

LA MATRIU ENERGÈTICA A CATALUNYA

SITUACIÓ ACTUAL I REPTES DE FUTUR



Informe sobre la matriu energètica a Catalunya: situació actual i reptes de futur

Elaborat per al Consell Assessor del Parlament sobre Ciència i Tecnologia pels següents autors:

Dr. Albert Tarancón
Professor ICREA i cap de departament,
Institut de Recerca en Energia de Catalunya (IREC)

Dra. Mar Reguant
Professora ICREA/IAE-CSIC

Barcelona, 2026

Índex

Motivació de l'informe i resum executiu	3
Aspectes bàsics per entendre la complexitat del sistema energètic actual i futur	5
La importància de l'energia i la situació actual en les societats modernes	5
Tecnologies energètiques clau actuals i de futur	7
El cas particular de l'ecosistema europeu de l'energia	12
Matriu energètica a Catalunya i objectiu de neutralitat de carboni	15
Evolució i diagnòstic de la demanda energètica	15
La matriu energètica actual i la dependència exterior	16
Vies cap a la neutralitat climàtica: L'estratègia PROENCAT 2050	17
Reptes i oportunitats de la transició energètica	19
Reptes tècnics i operatius	19
Reptes econòmics i regulatoris	21
Reptes socials	23
Conclusions i recomanacions	27

Motivació de l'informe i resum executiu

L'energia és un pilar fonamental per al funcionament de les societats modernes. Sustenta els processos productius, el transport, les tecnologies de la informació i, en definitiva, la qualitat de vida de la ciutadania. Per aquest motiu, garantir un accés universal, assequible i segur a les diferents formes d'energia és essencial per al desenvolupament humà i el benestar social. En l'actual context d'emergència climàtica i deteriorament de la qualitat de l'aire, especialment en entorns urbans, es fa imprescindible avançar cap a un sistema energètic sostenible, basat en l'eficiència i orientat a reduir l'empremta de carboni. Aquest canvi és clau per minimitzar l'impacte econòmic i social derivat de les emissions contaminants associades a l'ús creixent de combustibles fòssils.

Malgrat la seva importància, el nivell de coneixement de la població europea sobre qüestions energètiques continua sent baix i presenta buits significatius en aspectes clau com ara el funcionament del sistema energètic, l'eficiència domèstica i la producció i emmagatzematge d'energia. Paradoxalment, la ciutadania manifesta un interès alt per accedir a més informació que li permeti formar-se i reduir el seu impacte climàtic. Aquest interès representa una oportunitat clara per reforçar l'alfabetització energètica, alineant-la amb les prioritats socials de la ciutadania: accessibilitat econòmica, eficiència i transició cap a energies renovables.

Més enllà d'un exercici descriptiu, aquest informe sobre la matriu (o cistella) energètica de Catalunya¹ parteix de la idea que la transició energètica no és només un repte tecnològic, sinó una transformació sistèmica que obliga a prendre decisions sota restriccions físiques, econòmiques i socials reals. Les opcions disponibles no són neutres: cada tria energètica comporta implicacions en termes de costos, dependència exterior, ús del territori, estructura industrial i acceptació social. En aquest sentit, el document no pretén prescriure solucions tancades, sinó contribuir a dotar el debat parlamentari d'un marc analític que permeti entendre les tensions inevitables de la transició i anticipar les conseqüències de les decisions que es prenguin. De l'anàlisi, en destaquem algunes lliçons a tenir en compte.

Primer, la transició energètica no pot entendre's com una simple substitució de fonts de generació elèctrica. Tot i el paper central de l'electricitat renovable, més de tres quartes parts del consum energètic final es concentren encara en usos no electrificats, especialment el transport, la indústria i la demanda tèrmica dels edificis. Electrificar aquests usos és imprescindible per reduir emissions, però planteja reptes tecnològics, d'infraestructura i de costos que no tenen solucions immediates ni homogènies. La descarbonització, per tant, exigeix una combinació de vectors energètics i polítiques coordinades entre sectors.

Segon, la dependència exterior constitueix el principal factor de vulnerabilitat del sistema energètic europeu i català. Actualment, una part molt majoritària de l'energia consumida prové de recursos importats, sovint de regions geopolíticament inestables. La crisi del gas de 2021–2022 va evidenciar fins a quin punt aquesta dependència pot traslladar-se ràpidament a xocs de preus, tensions socials i riscos macroeconòmics. Les energies renovables ofereixen una oportunitat

¹ S'entén per *matriu energètica* (o *cistella energètica*) la combinació de les diferents fonts d'energia primària utilitzades per a cobrir la demanda energètica d'un territori, una col·lectivitat o un sector (Termcat, 2025).

tunitat per reduir aquesta exposició estructural, però introdueixen nous riscos associats a les cadenes de subministrament de materials crítics i la seva intermitència.

