2021, quan el valor afegit brut (VAB) va representar el 3,1 % del total de la indústria, mentre que el 2023 el pes va ser del 2,7 %.

A efectes d'aquests treballs, s'han distingit les activitats o subsectors següents, els quals han estat avaluats de manera diferenciada: preparació de filatures i teixits, acabaments tèxtils, fabricació de productes tèxtils, confecció de peces de vestir i fabricació de matalassos.

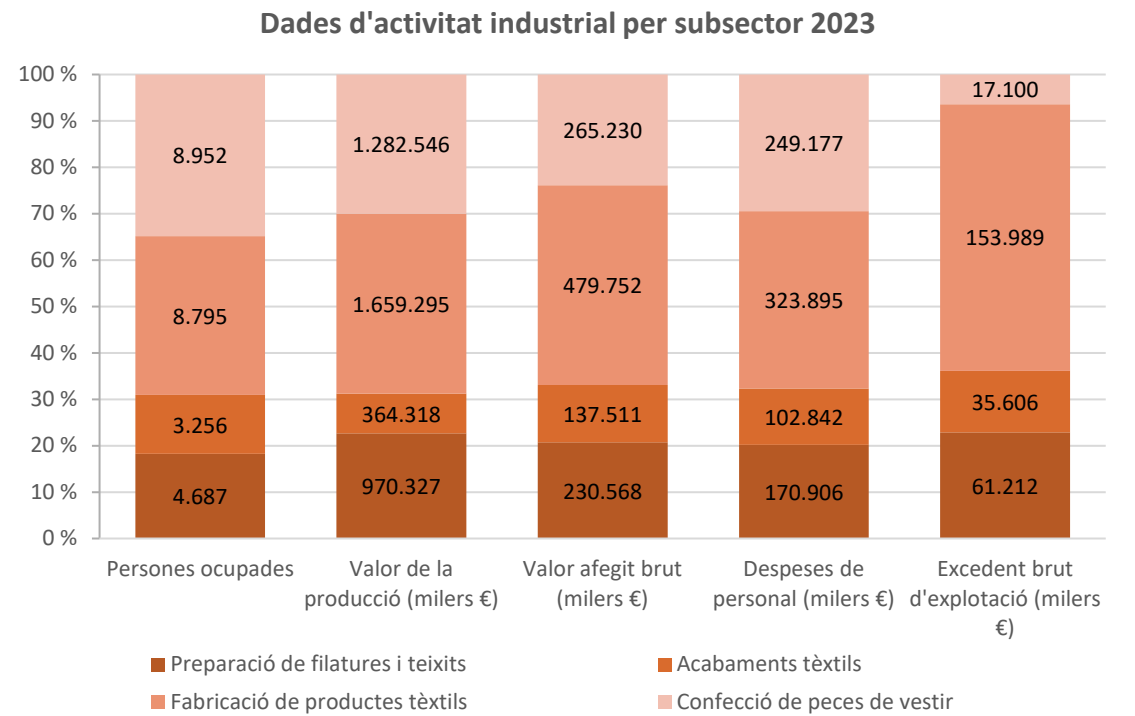


Figura 1. Dades d'activitat industrial per al sector tèxtil i de la confecció (2023): producció (k€), VAB (k€), despeses de personal (k€), EBE (k€) i persones ocupades.¹ Font: Idescat, a partir del Directori central d'empreses (DIRCE) de l'INE.

El sector tèxtil i de la confecció ocupa, actualment, al voltant de **25.700 assalariats**, repartits en **5.326 empreses**. És un sector en què predominen les petites i mitjanes empreses, però amb la participació d'algunes indústries de gran presència i impacte (23 de les empreses tenen més de 200 assalariats).

Tot i que amb certes particularitats per a cadascuna de les activitats avaluades, en general, es poden distingir les etapes o processos següents.

1. Les estadístiques del subsector fabricació de matalassos s'inclouen en el subsector de fabricació de mobles, que pertany al sector de la fusta, el suro i els mobles, seguint l'estructura de les estadístiques de l'Idescat.

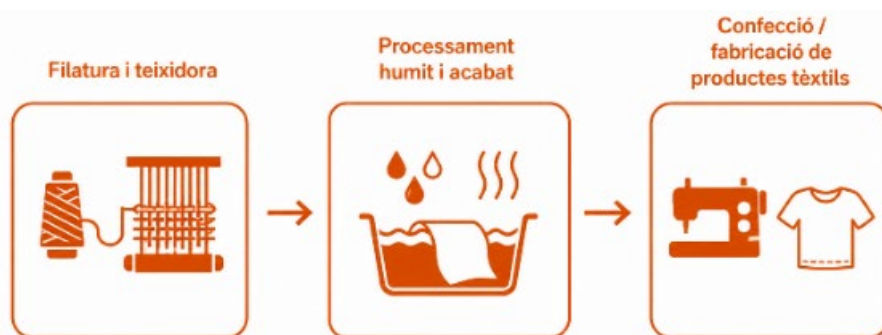


Figura 2. Diagrama dels processos i les etapes que es duen a terme en el sector tèxtil i de la confecció. Font: Elaboració pròpia.

Aquest sector es caracteritza per una **combinació de processos mecànics i tèrmics de baixa i mitjana temperatura** distribuïts al llarg de la cadena productiva. Es tracta d'un sector amb una intensitat energètica rellevant, especialment en determinades etapes, com la tintura i els acabats, en què es requereix calor en forma de vapor i energia tèrmica amb temperatures que poden arribar aproximadament fins als 200 °C.

El consum energètic del sector es basa en una combinació de gas natural (51 %), utilitzat majoritàriament per a la generació de vapor i calor de procés, i **electricitat (46 %)**, associada al funcionament de maquinària i equips.

Distribució percentual dels consums energètics per subsector i font d'energia l'any 2023

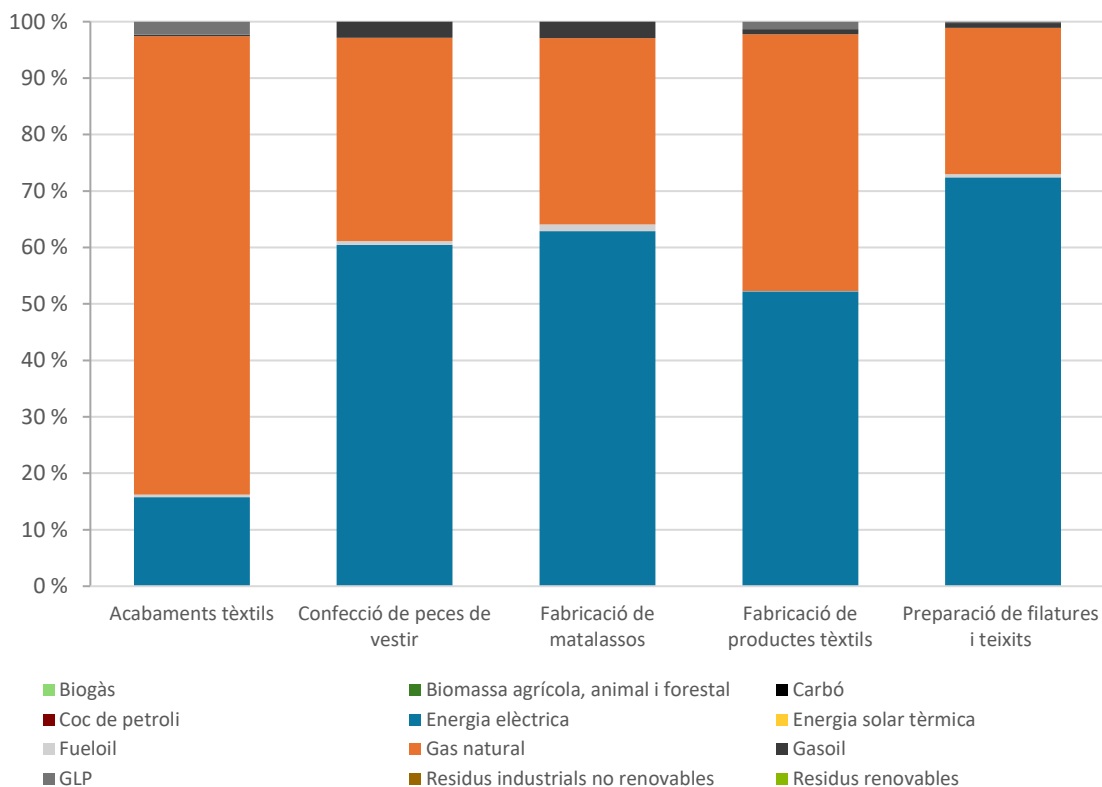


Figura 3. Distribució del consum energètic per subsector i font energètica l'any 2023. Font: ICAEN, a partir de les dades de l'Estadística del consum energètic del sector industrial (ECESI).

La intensitat energètica del sector tèxtil, especialment en processos com la tintura, rentada, assecat i acabaments, es tradueix en **emissions de CO₂ degudes principalment al consum de gas natural, que representa aproximadament el 64,9 % de les emissions**. L'electricitat també contribueix de manera significativa (entorn del 30,9 %) a través d'emissions indirectes associades a la matriu elèctrica. En aquest sector, les emissions provenen en la totalitat del consum energètic, ja que no hi ha emissions de procés significatives.

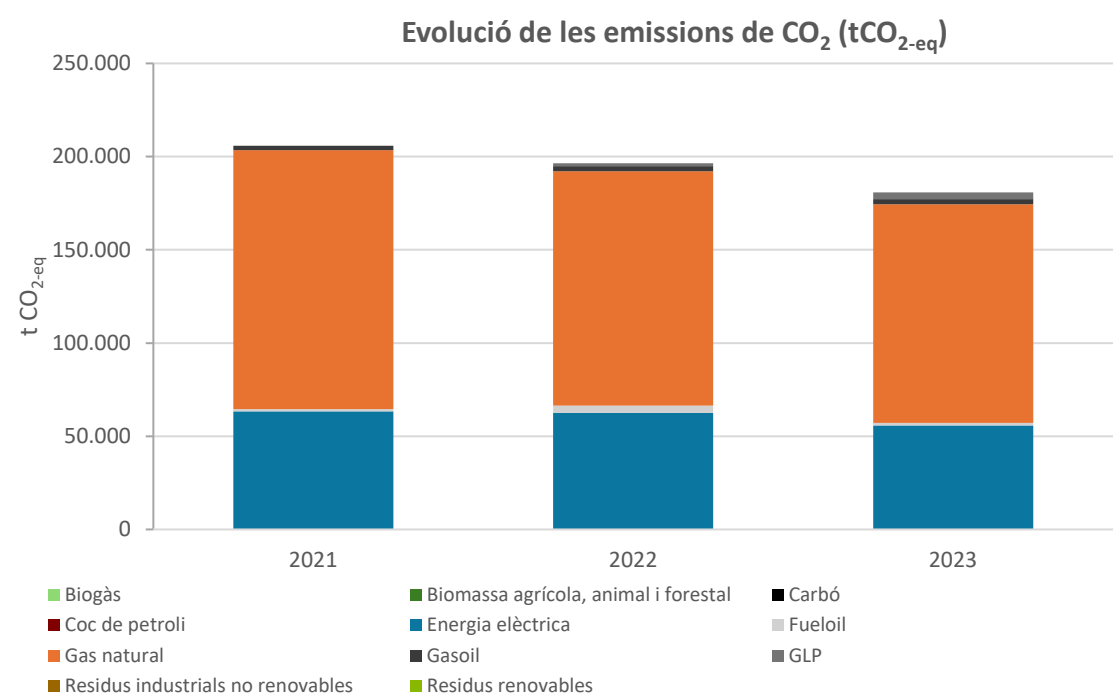


Figura 4. Evolució de les emissions de CO₂ al sector tèxtil i de la confecció (2021-2023) per font energètica. Font: ICAEN, a partir de les dades de consum energètic.

Davant la necessitat de reduir les emissions actuals d'aquest sector, es plantegen les estratègies següents per assolir la seva descarbonització.

Tecnologies/estratègies	Nivell de maduresa tecnològica (NMT) (2026)	Cost de reducció (€/tCO ₂)	Estalvi d'emissions (kgCO ₂ /t de tèxtil)
Eficiència energètica	9	-150	70
Autogeneració renovable	9	-15	-
Electrificació baixa i mitjana temp.	8	-115 / 90	1.200 / 800
Biometà baixa i mitjana temp.	9	80	1.400

Taula 1. Avaluació dels paràmetres del nivell de maduresa tecnològica (NMT), cost de reducció i estalvi d'emissions de les estratègies clau proposades. Font: Elaboració pròpia.

De l'avaluació i priorització de les estratègies anteriors es configura el **full de ruta per a la descarbonització del sector tèxtil i de la confecció**, el qual és coherent amb les restriccions de tipus tècnic i econòmic de les estratègies plantejades.

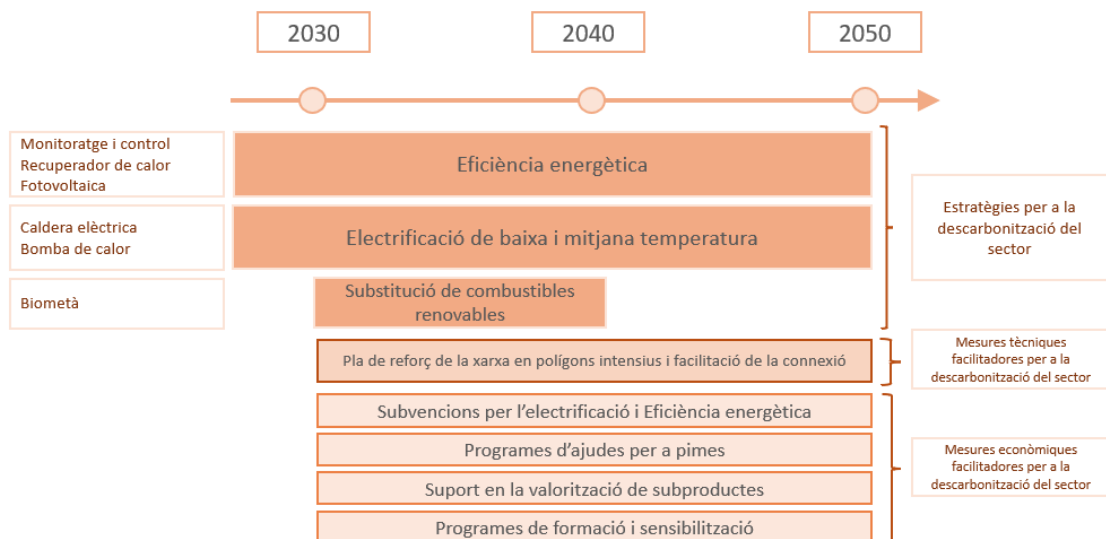


Figura 5. Estratègies i mesures en la configuració del full de ruta proposat per al sector tèxtil i de la confecció. Font: Elaboració pròpia.