Tercer, no existeixen decisions tecnològiques neutres. Cada opció –renovables a gran escala, autoconsum, nuclear, gasos renovables, emmagatzematge o hidrogen– comporta conseqüències diferents en termes de costos, ús del territori, ocupació, dependència exterior i acceptació social. Evitar aquestes decisions no elimina els conflictes associats, sinó que els desplaça en el temps i, sovint, els fa més costosos. La política energètica ha d'assumir explícitament aquestes tensions i gestionar-les de manera transparent.

Quart, el cas català es caracteritza per un desajust creixent entre ambició climàtica i capacitat d'execució. Malgrat un ampli consens social i polític sobre la necessitat d'accelerar la transició, el desplegament efectiu de renovables i infraestructures energètiques ha estat lent en comparació amb altres territoris. Aquest bloqueig no respon principalment a una oposició social generalitzada, sinó a problemes de governança, planificació territorial i distribució percebuda de costos i beneficis a escala local.

Cinquè, la transició energètica no només és un repte ambiental, sinó també una oportunitat industrial i institucional. L'electrificació, l'emmagatzematge d'energia, la flexibilitat de la demanda, les xarxes intel·ligents i els nous vectors energètics obren espais per al desenvolupament industrial i tecnològic local. Tanmateix, aquestes oportunitats només es materialitzaran si existeix un marc regulador estable, coordinat entre nivells administratius i capaç d'anticipar els riscos associats als actius que perdran valor durant el procés de transició.



Aspectes bàsics per entendre la complexitat del sistema energètic actual i futur

La importància de l'energia i la situació actual en les societats modernes

L'energia ha estat el motor de les societats al llarg de la història i ha impulsat cada transició tecnològica des de la biomassa fins als combustibles fòssils i l'electricitat, la qual cosa ha condicionat de manera determinant el progrés econòmic i social.^{2,3} Aquestes transformacions han generat una **dependència estructural dels combustibles fòssils que ha accelerat la crisi climàtica fins a l'actual situació d'emergència**.⁴ L'energia és, per tant, el nucli de la civilització, però també el principal factor de vulnerabilitat de l'ecosistema global.

Per comprendre la rellevància de l'energia, convé definir-la com la capacitat de realitzar un treball o produir un canvi o transformació.⁵ En aquest sentit, es fa evident que l'energia és un recurs transversal indispensable per sostenir els pilars de les societats modernes, des de la producció d'aliments i béns fins al processament d'informació digital o la mobilitat global de mercaderies i persones.

Conversió, eficiència i finitud dels recursos

L'energia es presenta en formes diverses (solar, química, mecànica, tèrmica, elèctrica o nuclear) i s'aprofita mitjançant processos complexos de conversió. Els recursos primaris, ja siguin d'origen renovable (radiació solar, vent, aigua, biomassa) o d'origen finit (carbó, petroli, gas o urani), es transformen en energia útil a través de diverses tecnologies, com ara centrals tèrmiques i nuclears (que converteixen energia química o nuclear en calor, moviment i electricitat) o turbines eòliques (que transformen l'energia cinètica del vent en l'electricitat).

Tots aquests processos de transformació, que seran repassats més endavant, respecten el principi de conservació de l'energia, però estan subjectes a limitacions d'eficiència. Inevitablement, es produeixen pèrdues en cada transformació, sovint en forma de calor residual difícil d'aprofitar. Quan la conversió parteix de combustibles fòssils, s'hi afegeix el problema de les emissions associades a la combustió. Aquestes emissions inclouen CO₂ i altres gasos d'efecte hivernacle, així com contaminants atmosfèrics (NO_x, SO₂, partícules) que afecten la salut i el clima. En aquest sentit, el sector del transport és especialment problemàtic, atès que els motors de benzina tenen una eficiència inferior al 30 % i les seves emissions són difuses, la qual cosa dificulta la seva captura i tractament i fa que la descarbonització del transport sigui un dels reptes més complexos de la transició energètica.

2 Smil, V. (2021). *Energía y civilización. Una historia*. Barcelona: Arpa Editores, 640 p. ISBN 13: 978-84-18741-08-1

3 Fresco, J. (2025). *Sin transición. Una nueva historia de la energía*. Barcelona: Arpa Editores, 368 p. ISBN 13: 978-84-10313-84-2

4 Parlament Europeu (2019). Resolució del Parlament Europeu, de 28 de novembre de 2019, sobre l'emergència climàtica i mediambiental (2019/2930(RSP))

5 Encyclopaedia Britannica: Energy, 2025. <https://www.britannica.com/science/energy>

L'electrificació com a vector de resiliència

En aquest escenari, l'electricitat emergeix com el vector clau de la transició. A diferència dels combustibles de combustió directa, **l'electricitat es pot obtenir de fonts renovables autòctones i permet assolir eficiències molt superiors en l'ús final sense emissions associades**. Per aquest motiu, la tendència cap a l'electrificació del sistema esdevé una estratègia fonamental per descarbonitzar les economies modernes i reduir la dependència externa del subministrament de combustible.