L'aplicació d'aquest full de ruta permetrà dur a terme una transició en el model de consum energètic del sector tèxtil i de la confecció **des d'un model amb una forta presència de combustibles fòssils (majoritàriament basat en l'ús del gas natural) fins a un model electrificat.**

De manera més específica, s'observa, a la figura següent, que, a curt termini, l'electrificació dels processos tèrmics guanyarà pes progressivament respecte de l'ús de gas natural, alhora que el biometà es comença a introduir també com a alternativa. A més llarg termini, es preveu la no dependència de combustibles fòssils; així, l'electrificació de la demanda tèrmica, juntament amb l'ús d'energies renovables, ha de permetre descarbonitzar la totalitat del consum energètic del sector.

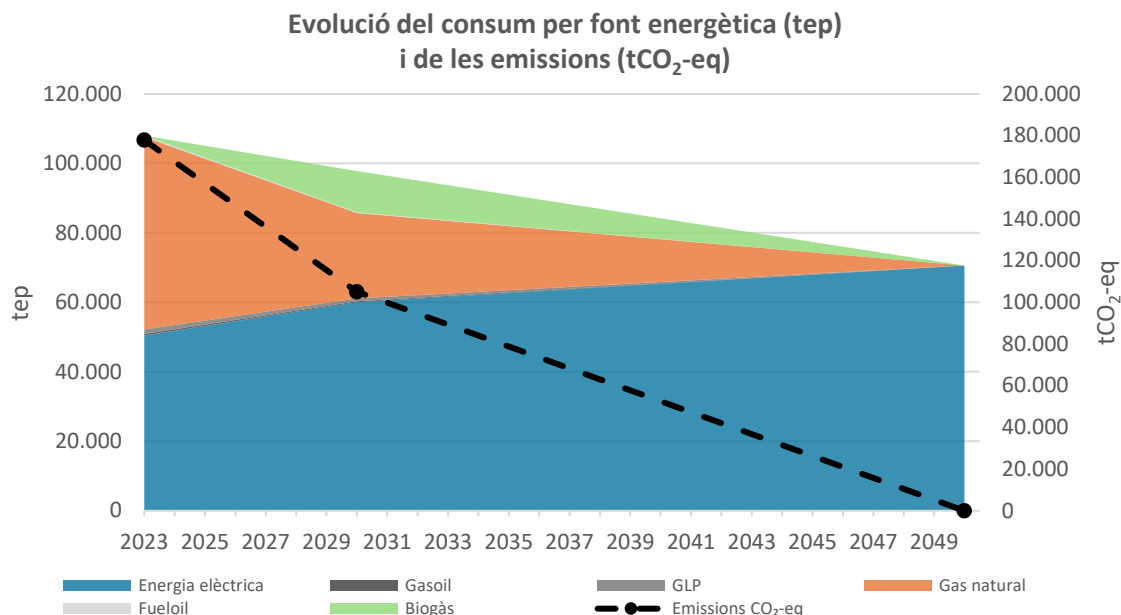


Figura 6. Evolució del consum i de les emissions anuals del sector tèxtil i de la confecció en funció de la font energètica. Font: Elaboració pròpia.

Finalment, es pot observar que, tant a curt com a mitjà i llarg termini, es redueix el consum energètic, principalment gràcies a la millora de l'eficiència i l'optimització dels processos. Aquesta disminució, juntament amb la progressiva electrificació i la substitució de combustibles fòssils per fonts renovables, permet una reducció clara i sostinguda de les emissions de CO₂. Aquest context permetrà la **completa descarbonització del sector tèxtil i de la confecció l'any 2050**.

Subsector
**Tractament
d'aigües**

Resum executiu

La indústria del sector del tractament d'aigües a Catalunya constitueix un sector d'importància moderada dins del teixit industrial en termes econòmics (amb un pes inferior al 2 % del VAB industrial), però amb un paper estratègic clau en la garantia del subministrament d'aigua i en el funcionament de l'activitat econòmica. Es tracta d'un sector amb una forta implantació territorial, associat a infraestructures crítiques i amb una elevada rellevància des del punt de vista social i sanitari.

A diferència d'altres sectors industrials més diversificats, el sector del tractament d'aigües presenta una homogeneïtat elevada en el seu àmbit d'activitat, que correspon principalment a les operacions de captació, potabilització i distribució d'aigua, sense una desagregació clara en subsectors diferenciats.

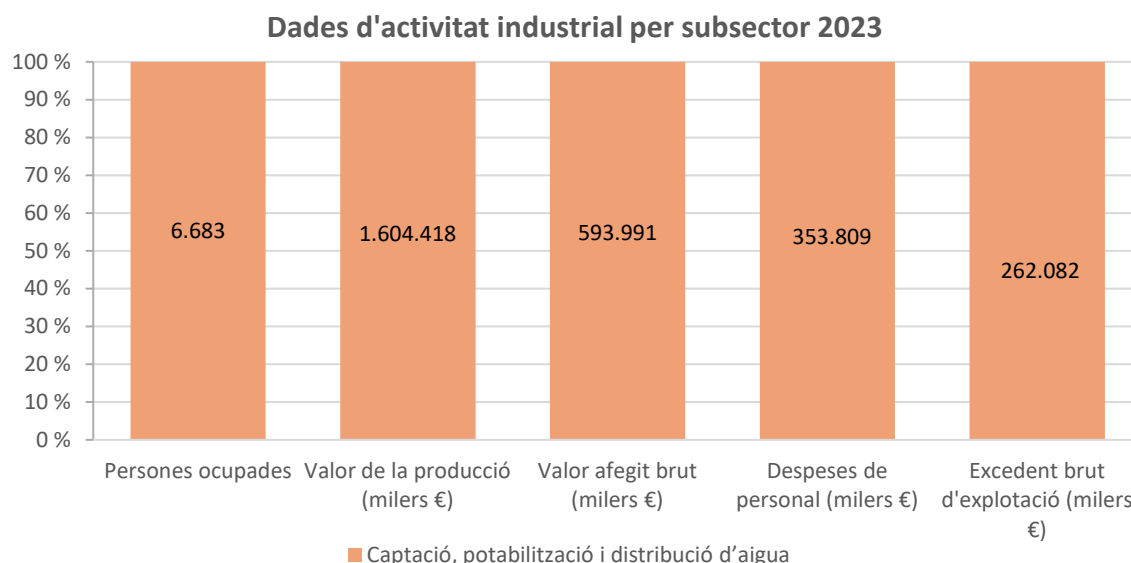


Figura 1. Dades d'activitat industrial per al sector del tractament d'aigües (2023). Font: Idescat, a partir del Directori central d'empreses (DIRCE) de l'INE.

Tal com es pot observar a la figura anterior, el sector ocupava l'any 2023 un total de 6.683 persones; és un sector format per un nombre relativament reduït d'operadors, sovint de gran dimensió o vinculats a l'àmbit públic o concessionari, amb una elevada intensitat en capital i amb una forta dependència de les infraestructures i dels sistemes de gestió.

Tot i que amb certes particularitats en funció de la qualitat de l'aigua d'entrada i de la configuració de cada instal·lació, en general, es poden distingir les principals etapes o processos en el tractament d'aigua potable, des de la captació i el pretractament fins a la distribució final.



Figura 2. Diagrama dels processos i les etapes que es duen a terme en el tractament d'aigües. Font: Elaboració pròpia.

A diferència d'altres sectors industrials, el tractament d'aigua no requereix condicions extremes de temperatura o pressió en la majoria de les seves etapes, però presenta una dependència elevada de l'energia elèctrica, associada principalment als sistemes de bombament, agitació i processos de filtració i membranes.

Així, es tracta d'un sector intensiu en consum elèctric, en el qual la pràctica totalitat de l'energia utilitzada és d'origen elèctric, i la seva petjada de carboni està fortament condicionada per la matriu energètica.

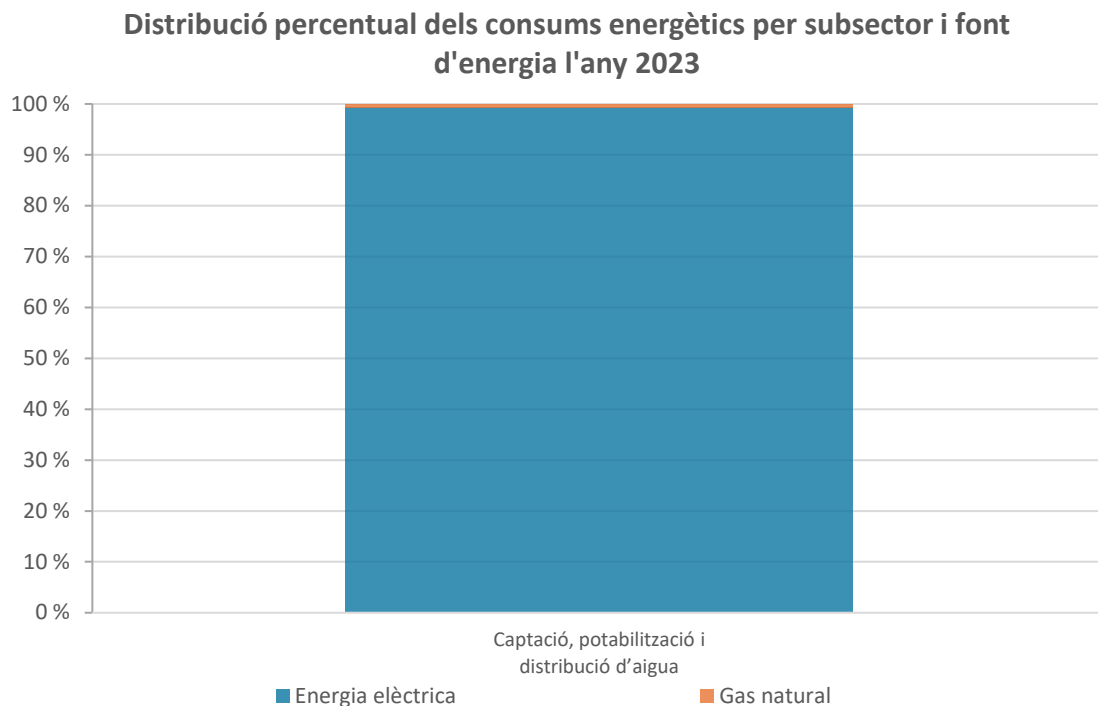


Figura 3. Distribució del consum energètic per subsector i font energètica l'any 2023. Font: ICAEN, a partir de les dades de l'Estadística del consum energètic del sector industrial (ECESI).

Tal com es pot observar a la figura següent, les emissions del sector es troben majoritàriament associades al consum elèctric, mentre que la contribució dels combustibles fòssils, com el gas natural o el gasoil, és molt reduïda i ha disminuït de manera significativa els darrers anys. Aquesta reducció del consum de gas natural s'explica principalment per l'elevat grau d'electrificació dels processos de tractament, com també per la progressiva substitució d'equips auxiliars basats en combustibles fòssils per alternatives elèctriques més eficients. En el cas de les estacions de tractament d'aigua potable (ETAP), l'ús de gas natural es limitava tradicionalment a aplicacions puntuals, com sistemes de calefacció, generació d'aigua calenta sanitària o processos auxiliars, els quals progressivament s'han electrificat o optimitzat.

Com a resultat, el sector presenta actualment un perfil d'emissions fortament dependent de la matriu elèctrica, sense una presència significativa d'emissions de procés ni d'ús directe de combustibles fòssils. Així, la reducció de les emissions en aquest sector està estretament vinculada a la descarbonització del sistema elèctric, més que a la transformació dels processos productius.

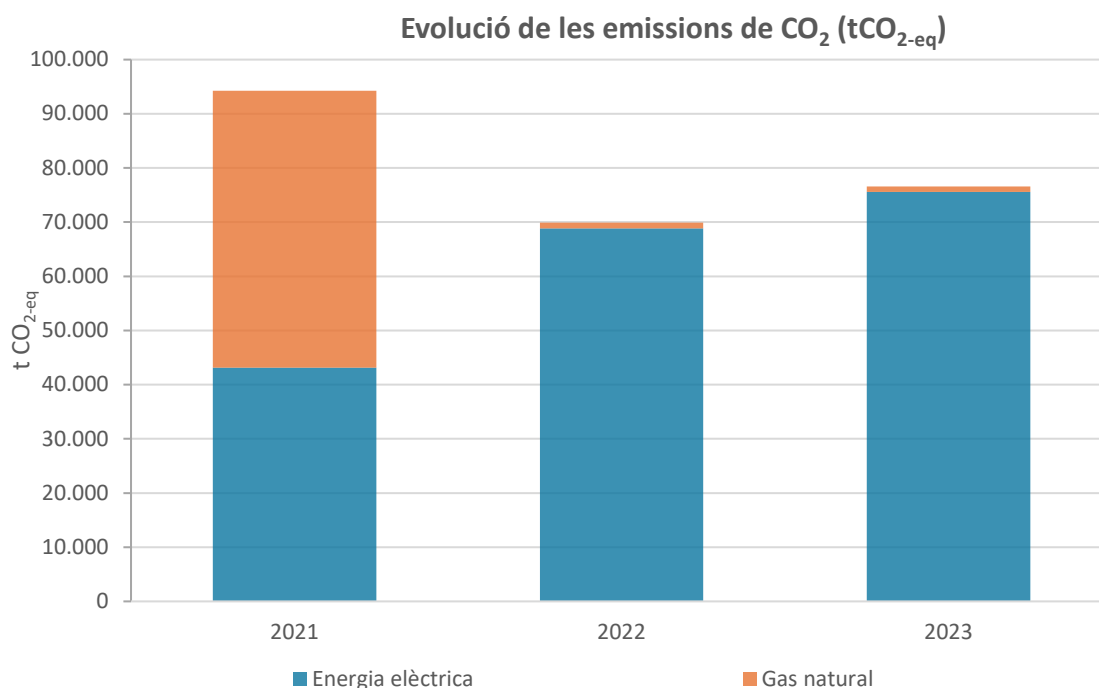


Figura 4. Evolució de les emissions de CO₂ en el sector del tractament d'aigües (2021-2023) per font energètica. Font: ICAEN, a partir de les dades de consum energètic.