Val a dir, però, que **l'electrificació del sistema energètic en les societats desenvolupades no supera el 25 %**. Això vol dir que, malgrat l'avenç tecnològic, més de les tres quartes parts de l'energia que consumim directament (per moure cotxes, escalfar cases o fer funcionar indústries) encara prové de la combustió directa de recursos fòssils (gas i derivats del petroli) o biomassa. Cal afegir que la generació elèctrica també depèn encara i en gran part de combustibles fòssils i nuclears (a la Unió Europea només un 47 % de l'electricitat es genera a partir de renovables el 2024).⁶

Més enllà de les dificultats per electrificar certs sectors, que seran detallades en seccions posteriors, cal remarcar **la necessitat i la complexitat de transportar i emmagatzemar l'electricitat procedent de fonts renovables intermitents i deslocalitzades**, ja que calen infraestructures de transport més robustes que les existents (dissenyades per generació centralitzada) i tecnologies d'emmagatzematge capaces de conservar grans volums d'energia elèctrica durant llargs períodes de temps. Respecte a l'emmagatzematge, hi ha un gran forat tecnològic amb una gran manca de tecnologies escalables i viables econòmicament, cosa que limita substancialment la integració massiva de renovables (més enllà del que la xarxa elèctrica pot suportar). Així, la transició elèctrica depèn del desenvolupament de solucions com l'hidrogen verd, les bateries estacionàries i els sistemes de gestió intel·ligent de la demanda conjuntament amb la millora d'interconnexions elèctriques per equilibrar la variabilitat entre regions.

El consum d'energia per sectors i la dificultat d'electrificar el sistema

L'ús final de l'energia es concentra, *grasso modo*, en tres grans àmbits interdependents que en societats modernes es reparteixen de forma gairebé equitativa el consum: el transport, la indústria i el sector residencial.

- **Transport:** Històricament dominat pels derivats del petroli, és el sector que presenta un repte més gran, ja que el seu grau d'electrificació és, en general, molt baix (a la Unió Europea amb prou feines supera el 2 %), atès que la immensa majoria del parc mòbil i del transport de mercaderies encara depèn principalment del petroli. La transició en aquest àmbit avança cap a l'electrificació de la mobilitat urbana i l'ús de combustibles sintètics derivats de l'hidrogen renovable per reduir emissions contaminants i d'efecte hivernacle en transport pesat.
- **Indústria:** Requereix energia per a processos tèrmics, mecànics i químics de gran intensitat. En societats desenvolupades, presenta un grau d'electrificació al voltant del 30 %, en què la substitució de processos tèrmics per electricitat i la recuperació de calor estan sent factors determinants en l'estratègia actual de descarbonització. Entre els grans reptes de la indústria cal remarcar l'electrificació competitiva de processos tèrmics d'alta temperatura, la generació de calor útil mitjançant cogeneració o la substitució de matèries primeres procedents de recursos fòssils per alternatives renovables i sostenibles.
- **Sector residencial i de serveis:** Destina l'energia principalment a la climatització, la il·luminació i l'equipament. El seu nivell d'electrificació se situa al voltant del 25-30 %, amb un gran potencial de millora tangible i immediat a través de l'aïllament tèrmic de l'envolupant dels edificis, l'autoconsum d'energia elèctrica fotovoltaica o la implantació de sistemes de climatització elèctrics d'alta eficiència, com ara l'aerotèrmia.

En conjunt, aquests usos configuren la petjada energètica i d'emissions de cada territori, i expliquen per què la transició energètica és alhora un repte tecnològic, econòmic, regulatori i social: cal garantir seguretat de subministrament i

⁶ Comissió Europea (2024). *Electrification: EU Energy System*. Brussel·les: Direcció General d'Energia https://energy.ec.europa.eu/topics/eus-energy-system/electrification_en

accessibilitat, alhora que es redueix l'empremta de carboni i es millora la qualitat de l'aire sense perdre competitivitat a escala industrial o deteriorar l'estat del benestar.

Tecnologies energètiques clau actuals i de futur

Feta una primera introducció al sistema energètic, és útil identificar les principals tecnologies de conversió i les pèrdues associades en cada transformació. El repàs no pretén ser exhaustiu, sinó oferir una imatge clara de les tecnologies actuals i emergents, i posar en relleu les seves limitacions i els reptes associats. En aquesta secció, s'analitzen les tecnologies de generació basades en recursos finits (petroli, gas natural, urani) i les renovables (solar fotovoltaica i tèrmica, eòlica, biomassa), i es destaquen eficiències, sectors d'ús i avenços recents, alhora que s'aborden els reptes de sobirania de materials que condicionen la cadena de valor de bateries, aerogeneradors, fotovoltaica i electrolitzadors. En paral·lel, es presenta l'estat de tecnologies d'emmagatzematge i el seu paper fonamental com a garant de l'estabilitat d'un sistema cada cop més electrificat i alimentat per renovables intermitents i variables.

Tecnologies de generació basades en l'ús de recursos finits i exhauribles

Quan l'energia prové d'un recurs finit com ara el petroli, el gas natural o l'urani, l'eficiència de cada etapa de transformació importa. Les pèrdues no representen només un problema tècnic, sinó que signifiquen el malbaratament d'un recurs limitat i més emissions nocives per unitat d'energia útil. **A la Unió Europea (UE), s'estima que aproximadament el 60-65 % de l'energia primària procedent de fonts finites (fòssils i nuclear) es perd abans de convertir-se en un servei útil (moviment, electricitat o calor final).** La **taula 1** resumeix les principals tecnologies de conversió d'aquests recursos finits no renovables, les seves eficiències i els sectors prioritaris d'ús a la UE.