Davant la necessitat de reduir les emissions actuals del sector del tractament d'aigües, es plantegen diverses estratègies orientades principalment a la reducció del consum energètic, especialment del consum elèctric, que constitueix el principal vector d'emissions del sector.

Tecnologies/estratègies	Nivell de maduresa tecnològica (NMT) (2026)	Cost de reducció (€/tCO₂)	Estalvi d'emissions (kgCO₂/t tractament d'aigües)
Eficiència energètica	9	-223 / 185	0,09-0,14
Autogeneració renovable	9	-14,16	-
Optimització de processos	9	482 / 710	0-3
Descarbonització química i circularitat	8	Variable	Mitjà-alt
Processos col·laboratius (comunitats energètiques)	8	Variable	Mitjà

Taula 1. Avaluació dels paràmetres del nivell de maduresa tecnològica (NMT), cost de reducció i estalvi d'emissions de les estratègies clau proposades. Font: Elaboració pròpia.¹

1. Es presenta una avaluació qualitativa de les estratègies segons el seu nivell de maduresa tecnològica, el cost de reducció i el potencial de reducció d'emissions. Un cost negatiu implica estalvi econòmic, mentre que un cost variable depèn del cas. L'estalvi d'emissions indica el grau de reducció de CO₂, i és alt o mitjà segons el seu impacte.

De l'avaluació i prioritització de les estratègies anteriors es configura el **full de ruta per a la descarbonització del sector del tractament d'aigües**, el qual és coherent amb les restriccions de tipus tècnic i econòmic de les estratègies plantejades.

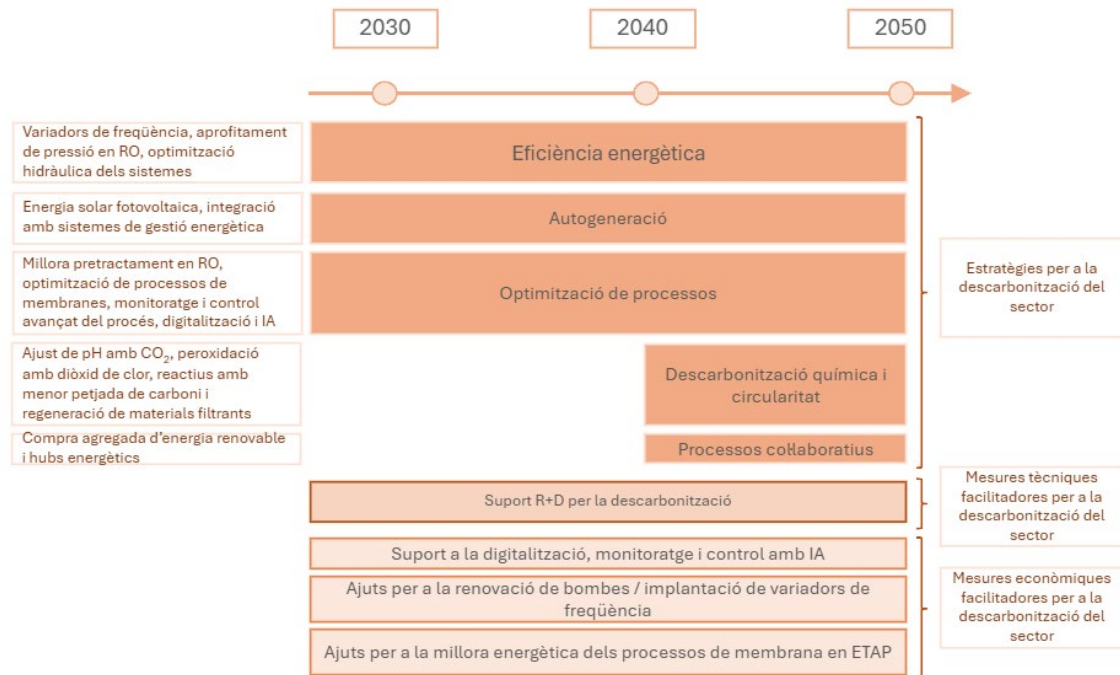


Figura 5. Estratègies i mesures en la configuració del full de ruta proposat per al sector del tractament d'aigües. Font: Elaboració pròpia.

L'aplicació d'aquest full de ruta permetrà avançar cap a un model energètic més eficient i descarbonitzat en el sector del tractament d'aigües, basat en la reducció del consum elèctric mitjançant la millora de l'eficiència energètica, l'optimització dels processos i la integració d'energies renovables, com també en la digitalització i el control avançat dels sistemes.

De manera més específica, es pot observar, a la figura següent, com el sector del tractament d'aigües presenta un consum pràcticament totalment electrificat durant tot l'horitzó temporal analitzat, de manera que les estratègies de descarbonització principals desenvolupades pel sector es basen en la reducció progressiva del consum elèctric mitjançant mesures d'eficiència energètica, optimització de processos i digitalització dels sistemes.

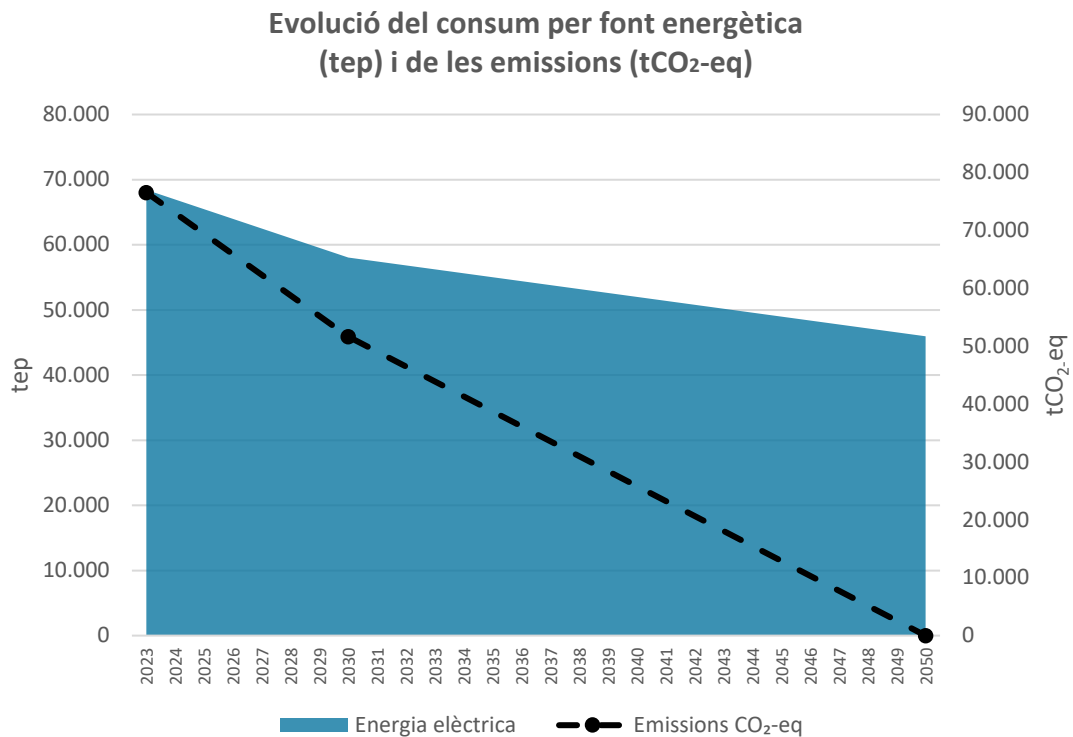


Figura 6. Evolució del consum i de les emissions anuals del sector del tractament d'aigües en funció de la font energètica. Font: Elaboració pròpia.

Finalment, es pot observar que, tot i que el consum energètic del sector es manté elevat a causa de la naturalesa intensiva en energia dels processos de captació, potabilització i distribució d'aigua, l'estratègia proposada permet reduir de manera significativa les emissions de CO₂ associades. Aquesta reducció es deu principalment a la disminució del consum elèctric i, especialment, a la progressiva descarbonització de la matriu elèctrica, fet que permet assolir un escenari pràcticament neutre en emissions l'any 2050.

Subsector
**Transformats
metà·lics**

Resum executiu

La indústria del sector dels transformats metàl·lics a Catalunya és una activitat especialitzada del teixit industrial estretament vinculada a la producció i transformació d'alumini, coure, zinc, plom, metalls preciosos i altres materials no fèrrics, com també a la fabricació de peces foses per a sectors com l'automoció, els béns d'equip o la construcció.

A efectes d'aquests treballs, s'ha distingit les activitats o subsectors següents, els quals han estat avaluats de manera diferenciada: fabricació de productes metàl·lics, excepte maquinària i equips; fabricació de productes elèctrics, informàtics electrònics i òptics; fabricació de maquinària i equips no classificats en altres apartats (ncaa); fabricació de vehicles de motor, remolcs i semiremolcs; fabricació d'altres materials de transport; reparació i instal·lació de maquinària i equips, ordinadors i electrodomèstics.

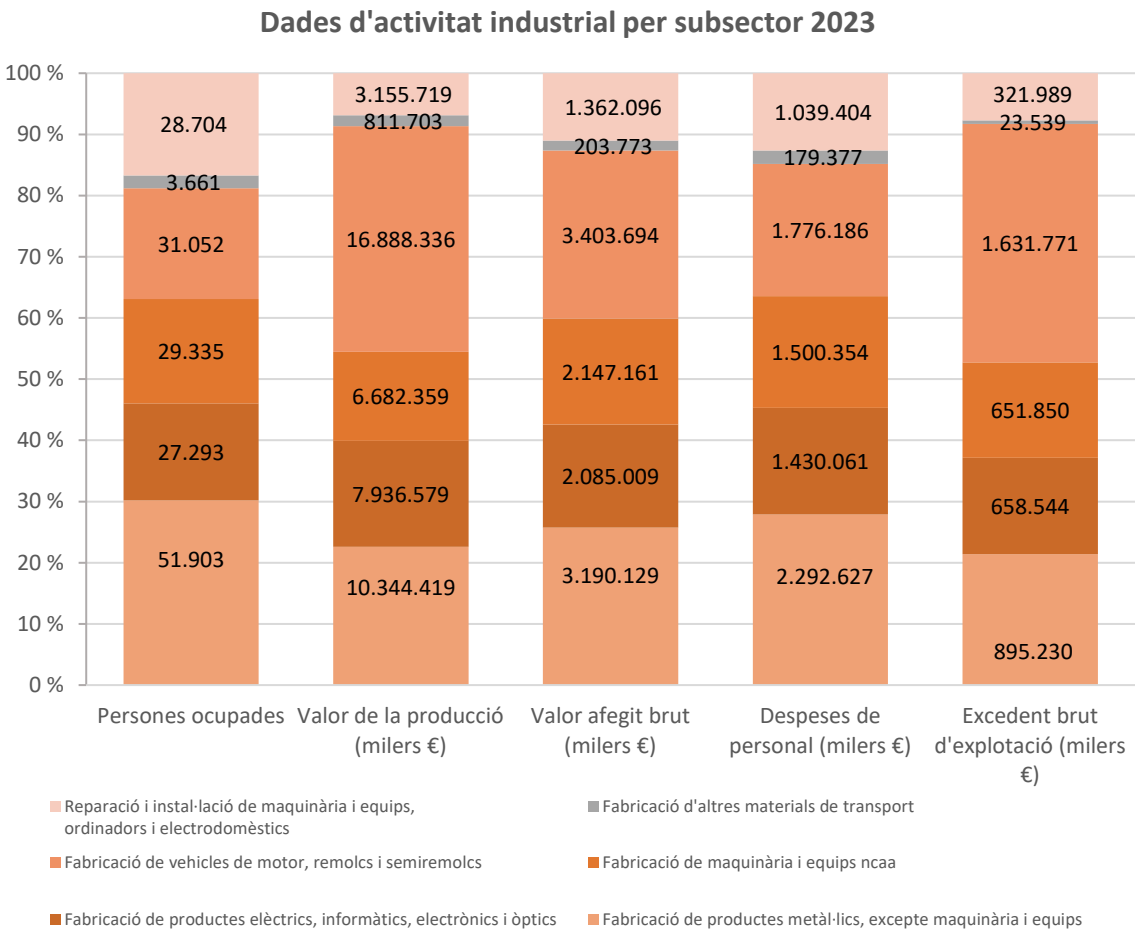


Figura 1. Dades d'activitat industrial per al sector dels transformats metàl·lics (2023). Font: Idescat, a partir del Directori central d'empreses (DIRCE) de l'INE.

El sector dels transformats metàl·lics ocupa, actualment, aproximadament uns **171.948 treballadors**, repartits en **17.648 unitats legals**, amb un pes molt elevat de les microempreses i les petites empreses. També cal destacar que el valor afegit brut (VAB) d'aquest sector en el total de la indústria catalana és d'un **29,89 %**, aproximadament.

Tot i que amb diferències importants segons el subsector i el producte fabricat, en general, es poden distingir les etapes o processos següents en el sector dels transformats metàl·lics.



Figura 2. Diagrama dels processos i les etapes que es duen a terme en el sector dels transformats metàl·lics. Font: Elaboració pròpia.

Aquest procés destaca, per una banda, per un ús intensiu d'electricitat en les etapes de preparació de materials, tall i conformació, fabricació estructural, soldadura, mecanitzat, reparació mecànica, muntatge de components i proves finals. Per altra banda, també presenta una demanda tèrmica rellevant associada als processos d'escalfament, assecat i curació de pintura o recobriments, tractaments tèrmics, tractaments superficials, acabats i alguns processos puntuals de fusió o escalfament de materials.

Així, es tracta d'una indústria amb un perfil energètic majoritàriament electrificat, però amb una presència encara significativa del gas natural en determinats usos tèrmics.

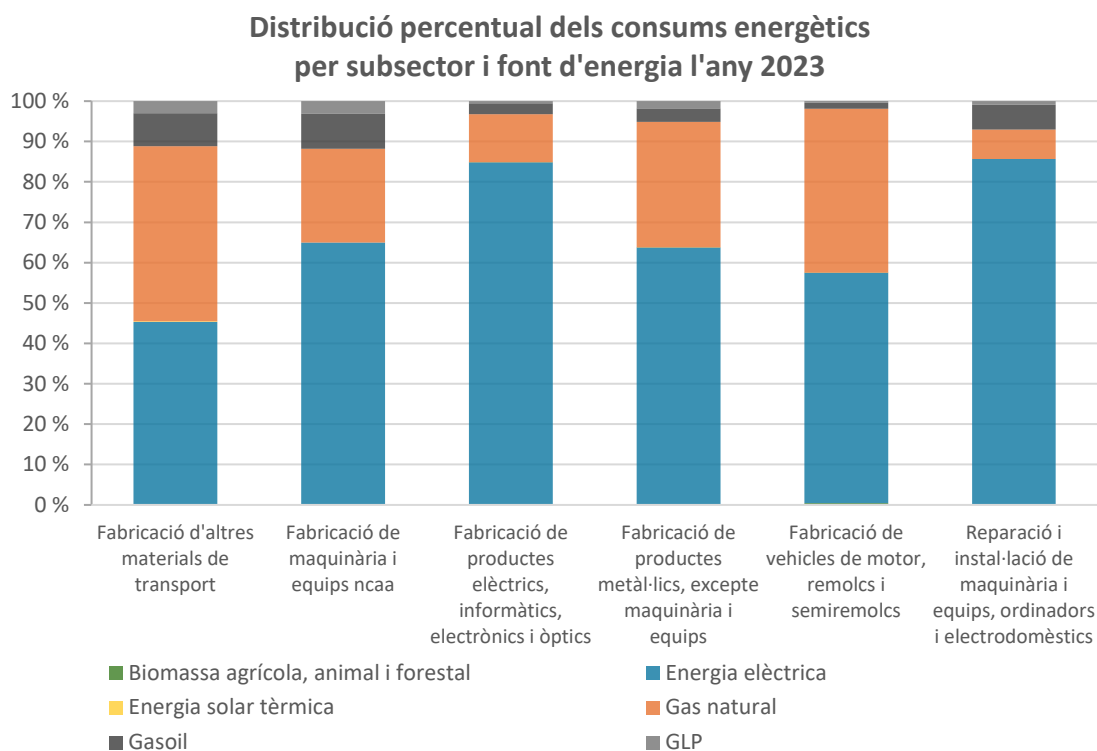


Figura 3. Distribució del consum energètic per subsector i font energètica l'any 2023. Font: ICAEN, a partir de les dades de l'Estadística del consum energètic del sector industrial (ECESI).

En primer lloc, cal fer menció que el consum energètic total del sector va ser aproximadament del **5,0 % del consum energètic del conjunt de la indústria catalana**. La font energètica principal és l'**energia elèctrica**, que representa prop del **65 % del consum total**, seguida del **gas natural**, amb un pes aproximat del **31 %**. La resta del consum correspon principalment a gasoil i GLP, amb una presència inferior, mentre que la biomassa i l'energia solar tèrmica tenen un pes reduït.

Les emissions indirectes degudes al consum d'energia elèctrica d'una matriu elèctrica encara no cent per cent descarbonitzada i també les procedents de l'ús de combustibles fòssils configuren el perfil d'emissions del sector. A diferència d'altres sectors industrials, les emissions de procés tenen un pes, tot i que reduït, dins del total sectorial. Aquestes emissions es vinculen principalment a l'ús de gasos fluorats en la fabricació d'equips elèctrics i electrònics, així com a determinades operacions de soldadura, especialment en processos SMAW i MIG/MAG.

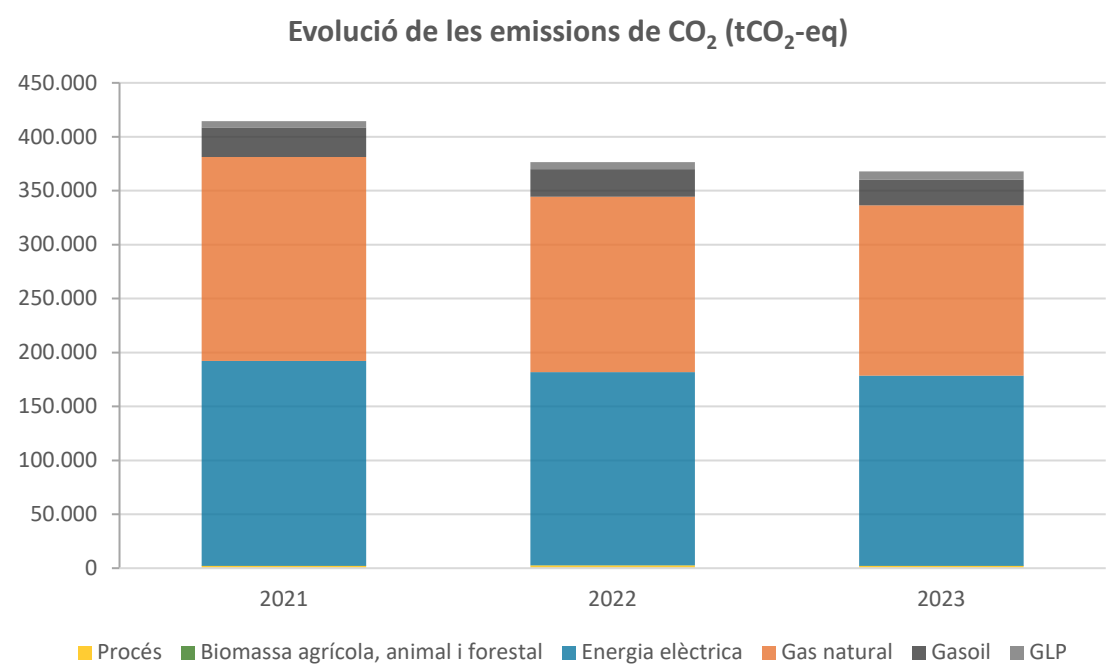


Figura 4. Evolució de les emissions de CO₂ al sector dels transformats metàl·lics (2021-2023) per font energètica. Font: ICAEN, a partir de les dades de consum energètic.

La combinació d'un consum elèctric elevat, una presència significativa de gas natural en els processos tèrmics i una estructura empresarial molt diversa converteix el sector en una activitat en què la descarbonització requereix, principalment, la millora de l'eficiència energètica, l'electrificació progressiva dels processos tèrmics, la recuperació de calor, l'autogeneració renovable i la substitució selectiva del gas natural per combustibles renovables quan l'electrificació no sigui viable. Davant aquest escenari, es plantegen les estratègies següents per assolir la seva descarbonització.

Tecnologies/estratègies	Nivell de maduresa tecnològica (NMT) (2026)	Cost de reducció (€/tCO ₂)	Estalvi d'emissions (kgCO ₂ /t vidre)
Eficiència energètica	9	-150 / -1.500	2-57
Autogeneració renovable	9	-15	-
Electrificació alta temp.	8	138	250
Biogàs alta temp.	9	70	395
Captura de CO ₂	8-9	120	98-99 % (procés)

Taula 1. Avaluació dels paràmetres del nivell de maduresa tecnològica (NMT), cost de reducció i estalvi d'emissions de les estratègies clau proposades. Font: Elaboració pròpia.

De l'avaluació i priorització de les estratègies anteriors es configura el **full de ruta per a la descarbonització del sector dels transformats metàl·lics**, el qual és coherent amb les restriccions de tipus tècnic i econòmic de les estratègies plantejades.

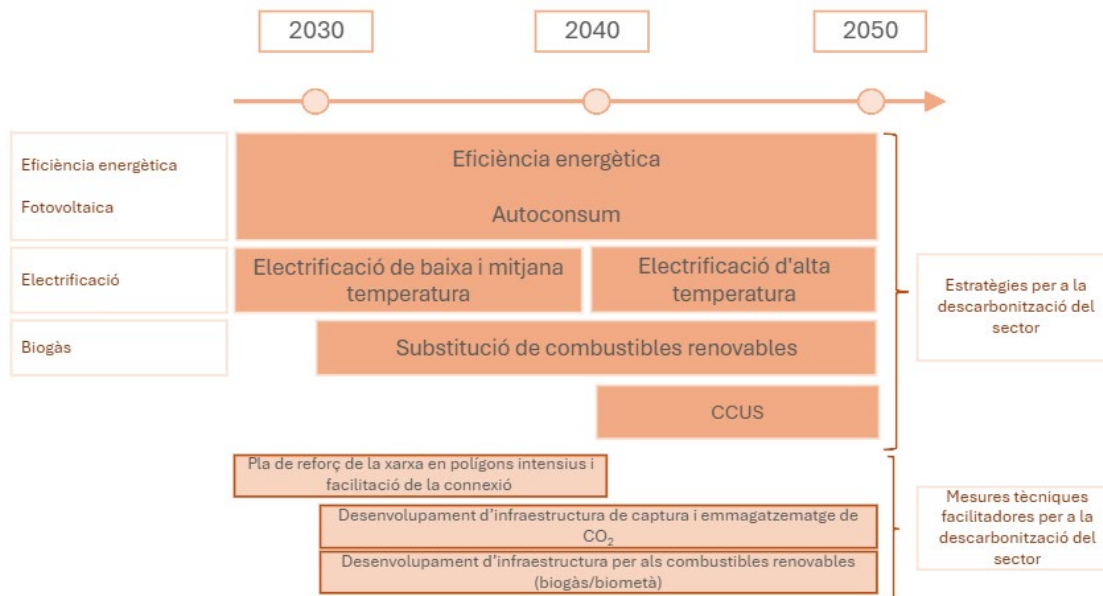


Figura 5. Estratègies i mesures en la configuració del full de ruta proposat per al sector dels transformats metàl·lics. Font: Elaboració pròpia.

L'aplicació d'aquest full de ruta permetrà fer una transició en el model de consum energètic del sector des d'un model ja fortament electrificat, però encara amb dependència de combustibles fòssils en determinats usos tèrmics, cap a un model més eficient, amb més aprofitament de la calor residual, més generació renovable pròpia i una electrificació progressiva dels processos tèrmics.

De manera més específica, a curt termini es preveu el desplegament de les mesures d'eficiència energètica amb més maduresa i menys complexitat d'implantació, com la instal·lació de variadors de freqüència, la millora dels sistemes d'aire comprimit, la substitució d'equips auxiliars ineficients, el monitoratge de consums, la recuperació de calor en forns i assecadors, la recirculació d'aire calent i la millora del control de cabines de pintura i processos de curació.

A més llarg termini, la descarbonització del sector requerirà una electrificació més extensa dels processos tèrmics d'alta temperatura i la substitució progressiva del gas natural per vectors renovables en les aplicacions en què l'electrificació directa no sigui tècnicament o econòmicament viable (p. ex., biogàs). El full de ruta també incorpora la reducció d'emissions de procés mitjançant canvis en materials, processos i gasos emprats, especialment en activitats vinculades a soldadura, tractaments superficials i fabricació d'equips elèctrics o electrònics. Aquestes mesures hauran d'avançar de manera progressiva fins al 2050, prioritzant la substitució de materials o gasos amb més potencial d'escalfament global, la millora dels processos productius i la reducció de reprocessos i rebuïjos.

Finalment, les tecnologies de captura, ús i emmagatzematge de carboni també han estat considerades com una opció complementària i de llarg termini, orientada principalment a emissions residuals que no puguin eliminar-se mitjançant eficiència, electrificació, combustibles renovables o canvis de procés. De totes maneres, la seva aplicació al sector dependrà del

desenvolupament d'infraestructures de captura, transport i emmagatzematge de CO₂, així com de la seva viabilitat econòmica en instal·lacions de dimensió mitjana o petita.

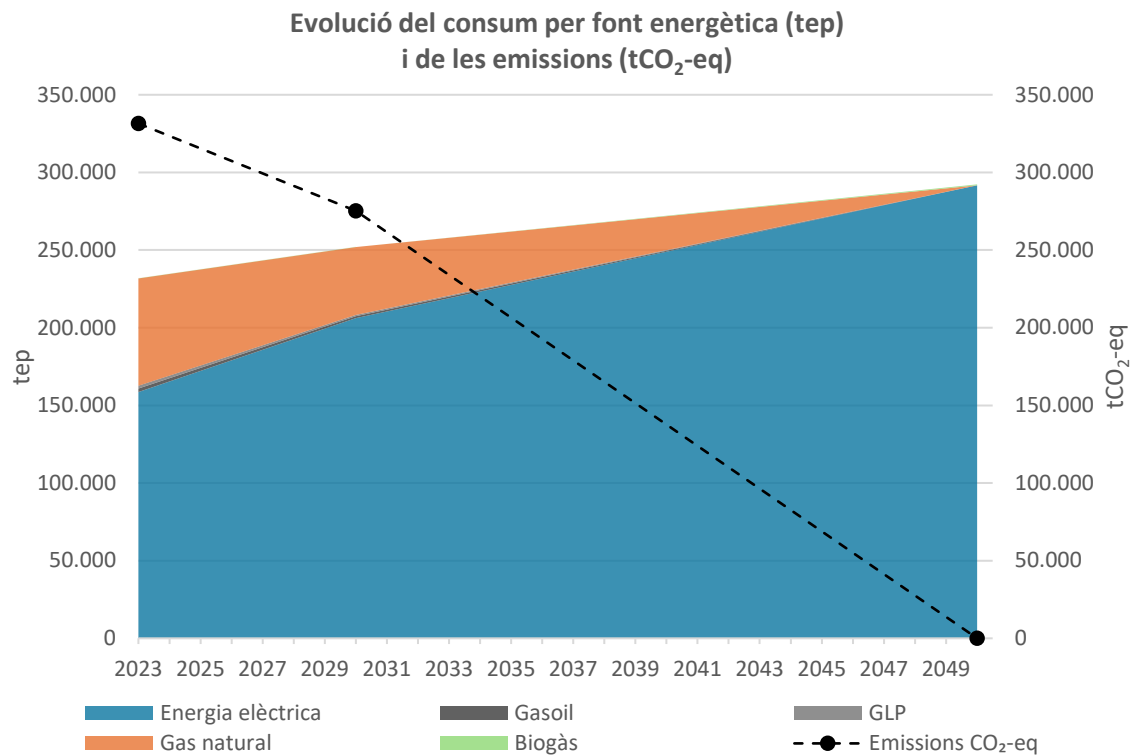


Figura 6. Evolució del consum i les emissions anuals del sector dels transformats metàl·lics en funció de la font energètica. Font: Elaboració pròpia.