En el cas del **petroli**, el cru es refina i després es crema majoritàriament en motors de combustió per al seu ús en mobilitat i transport, en què és la principal font d'energia a tot el món. Tot i els enormes guanys tecnològics de les darreres dècades en l'enginyeria de motors, l'eficiència real del sector s'ha estancat, atès l'augment del pes i la potència dels vehicles moderns. La conversió final en moviment rarament supera el 30-35 % en flotes reals i, abans d'arribar al dipòsit, les refineries ja han consumit una fracció no menyspreable de l'energia continguda en el cru amb pèrdues de l'11-13 % respecte al recurs original.⁷

El **gas natural** és d'aplicació més versàtil i s'utilitza en diferents tecnologies que impacten tots els sectors (vegeu la **taula 1**). Es fa servir en calderes domèstiques i industrials per generar calor amb gran eficiència (85-95 %), en sistemes de cogeneració (generació de calor i electricitat simultàniament), en què arriben al 90 % de generació útil, i en centrals de cycle combinat, que han esdevingut l'estàndard per produir electricitat, amb eficiències de fins al 65 %. A més, el gas natural emet menys CO₂ per unitat d'energia que els productes petrolífers utilitzats en el transport (~25-30 % menys en termes de CO₂ directe de combustió). Com succeeix amb el petroli, l'extracció i el processament de gas també consumeixen energia i la liquació (GNL), necessària per a l'exportació, afegeix una altra capa de pèrdues i emissions. Els balanços de cycle de vida més recents assenyalen que aquestes etapes representen de mitjana al voltant del 15 % de les emissions totals associades al gas consumit, més elevades en GNL per l'energia requerida per a la liquació i transport.⁸ En el cas d'Europa, que majoritàriament posseeix una estesa xarxa de transport i emmagatzematge, el gas natural és un element fonamental en el balanç energètic.

Finalment, l'**urani** es converteix íntegrament en electricitat mitjançant reactors nuclears, amb una eficiència entorn del 33-37 %. Això implica que dos terços de l'energia es generen en forma de calor residual que es dissipa a través dels sistemes de refrigeració de la central. Per optimitzar l'actiu que representen les nuclears, l'estratègia de moltes

7 Argonne National Laboratory (GREET). *Estimation of Energy Efficiencies of U.S. Petroleum Refineries*, 2008 <https://greet.anl.gov/files/hl9mw9i7>

8 NETL (DOE). *Life Cycle Analysis of Natural Gas Extraction and Power Generation: U.S. 2020 Emissions Profile*, 2024. <https://www.osti.gov/biblio/2481535>

regions, inclosa Europa, se centra a allargar la vida útil de les centrals ja existents fins als 60-80 anys i desenvolupar reactors de generació III/III+, més eficients i segurs, i nous reactors modulars petits (SMR). Aquests darrers no només busquen simplificar la construcció de reactors, que es faria en sèrie, sinó que permetrien la cogeneració, aprofitant part d'aquella calor residual per a usos industrials o calefacció urbana. Com és ben conegut, la gestió de residus és la part crítica del sistema nuclear. En aquest sentit, Europa lidera el camí cap a dipòsits geològics profunds de llarga durada amb una legislació que exigeix implementar programes nacionals que garanteixin el confinament segur i definitiu del combustible gastat.

Taula 1. Principals tecnologies de conversió de recursos energètics primaris finits en energia útil i sector d'ús principal (l'eficiència és la forquilla típica de transformació del recurs primari en energia útil; la pèrdua és majoritàriament calor residual difícil d'aprofitar)

Recurs primari	Tecnologia de conversió	Eficiència (%)	Energia útil	Sector d'ús principal
Petroli*†	Motor de combustió	20-40	Moviment	Transport
Gas natural**††	Calderes	85-95	Calor	Residencial i indústria
	Cogeneració	75-90	Electricitat i calor	Indústria‡
	Cicle combinat	50-65	Electricitat	Tots (injecció a xarxa)
	Turbines de gas	35-40	Electricitat	Tots (injecció a xarxa)
Urani	Central nuclear	33-37	Electricitat	Tots (injecció a xarxa)

* L'extracció i la refinació del cru redueixen l'eficiència global 10-15 % addicionals (eficiència de refinació ~87-89 %).

** Els processos d'extracció i processament del gas i, en cas d'exportació, la seva liquació afegeix pèrdues del 12-15 % i 8-15 %, respectivament.

† S'exclou l'ús del petroli com a matèria primera en la indústria petroquímica (plàstics, fertilitzants o altres productes químics).

†† S'exclouen els usos del gas en transport (<2 % del consum energètic del transport a la UE). La conversió de gas a la UE és majoritàriament a calor (~68 %) i electricitat (~30 %).

‡ La cogeneració té un ús majoritari en la indústria (~90 %), i és un recurs emergent en el sector residencial (*District Heating*).

Tecnologies de generació basades en recursos renovables

En el camp de les energies renovables, el debat sobre l'eficiència adopta un angle diferent del de les fonts convencionals. Atès que el recurs primari, com el vent o la radiació solar, és gratuït i inesgotable a escala humana, l'eficiència de la tecnologia no es mesura pel cost econòmic o ecològic del combustible. En aquest nou paradigma, **l'eficiència de la renovable es converteix en el factor que determina directament el dimensionament de la instal·lació, l'optimització de l'espai ocupat i, sobretot, la reducció del cost anivellat de l'energia (LCOE), i així s'accelera el retorn de la inversió (vegeu la taula 2).**⁹

L'anàlisi de les dades tècniques confirma un canvi de model en la planificació energètica: **la solar fotovoltaica i l'eòlica ja no són només les opcions més sostenibles, sinó també les més econòmiques**. Mentre que les tecnologies convencionals, com el cicle combinat de gas o la nuclear, presenten un LCOE altament condicionat per la volatilitat dels preus del combustible, la complexitat de la infraestructura o els costos de desmantellament, que sovint se situen per sobre dels 100 €/MWh, les renovables modernes ofereixen una generació a una fracció d'aquest cost.

La columna vertebral d'aquest sistema són l'eòlica i la fotovoltaica, tecnologies plenament madures que presenten un cost marginal de generació pràcticament nul. A diferència de les centrals tèrmiques, el seu funcionament no depèn de la compra de combustibles fòssils ni de l'adquisició de drets d'emissió de CO₂. En el marc del mercat elèctric marginalista europeu, aquesta característica és clau: les renovables entren al sistema amb el preu més baix, i desplaçant les tecnologies fòssils més cares i exerceixen una pressió a la baixa sobre el preu mitjà de l'electricitat per al consumidor final.

⁹ Elaboració pròpia a partir de dades del PROENCAT 2050 i els informes de l'Agència Internacional de les Energies Renovables (IRENA).

En **fotovoltaica**, l'eficiència de mòdul comercial se situa típicament entre el 15 i el 22 % (i arriba al 25 % en tecnologies avançades), amb costos de fabricació en caiguda. No obstant això, la clau política i industrial és la cadena de subministrament, ja que, segons l'Agència Internacional de l'Energia (IEA), la Xina supera el 80 % de la capacitat de producció mundial en totes les etapes (polímer de silici, lingots, làmines, cèl·lules i mòduls). Aquesta concentració, sumada a la dependència de minerals crítics com l'argent o el silici, redueix els preus però eleva la vulnerabilitat estratègica de regions com Europa.

En canvi, la **solar tèrmica**, que opera amb eficiències del 70-80 % per a generació de calor directa, presenta cadenes de subministrament més properes i, en el cas d'Europa, conserva una base industrial rellevant. Tot i ser una eina d'alta eficàcia per atacar la demanda tèrmica i reforçar la sobirania industrial, la seva expansió afronta barreres d'escala i finançament en alguns mercats, amb un creixement més lent que la fotovoltaica malgrat el seu rendiment superior per metre quadrat.

Pel que fa a l'energia **eòlica**, aquesta converteix l'energia cinètica del vent en electricitat amb eficiències aerodinàmiques que assoleixen el 35-45 % (prop del límit teòric de Betz, situat al 59,3 %). El sector ha experimentat un salt d'escala amb l'ús de rotors cada cop més grans i el desplegament de l'eòlica *offshore* (marina), en què els vents més constants permeten assolir factors de capacitat propers al 50 %. Tanmateix, el desplegament eòlic a regions com Europa topa amb limitacions que no són estrictament tecnològiques, sinó estructurals. D'una banda, el *permitting* (tramitació administrativa), que sovint dilata els projectes entre set i deu anys, i, de l'altra, la congestió de les xarxes elèctriques, que obliga a realitzar abocaments quan la generació supera la capacitat de transport. La tendència actual per mitigar aquests límits és la hibridació, que combina eòlica i solar en un mateix punt de connexió per aprofitar-ne la complementarietat, i el desplegament d'emmagatzematge, de manera que s'optimitzi l'ús de la infraestructura existent i es millori la integració del recurs en el sistema.

Finalment, la **biomassa** presenta una naturalesa híbrida, ja que és un recurs renovable per la seva capacitat de regeneració, però finit si el ritme d'extracció supera la reposició natural o si la seva logística no és sostenible. A la UE, el seu ús és majoritàriament tèrmic (calderes domèstiques i industrials), tot i que guanya pes en projectes de cogeneració (CHP) i centrals de vapor per a generació elèctrica. Els recursos dominants actualment són la biomassa forestal (llenya, estella i pèl·let), els residus agrícoles i el biogàs obtingut per digestió anaeròbia. La integració d'aquesta tecnologia amb la gestió de residus forestals i agrícoles és un factor estratègic, ja que permet reduir el risc d'incendis, millorar la salut dels ecosistemes i tancar els cicles de carboni dins d'una economia circular. No obstant això, per maximitzar el seu servei climàtic, cal garantir criteris estrictes de sostenibilitat en tota la cadena de subministrament. Les millores en calderes de condensació i en motors de cogeneració basats en biogàs n'han elevat l'eficiència, però la tecnologia encara afronta limitacions rellevants, incloent-hi la mencionada complexitat logística del transport del recurs i la necessitat de protegir la qualitat de l'aire, especialment en usos difusos i zones urbanes on les emissions de partícules continuen sent un repte.