Finalment, es pot observar que el sector dels transformats metàl·lics disposa d'un potencial rellevant de reducció d'emissions, especialment a través de la disminució del consum de gas natural, la reducció del consum elèctric específic i la descarbonització progressiva del sistema elèctric. En aquest sentit, les mesures d'eficiència energètica i recuperació de calor són essencials per assolir reduccions a curt termini, mentre que l'electrificació de processos tèrmics, l'autogeneració renovable i l'ús selectiu de combustibles renovables són determinants per assolir la neutralitat climàtica a partir del 2050.

Subsector
Vidre

Resum executiu

La indústria del sector del vidre a Catalunya és un pilar rellevant del teixit industrial estretament vinculat als sectors de l'envàs, la construcció, l'automoció i alguns àmbits tecnològics especialitzats, amb una implantació territorial significativa.

A efectes d'aquests treballs, s'han distingit les activitats o subsectors següents, els quals han estat avaluats de manera diferenciada: fabricació, manipulació i transformació de vidre pla (VP); fabricació i manipulació de vidre buit i tècnic (VBT); fabricació de fibra de vidre (FV).

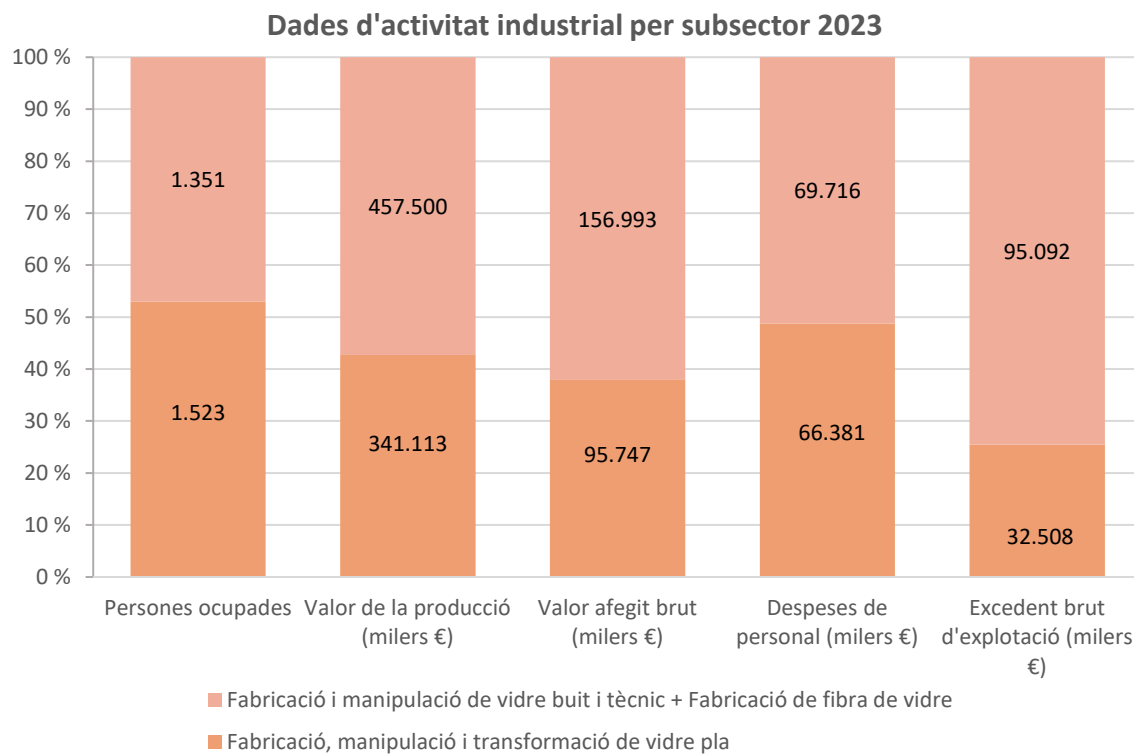


Figura 1. Dades d'activitat industrial per al sector del vidre (2023). Font: Idescat, a partir del Directori central d'empreses (DIRCE) de l'INE.

El sector de la fabricació del vidre ocupa, actualment, aproximadament **3.000 treballadors**, repartits en unes **170 empreses**. És un sector en què predominen les petites i mitjanes empreses, però amb la participació d'algunes indústries de gran presència i impacte.

Tot i que amb certes particularitats per a cadascuna de les activitats avaluades, en general, es poden distingir les etapes o processos següents en la fabricació de vidre.

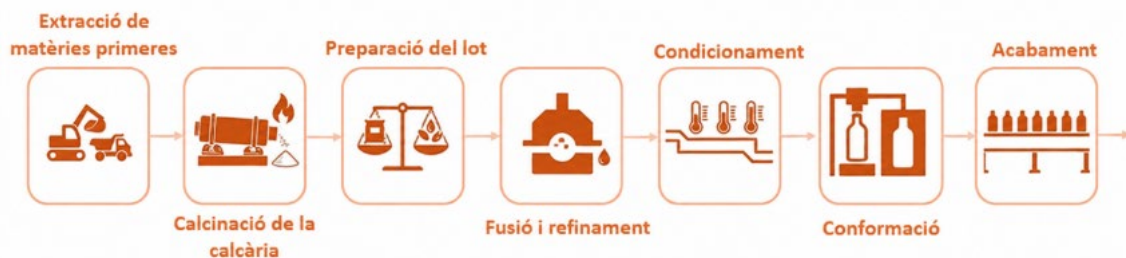


Figura 2. Diagrama dels processos i les etapes que es duen a terme en la fabricació del vidre. Font: Elaboració pròpia.

Aquest procés destaca, per una banda, per l'alta intensitat energètica en alguna de les seves etapes, com la fusió, en què **s'assoleixen temperatures pròximes als 1.500 °C**, des de la qual se succeeixen la resta d'etapes fins a arribar a l'acabament del vidre. Així, es tracta d'una indústria intensiva en energia, en la qual **la presència de combustibles fòssils encara té un**

paper molt destacat avui dia en gran part de les seves activitats, a causa de la demanda d'energia tèrmica d'alta temperatura que requereixen alguns dels seus processos.

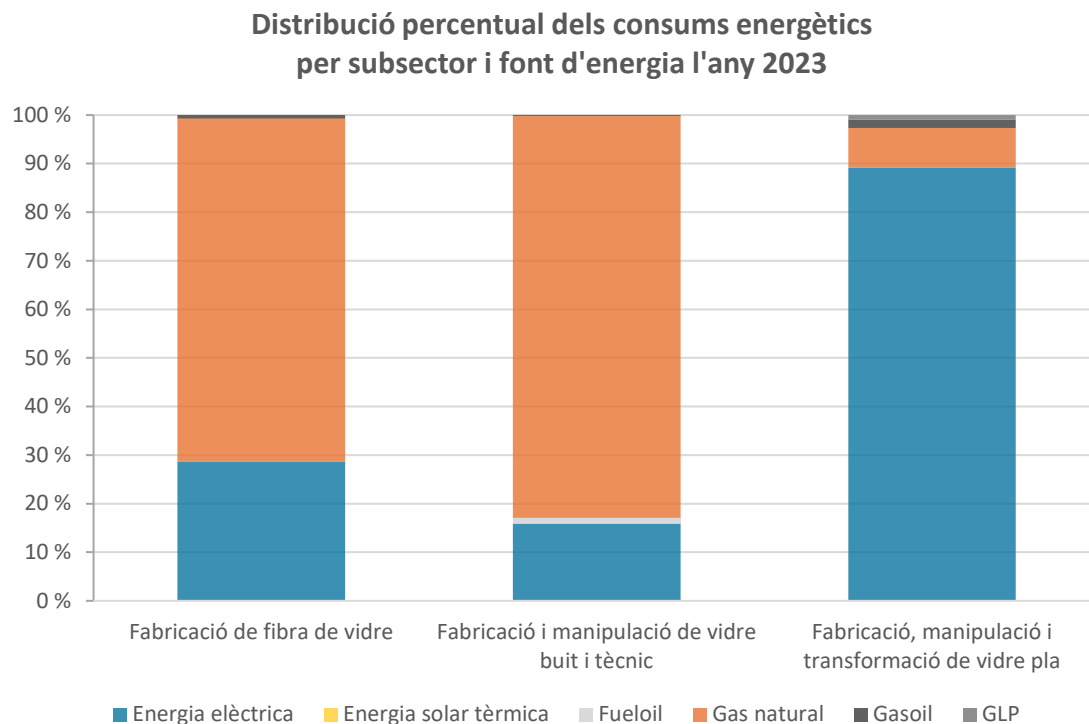


Figura 3. Distribució del consum energètic per subsector i font energètica l'any 2023. Font: ICAEN, a partir de les dades de l'Estadística del consum energètic del sector industrial (ECESI).

La forta intensitat energètica i l'ús encara intensiu de combustibles fòssils converteix la indústria del vidre en una activitat amb elevades emissions de CO₂, en la qual, a banda de les emissions degudes a l'energia, cal destacar les emissions que s'originen directament de les reaccions físiques o químiques pròpies del procés industrial, les quals, en aquest sector, arriben a representar fins a un **15 %** del total d'emissions.

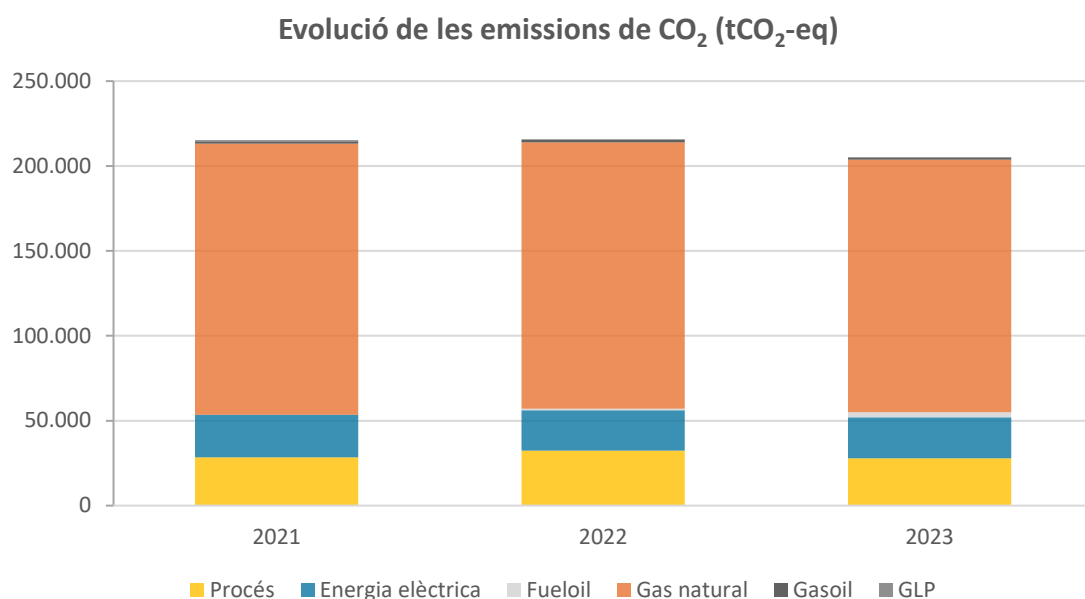


Figura 4. Evolució de les emissions de CO₂ al sector del vidre (2021-2023) per font energètica. Font: ICAEN, a partir de les dades de consum energètic.

Davant la necessitat de reduir les emissions actuals d'aquest sector, es plantegen les estratègies següents per poder assolir la seva descarbonització.

<i>Tecnologies/Estratègies</i>	<i>Nivell de maduresa tecnològica (NMT) (2026)</i>	<i>Cost de reducció (€/tCO₂)</i>	<i>Estalvi d'emissions (kgCO₂/t vidre)</i>
Eficiència energètica	9	-1.200/8,2	1,7-57,0
Autogeneració renovable	9	-14,2	-
Electrificació alta temp.	8	137,8	250
Biometà alta temp.	9	69,9	395,8
Hidrogen verd alta temp.	6-8	303,4	395,8
Captura de CO ₂	8-9	10-120	98-99 % (procés)

Codi de colors: verd (favorable), groc (poc favorable), vermell (desfavorable).

Taula 1. Avaluació dels paràmetres del nivell de maduresa tecnològica (NMT), cost de reducció i estalvi d'emissions de les estratègies clau proposades. Font: Elaboració pròpia.

De l'avaluació i prioritització de les estratègies anteriors es configura el **full de ruta per a la descarbonització del sector de fabricació del vidre**, el qual és coherent amb les restriccions de tipus tècnic i econòmic de les estratègies plantejades.

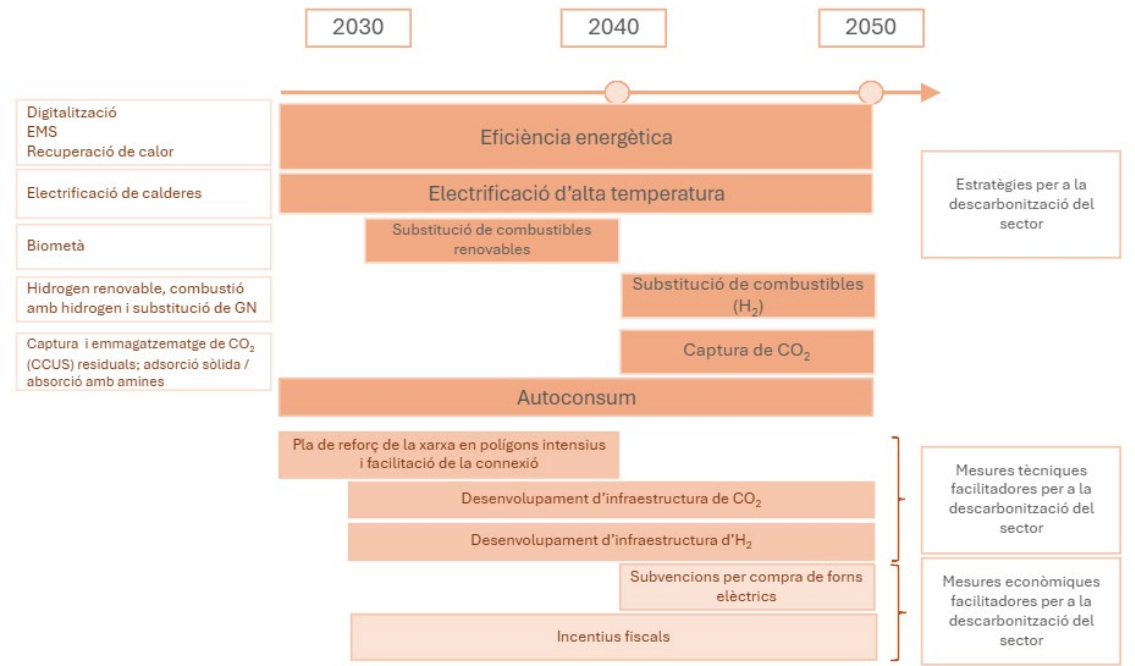


Figura 5. Estratègies i mesures en la configuració del full de ruta proposat per al sector del vidre. Font: Elaboració pròpia.

L'aplicació d'aquest full de ruta permetrà fer una transició en el model de consum energètic del sector de fabricació del vidre **des d'un model amb una forta presència de combustibles fòssils (majoritàriament basat en l'ús del gas natural) fins a un model electrificat i amb forta presència de combustibles alternatius d'origen renovable.**

Més específicament, es pot observar a la figura següent com, a curt termini, l'electrificació guanya pes respecte de l'ús del gas natural. A més llarg termini, es preveu la no dependència de combustibles fòssils, en la qual el biometà tindrà un paper destacat en la seva substitució, alhora que es preveu que l'hidrogen pugui començar a ser utilitzat en algunes aplicacions específiques.

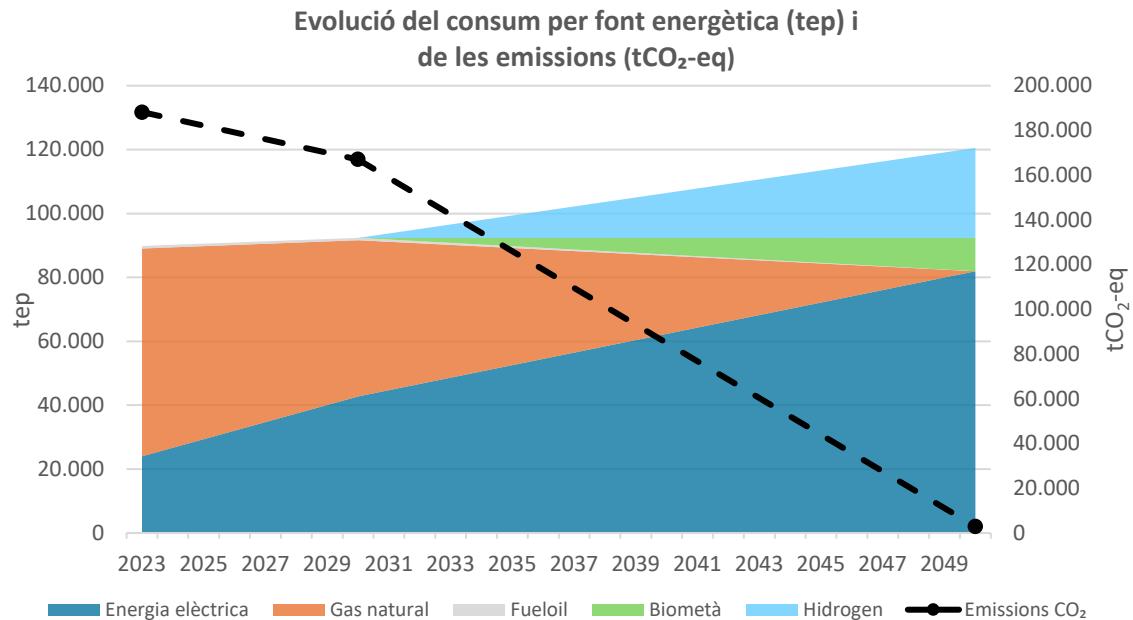


Figura 6. Evolució del consum i de les emissions anuals del sector del vidre en funció de la font energètica.
Font: Elaboració pròpia.

Finalment, es pot observar que, tot i l'increment previst de la producció del sector d'un 5 % entre 2023 i 2030 i d'un 10 % entre 2030 i 2050, i l'augment consegüent del consum energètic, a llarg termini, es produeix una reducció clara i sostinguda de les emissions de CO₂ gràcies a la progressiva electrificació i la substitució de combustibles fòssils per fonts renovables, com també pel desenvolupament de tecnologies de captura de CO₂, que permetran evitar les emissions de procés fins a aconseguir la **descarbonització pràcticament completa del sector de la fabricació del vidre l'any 2050**.

Subsector
**Alimentació,
begudes
i tabac**

Resum executiu

La indústria del sector de l'alimentació, begudes i tabac a Catalunya constitueix un dels principals pilars del teixit industrial català (representa més del 15 % del valor afegit brut total de la indústria), tant pel seu pes econòmic com per la seva elevada capil·laritat territorial. Aquest sector, fortament vinculat a les cadenes de valor agroalimentàries, la distribució i el consum, engloba una gran diversitat d'activitats productives que van des del processament i la conservació d'aliments fins a la fabricació de begudes i productes del tabac, amb una presència significativa arreu del territori català.

A efectes d'aquests treballs, s'han distingit les activitats o subsectors següents, els quals han estat avaluats de manera diferenciada: indústries de productes carnis, indústries de productes lactis, altres productes alimentaris + indústries de margarina i altres greixos, elaboració de destil·lats, altres begudes + indústries del tabac, indústries de tractaments de farines, cacau, espècies i productes derivats, indústries de midons, greixos i pinsos, altres productes alimentaris.

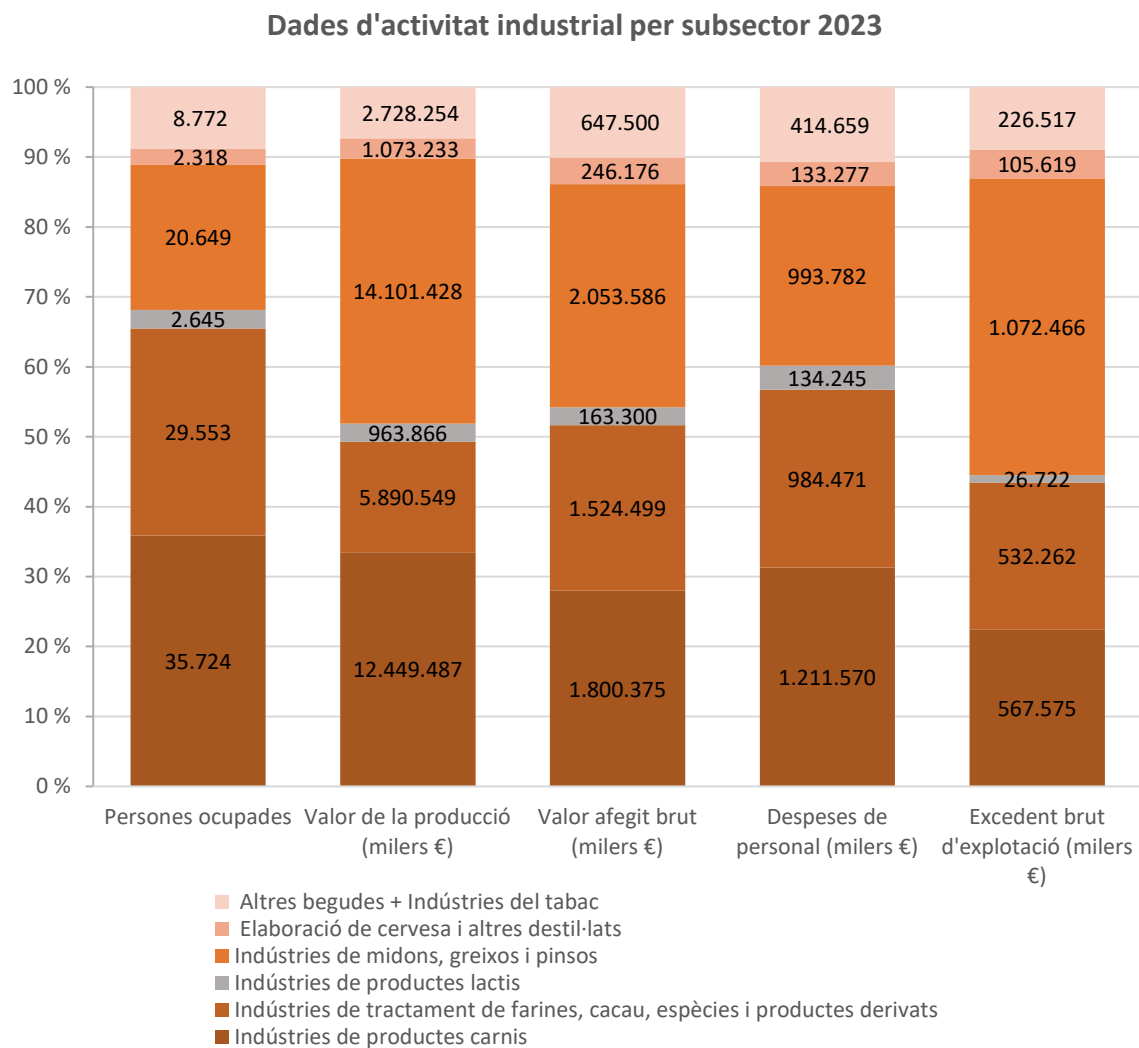


Figura 1. Dades d'activitat industrial per al sector de l'alimentació, begudes i tabac (2023). Font: Idescat, a partir del Directori central d'empreses (DIRCE) de l'INE.

El sector de l'alimentació ocupa, actualment, pràcticament **100.000 treballadors**, repartits en unes **4.000 empreses**. És un sector en què predominen les petites i mitjanes empreses, però amb la participació d'un 100 empreses de gran presència i impacte.

Tot i que amb certes particularitats per a cadascuna de les activitats i subsectors avaluats, en general, es poden distingir les etapes o processos següents en la indústria de l'alimentació.

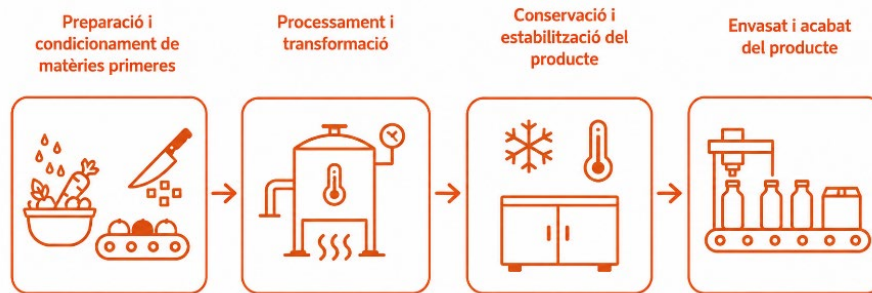


Figura 2. Diagrama dels processos i les etapes que es duen a terme en el sector de l'alimentació, begudes i tabac. Font: Elaboració pròpia.

Aquest sector es caracteritza per una elevada diversitat de processos productius i necessitats energètiques, especialment en etapes com els **tractaments tèrmics, la cocció, la pasteurització, l'esterilització o l'assecat**, en què es requereixen consums intensius d'energia tèrmica per garantir la qualitat, la seguretat i la conservació dels productes alimentaris. Aquestes etapes conviuen amb altres processos clau com la recepció i la preparació de matèries primeres, la transformació mecànica, el refredament i l'estabilització, i diferents tecnologies de conservació no tèrmica.

Així, es tracta d'un sector amb una dependència energètica significativa, en el qual els **combustibles fòssils** continuen tenint un paper rellevant en nombroses activitats industrials, especialment en els **processos que requereixen calor de procés i operacions tèrmiques contínues**. Paral·lelament, el sector presenta també una elevada demanda elèctrica associada a sistemes de refrigeració, conservació, bombeig, ventilació i línies automatitzades de producció.

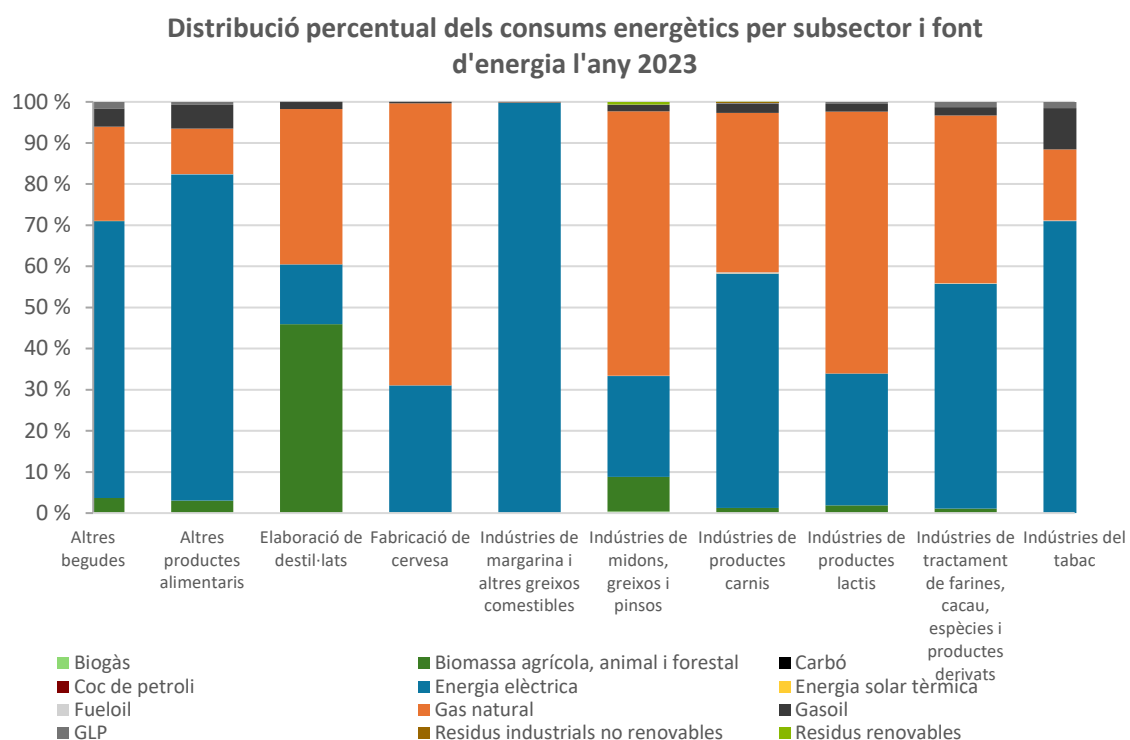


Figura 3. Distribució del consum energètic per subsector i font energètica l'any 2023. Font: ICAEN, a partir de les dades de l'Estadística del consum energètic del sector industrial (ECESI).