Taula 2. Comparativa de competitivitat econòmica i eficiència territorial de les tecnologies eòlica i solar. Es destaca el baix cost de generació (LCOE) respecte a les fonts convencionals (>100 €/MWh)

Recurs primari	Tecnologia de conversió	Eficiència (%)	Energia útil	LCOE (€/MWh)	Factor d'ocupació (m ² /MWh)	Sector d'ús principal
Vent	Eòlica <i>onshore</i> Eòlica <i>offshore</i>	35-45	Electricitat	30-50 65-70	0.15 0.35	Tots (injecció a xarxa)
Radiació solar*	Solar fotovoltaica Solar tèrmica	15-25 70-80	Electricitat Calor	40-60 100-150	0.85 0.40	Tots (injecció a xarxa i autoconsum)† Residencial

* La fotovoltaica representa un 90-95 % del total instal·lat, mentre que la solar tèrmica representa entre el 5-10 % del mercat actual a la UE.

† En fotovoltaica, els grans parcs fotovoltaics representen un 60-65 % de la producció a la UE i s'injecta majoritàriament a la xarxa, mentre que les instal·lacions d'autoconsum representen un 35-40 %.

La necessitat de l'emmagatzematge d'electricitat renovable

Històricament, el sistema energètic s'ha basat en un model de generació sota demanda a partir de combustibles fòssils amb una capacitat d'emmagatzematge molt limitada. Tanmateix, la implementació massiva de renovables variables i l'electrificació de l'economia exigeixen un canvi de paradigma en què l'emmagatzematge esdevingui el garant de l'estabilitat del sistema. Aquesta necessitat obliga a desplegar un ventall de solucions adaptades a cada sector d'ús, en un context de forta competència global.

Pel que fa a la resposta ràpida i la mobilitat, les **bateries** d'ió liti lideren el mercat gràcies a la seva alta densitat energètica i unes eficiències de cicle de càrrega-descàrrega superiors al 85-90 %. No obstant això, el sector presenta una dependència estratègica crítica de la Xina, que controla prop del 75-80 % de la producció mundial de cel·les i la gran majoria del processament de minerals. Per mitigar-ho, Europa impulsa tecnologies amb cadenes de valor més diversificades, com les bateries d'ió sodi o les bateries de flux redox. Aquestes darreres, tot i tenir eficiències una mica menors (70-80 %), permeten modular potència i energia de forma independent, i són idònies per a l'emmagatzematge de llarga durada sense els riscos de subministrament del liti.

L'**hidrobombament** continua sent la tecnologia de gran capacitat més madura i estesa, i constitueix encara el gruix de la reserva energètica mundial. El seu funcionament és senzill però massiu, ja que simplement utilitza l'excedent renovable per elevar aigua a un embassament superior i la turbina genera electricitat quan la demanda ho requereix, amb eficiències globals del 70-85 %. Tot i ser una solució que reforça l'autonomia energètica, el seu principal límit és geogràfic i ambiental, ja que requereix orografies específiques i una disponibilitat d'aigua que pot veure's compromesa pel canvi climàtic.

Finalment, l'**hidrogen renovable** actua com el vector energètic per a la descarbonització de sectors en què l'electricitat directa o l'ús de bateries no és suficient, com ara la indústria i la mobilitat pesada (aviació i transport marítim). A diferència del sector de les bateries, Europa manté encara un lideratge tecnològic i industrial significatiu en la fabricació d'electrolitzadors que generen hidrogen renovable, especialment en les tecnologies d'electròlisi més avançades. Mitjançant aquest procés, l'electricitat renovable es transforma en hidrogen per emmagatzemar-se massivament o convertir-se en combustibles sintètics (e-fuels) com l'e-querosè o l'e-metanol. Tot i que les eficiències de cadena són modestes (sovint per sota del 40-50 %) i els costos actuals són elevats, aquest sector representa una oportunitat estratègica per a Europa per liderar una cadena de valor global de zero emissions i evitar repetir la dependència externa viscuda amb els fòssils o la fotovoltaica. La política pública, per tant, ha d'orientar aquests vectors cap als sectors anomenats **hard-to-abate** (difícils de descarbonitzar), assegurant que cada unitat d'energia es destini allà on el seu valor estratègic sigui màxim.