La demanda energètica elevada del sector i la dependència encara significativa dels combustibles fòssils en determinats processos converteixen la indústria de l’alimentació, begudes i tabac en una activitat amb un impacte rellevant en termes d’emissions de gasos d’efecte hivernacle. Les emissions principals s’associen tant al consum d’energia tèrmica i elèctrica per al funcionament dels processos productius que requereixen calor com a les operacions que requereixen fred, per exemple, la refrigeració i la conservació.

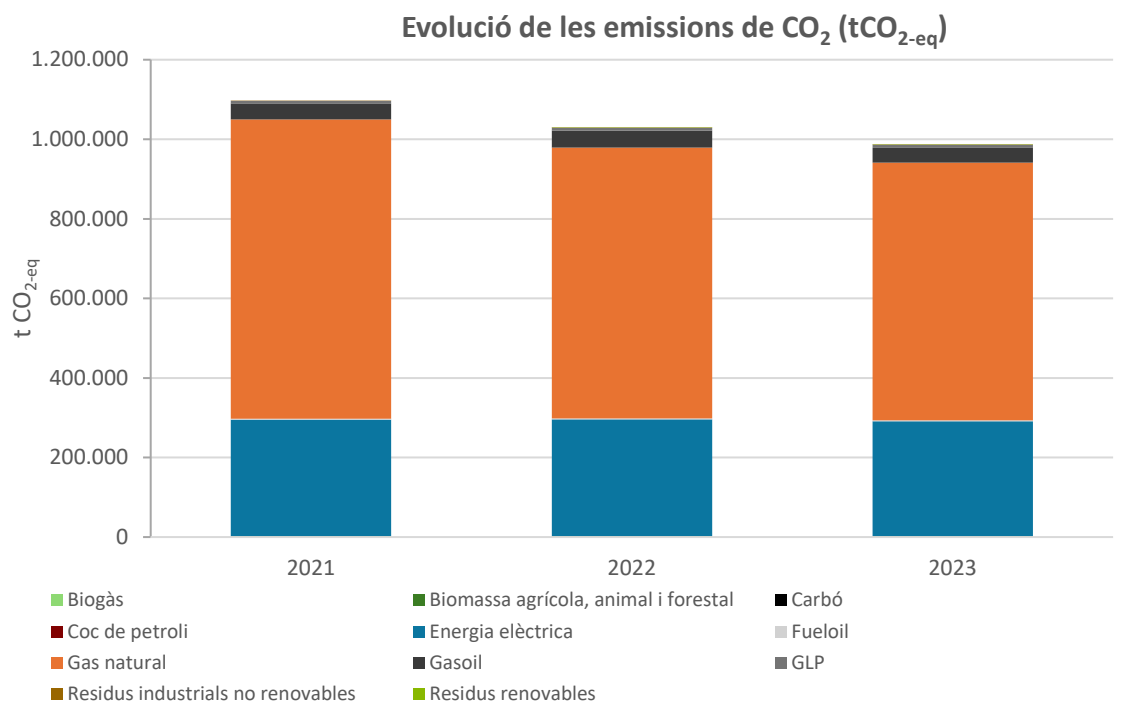


Figura 4. Evolució de les emissions de CO₂ al sector de l’alimentació, begudes i tabac (2021-2023) per font energètica. Font: ICAEN, a partir de les dades de consum energètic.

Davant la necessitat de reduir les emissions actuals d’aquest sector, es plantegen les estratègies següents per poder assolir la seva descarbonització.

<i>Tecnologies/estratègies</i>	<i>Nivell de maduresa tecnològica (NMT) (2026)</i>	<i>Cost de reducció (€/tCO₂)</i>	<i>Estalvi d'emissions (kgCO₂/t)</i>
Eficiència energètica	9	-170,64	15,6
Autogeneració renovable	9	-14,6	15
Electrificació baixa i mitjana temp.	9	82,92 / 270,13	30/120
Ús de biomassa	9	-174,81	72,9
Ús de biogàs	9	-58,53	53,7

Taula 1. Avaluació dels paràmetres del nivell de maduresa tecnològica (NMT), cost de reducció i estalvi d’emissions de les estratègies clau proposades. Font: Elaboració pròpia.

De l'avaluació i priorització de les estratègies anteriors es configura el **full de ruta per a la descarbonització del sector de l'alimentació, begudes i tabac**, el qual és coherent amb les restriccions de tipus tècnic i econòmic de les estratègies plantejades.

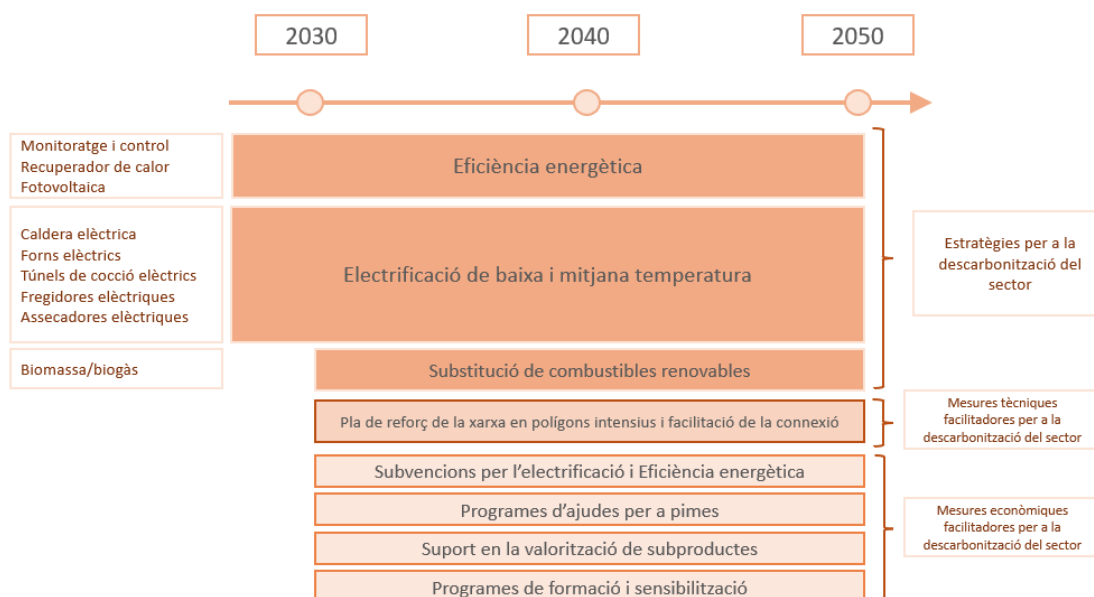


Figura 5. Estratègies i mesures en la configuració del full de ruta proposat per al sector de l'alimentació, begudes i tabac. Font: Elaboració pròpia.

L'aplicació d'aquest full de ruta permetrà fer una transició en el model de consum energètic del sector de l'alimentació, begudes i tabac **des d'un model amb una forta presència de combustibles fòssils (majoritàriament basat en l'ús de gas natural) fins a un model electrificat i amb relativa presència de combustibles alternatius d'origen renovable.**

De manera més específica, es pot observar a la figura següent com, a curt termini, l'electrificació guanya pes respecte de l'ús del gas natural (tot i que no de manera molt pronunciada), alhora que l'ús de la biomassa comença a augmentar també com a alternativa. A més llarg termini, es preveu la no dependència de combustibles fòssils, en què la biomassa tindrà un paper destacat en la seva substitució, alhora que es preveu que els consums residuals d'altres fonts fòssils com el gasoil vagin desapareixent. De manera transversal, també es pot observar que, tot i que es preveu un augment important de l'activitat productiva del sector, el consum energètic cau de manera sostinguda, gràcies a la implementació de mesures d'eficiència energètica, les quals tenen un fort impacte en aquest sector.

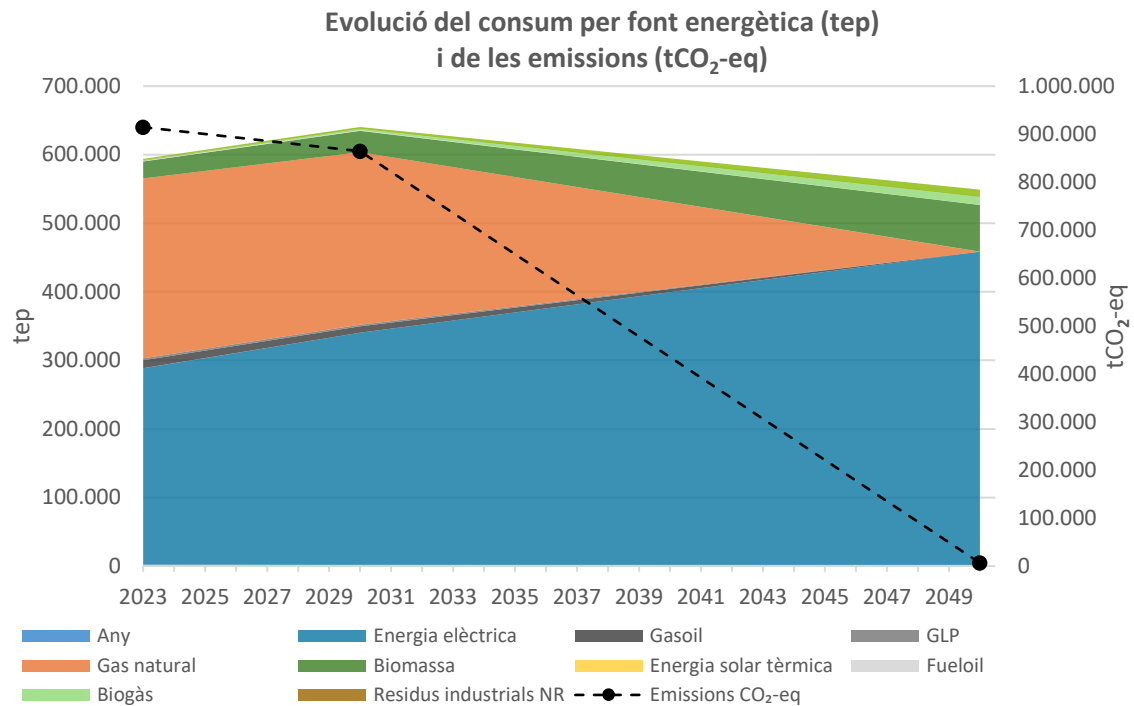


Figura 6. Evolució del consum i de les emissions anuals del sector de l'alimentació, begudes i tabac en funció de la font energètica. Font: Elaboració pròpia.

Finalment, es pot observar que el conjunt d'estratègies proposades permet encaminar les emissions de CO₂ cap a una tendència clarament descendent, que, amb un parc de generació energètica plenament descarbonitzat, permetrà la **completa descarbonització del sector de l'alimentació, begudes i tabac l'any 2050**.

Subsector
**Arts gràfiques
i edició**

Resum executiu

El sector de les arts gràfiques i l'edició és un sector rellevant dins l'activitat industrial catalana, sobretot pel que fa al nombre de persones que ocupa, estretament vinculat a l'edició i la publicació tant de continguts en paper com en format digital.

A efectes d'aquests treballs, s'han distingit les activitats o subsectors següents, els quals han estat avaluats de manera diferenciada: impressió de diaris i edició i altres arts gràfiques.

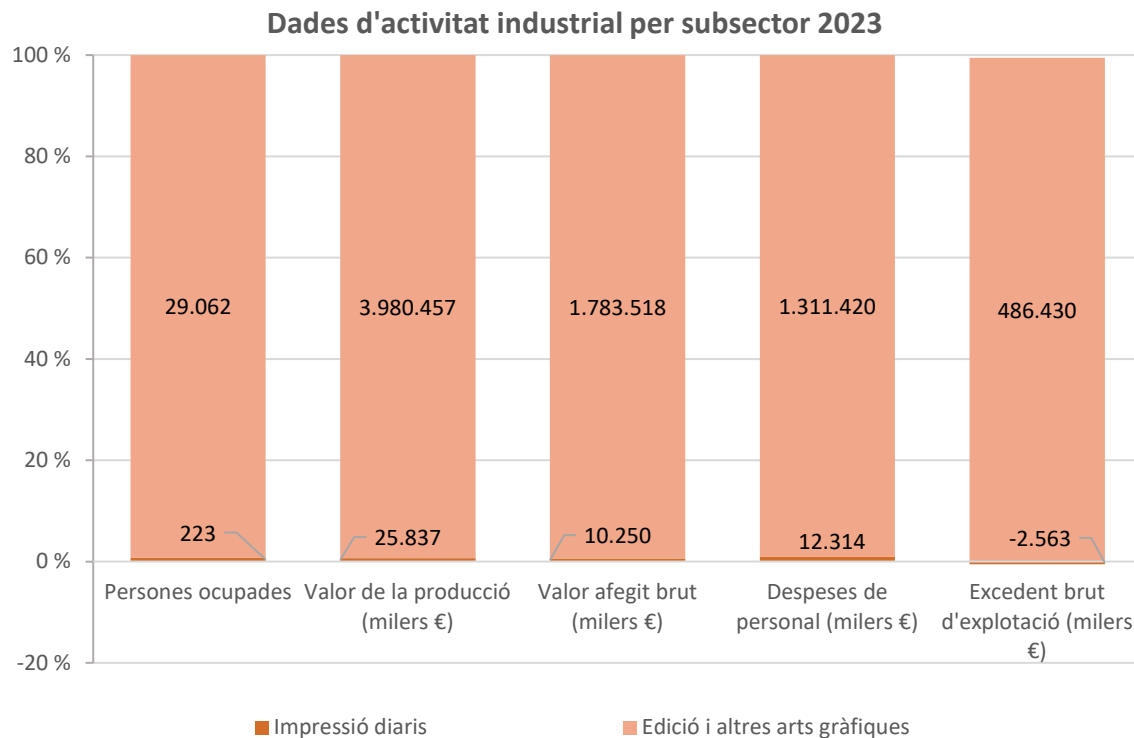


Figura 1. Dades d'activitat industrial per al sector de les arts gràfiques i l'edició (2023). Font: Idescat, a partir del Directori central d'empreses (DIRCE) de l'INE.

El sector de les arts gràfiques i l'edició, actualment, ocupa pràcticament **30.000 treballadors**, repartits en unes **5.000 empreses**. És un sector en què predominen les empreses petites, però amb la participació d'un 425 empreses mitjanes i més de 20 indústries de gran presència i impacte.