El repte de la sobirania de materials en les tecnologies renovables i d'emmagatzematge

El desplegament de moltes de les tecnologies clau per al futur sostenible del sistema energètic a Europa depenen de minerals crítics. Segons l'informe de la UE sobre matèries crítiques,¹⁰ **la transició verda implica passar d'una dependència dels combustibles fòssils a una dependència dels minerals**: liti, níquel, cobalt, manganès i grafit per a bateries; terres rares (neodimi, praseodimi o disprosi) per als imants permanents dels generadors eòlics; silici d'alta puresa i argent per a la fotovoltaica, i platí/iridi per a electrolitzadors per generació d'hidrogen (**vegeu la figura 1**).

10 Comissió Europea (Carrara, S.; Bobba, S.; Blagoeva, D.; Alves Dias, P.; Cavalli, A.; Georgitzikis, K.; Grohol, M.; Itul, A.; Kuzov, T.; Latunussa, C.; Lyons, L.; Malano, G.; Maury, T.; Prior Arce, Á.; Somers, J.; Telsnig, T.; Veeh, C.; Wittmer, D.; Black, C.; Pennington, D.; Christou, M.) (2023). *Supply chain analysis and material demand forecast in strategic technologies and sectors in the EU – A foresight study*. Luxemburg: Oficina de Publicacions de la Unió Europea, <https://doi.org/10.2760/386650>, JRC132889.

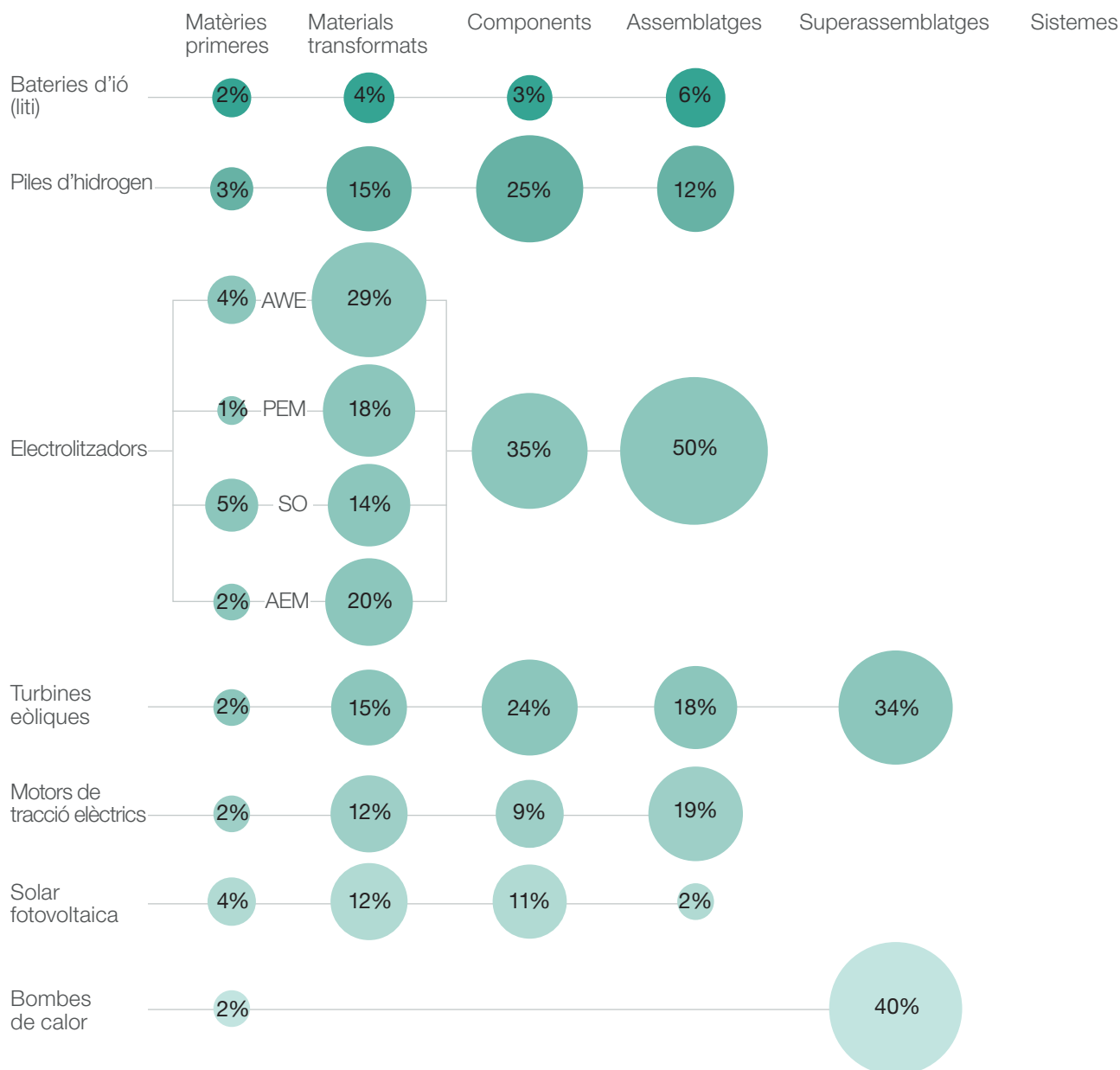


Figura 1. Mapa de vulnerabilitats en la cadena de subministrament de tecnologies energètiques estratègiques: riscos per a la UE i quota de producció global