Tot i que amb certes particularitats per a cadascuna de les activitats i dels dos subsectors avaluats, en general, es poden distingir les etapes o processos següents en la indústria de les arts gràfiques i l'edició.



Figura 2. Diagrama dels processos i les etapes que es duen a terme en el sector de les arts gràfiques i l'edició. Font: Elaboració pròpia.

Aquest sector es caracteritza per una elevada diversitat de processos productius i tecnologies d'impressió, amb necessitats energètiques especialment rellevants en les **etapes d'impressió i assecat**, en què es concentren bona part dels consums tèrmics i elèctrics associats a l'activitat industrial. Processos com la impressió òfset, flexogràfica, digital o rotogravat requereixen sistemes continus d'alimentació, curació, ventilació i estabilització de tintes i suports, especialment en les línies de producció d'alta velocitat i gran volum. Aquestes etapes conviuen amb altres processos clau com la preimpressió, la preparació de materials i tintes, els acabats gràfics, la reproducció de suports enregistrats i les activitats d'edició i producció digital.

Així, es tracta d'un sector amb una dependència energètica moderada, en el qual **l'electricitat té un paper predominant** en gran part dels processos productius, especialment en equips d'impressió, sistemes motoritzats, ventilació, compressors i línies automatitzades.

Paral·lelament, els **combustibles fòssils** continuen presents sobretot **en determinades operacions associades als sistemes d'assecat i generació de calor de procés**, especialment en instal·lacions industrials de més dimensió o amb processos continus d'impressió i estabilització.

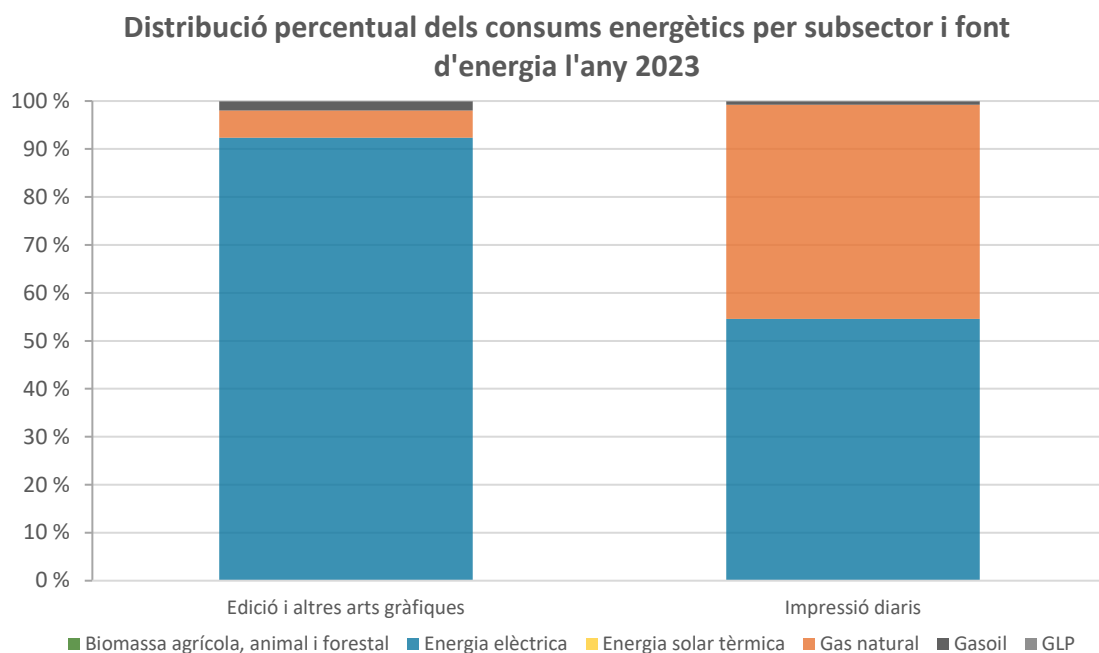


Figura 3. Distribució del consum energètic per subsector i font energètica l'any 2023. Font: ICAEN, a partir de les dades de l'Estadística del consum energètic del sector industrial (ECESI).

La demanda energètica associada als processos d'impressió i assecat, juntament amb la presència encara rellevant de combustibles fòssils en determinades operacions tèrmiques, converteixen el sector de les arts gràfiques i l'edició en una activitat amb un impacte significatiu en termes d'emissions de gasos d'efecte hivernacle. Les emissions principals s'associen principalment al consum d'electricitat dels equips i línies de producció, així com a l'energia tèrmica requerida en els sistemes d'assecat, curació i estabilització de tintes i materials gràfics.

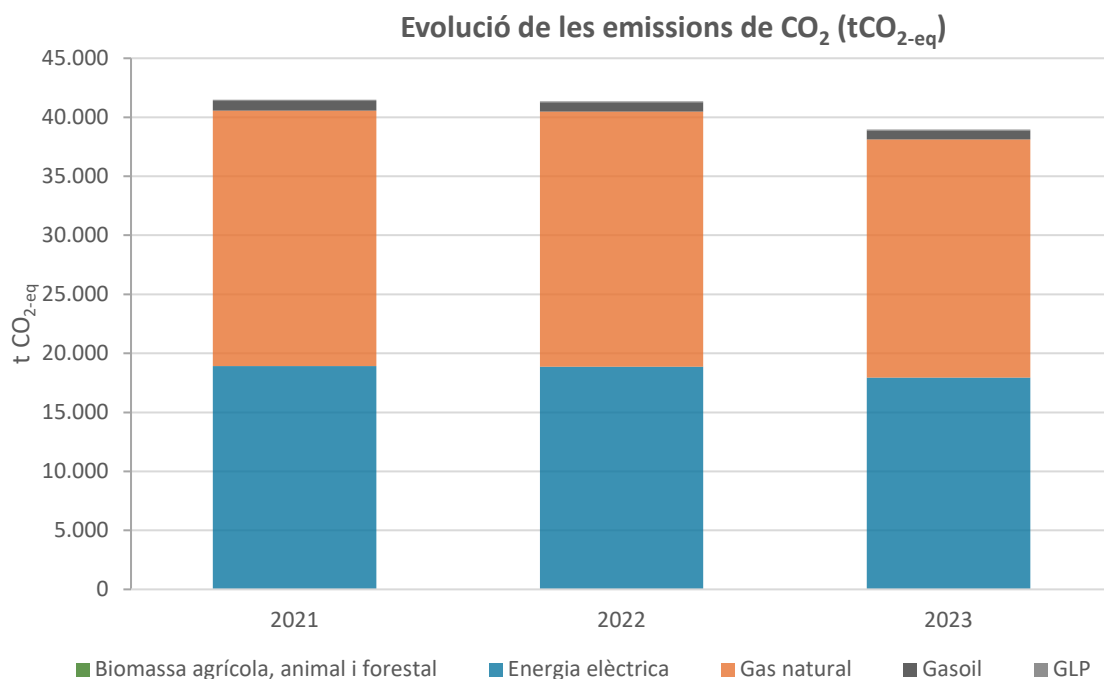


Figura 4. Evolució de les emissions de CO₂ al sector de les arts gràfiques i l'edició (2021-2023) per font energètica. Font: ICAEN, a partir de les dades de consum energètic.

Davant la necessitat de reduir les emissions actuals d'aquest sector, es plantegen les estratègies següents per poder assolir la seva descarbonització.

Tecnologies/estratègies	Nivell de maduresa tecnològica (NMT) (2026)	Cost de reducció (€/tCO₂)	Estalvi d'emissions (kgCO₂/t)
Eficiència energètica	9	-170,64	12,8
Autogeneració renovable	9	-14,16	—
Electrificació baixa i mitjana temp.	9	98,20 / 198,69	20 / 80
Implementació de tecnologies LED-UV	9	-98,96	23,84
Implementació de tecnologies CTP eficients	9	36,46	7,9

Taula 1. Avaluació dels paràmetres del nivell de maduresa tecnològica (NMT), cost de reducció i estalvi d'emissions de les estratègies clau proposades. Font: Elaboració pròpia.

De l'avaluació i prioritització de les estratègies anteriors es configura el **full de ruta per a la descarbonització del sector de les arts gràfiques i l'edició**, el qual és coherent amb les restriccions de tipus tècnic i econòmic de les estratègies plantejades.

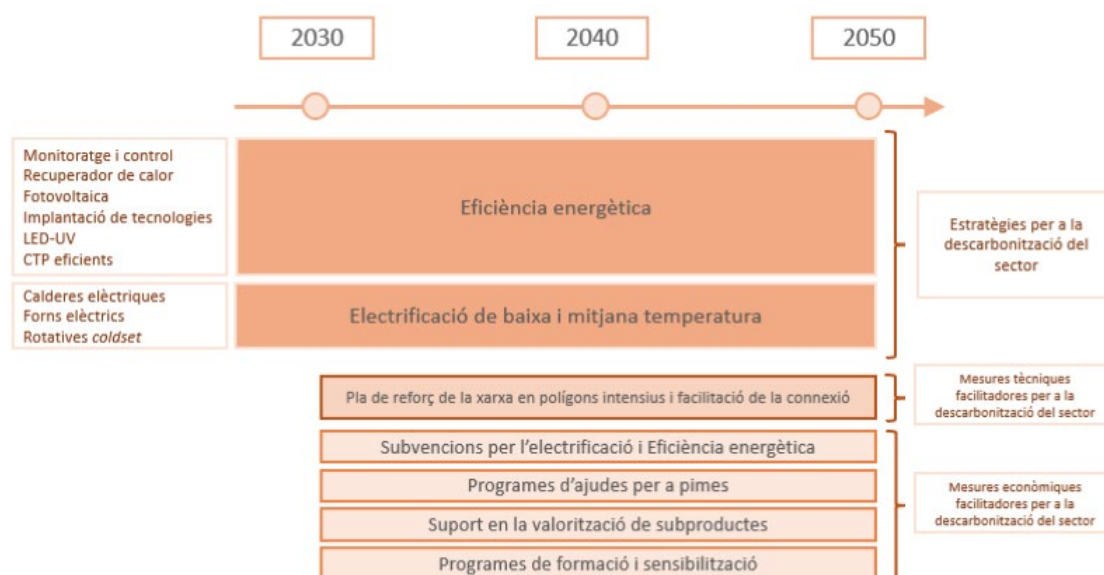


Figura 5. Estratègies i mesures en la configuració del full de ruta proposat per al sector de les arts gràfiques i l'edició. Font: Elaboració pròpia.

L'aplicació d'aquest full de ruta permetrà impulsar la transició energètica del sector de les arts gràfiques i l'edició cap a un model productiu més eficient, digitalitzat i descarbonitzat, reduint progressivament la dependència energètica associada als processos d'impressió i assecat convencionals (amb tecnologies LED-UV i CTP eficients), així com la modernització tecnològica dels processos de preimpresió i producció gràfica.

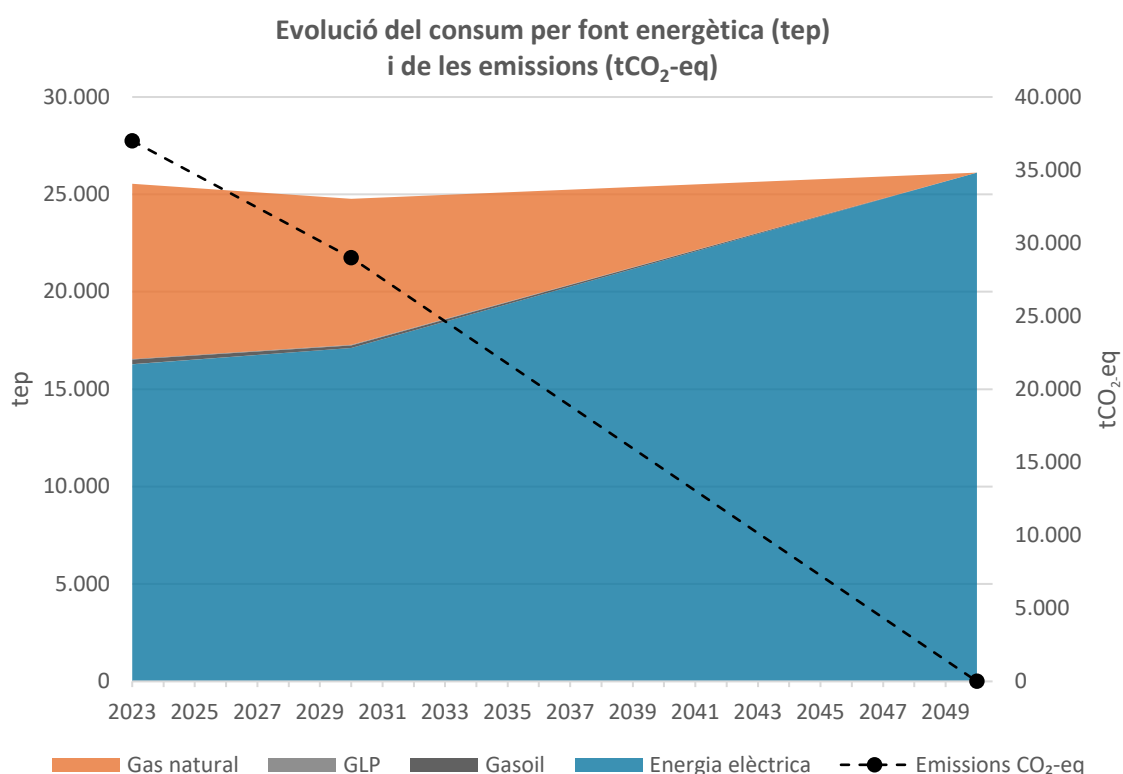


Figura 6. Evolució del consum i de les emissions anuals del sector de les arts gràfiques i l'edició en funció de la font energètica. Font: Elaboració pròpia.

De manera més específica, es pot observar a la anterior com, a curt termini, tant l'electrificació com el gas natural pugen lleugerament a causa de l'increment de l'activitat, alhora que el GLP es manté constant amb un consum molt residual. A més llarg termini, es preveu la no dependència de combustibles fòssils amb una presència total d'energia elèctrica i la desaparició de gas natural i GLP.

Finalment, es pot observar que la millora en l'eficiència de les tecnologies actuals i la incorporació de noves tècniques encaminen les emissions de CO₂ cap a una tendència clarament descendent, que, amb un parc de generació energètica plenament descarbonitzat, permetrà la **completa descarbonització del sector de les arts gràfiques i l'edició l'any 2050**.