Aquesta dependència és especialment rellevant a causa de l'elevada concentració en la mineria i la refinació. Segons dades de la IEA,¹¹ la quota mitjana dels tres primers productors o refinadors arriba al 86 % en diversos minerals essencials. La Xina manté un domini aclaparador en el processament de grafit, terres rares i liti, mentre que Indonèsia s'ha consolidat com el node central del níquel. **Aquesta situació exposa la indústria europea a una volatilitat extrema de preus i a riscos de subministrament per tensions geopolítiques.** Per garantir la sobirania tecnològica, la UE ha de prioritzar quatre eixos estratègics: la diversificació de proveïdors, l'ecoinnovació per reduir la intensitat de material, la substitució de matèries primeres crítiques en tecnologies clau i, sobretot, el reciclatge a escala industrial per tancar el cicle de vida i convertir els residus en la nova mina d'Europa.

11 IEA, Global Critical Minerals Outlook, 2025, <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2025>



Horitzons de futur: la fusió nuclear

Més enllà de les tecnologies establertes, la **fusió nuclear** manté l'atractiu de ser considerada la «tecnologia definitiva». A diferència de la fissió actual, que trenca nuclis pesants d'urani, la fusió busca unir nuclis lleugers d'hidrogen per alliberar grans quantitats d'energia, imitant el procés físic que alimenta el sol. Aquest mecanisme ofereix una densitat energètica sense precedents i una seguretat intrínseca, ja que no genera residus radioactius de llarga durada ni risc de reaccions en cadena descontrolades.

Tanmateix, malgrat els avenços en projectes internacionals com l'ITER o l'ús de confinament magnètic, el seu horitzó comercial continua sent incert i depèn de fites disruptives en recerca, especialment pel que fa al guany net d'energia i la seva futura viabilitat econòmica. Per tant, les estratègies nacionals han d'evitar una actitud d'espera passiva i, mentrestant, accelerar les millores en l'eficiència i les renovables madures que ja són operatives.

El cas particular de l'ecosistema europeu de l'energia

El sistema energètic europeu es construeix sobre **una combinació d'objectius comuns i realitats nacionals molt diverses**. La UE ha definit de manera progressivament més clara una estratègia compartida basada en la descarbonització, la seguretat de subministrament i la integració dels mercats, però la implementació d'aquests objectius parteix de punts de sortida molt diferents entre estats membres. Aquesta heterogeneïtat és una característica estructural del sistema energètic europeu i condiciona tant el ritme com els instruments de la transició.

Des del punt de vista quantitatiu, **l'energia a Europa continua estant fortament dominada pels combustibles fòssils**. Segons dades d'Eurostat, l'any 2024 el petroli i els productes petrolífers representaven aproximadament el 37 % del consum final d'energia de la UE, mentre que l'electricitat i el gas natural n'aportaven al voltant del 20 % cadascun.¹² Les energies renovables utilitzades directament per a la generació d'energia (com la biomassa o la geotèrmia) en suposen l'11 %. Dins del sector elèctric, s'ha experimentat una gran transformació en el sector, més del 63 % de la

¹² Dades provinents de l'Eurostat, vegeu https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_statistics_-_an_overview#Final_energy_consumption i https://ec.europa.eu/eurostat/cache/sankey/energy/sankey.html?geos=EU27_2020&year=2024&unit=KTOE&fuels=TOTAL&highlight=&nodeDisagg=0101000000000&flowDisagg=true&language=EN.

generació neta de electricitat provinents de fonts no fòssils. L'eòlica i la solar representen avui dia el 25 % de la generació elèctrica, un percentatge que arriba al 40 % en el cas del sistema espanyol.¹³ Aquestes xifres reflecteixen **un avenç molt notable de les renovables en el sector elèctric**, però també dificultats persistents en els usos finals, especialment el transport, la indústria i la calefacció, que continuen depenent de manera significativa dels combustibles fòssils.

Aquesta estructura del consum explica l'**elevada dependència exterior de la UE**. L'indicador de dependència energètica, que mesura la proporció del consum coberta per importacions netes, es va situar al voltant del 58 % el 2023. En termes macroeconòmics, això implica que més de la meitat de l'energia consumida a la UE prové de l'exterior, amb una exposició especialment elevada en el cas del petroli, en què la dependència supera el 95 %, i del gas natural, amb valors pròxims al 90 %. El valor de les importacions energètiques ha estat històricament molt elevat (un 15 % del total de les importacions) i va assolir màxims excepcionals durant la crisi energètica de 2022 (un 25 %), quan l'encariment dels preus va elevar de manera abrupta la factura energètica, fins i tot en contextos de reducció del volum importat.¹⁴

Objectius comuns amb una gran diversitat de «punts de sortida» i velocitats dispars

Tot i compartir objectius climàtics i energètics comuns i cada cop més ambiciosos, **els estats membres presenten estructures energètiques molt dispars, tant pel que fa a la matriu de generació com a la dependència exterior i a la velocitat de transformació**. Aquesta heterogeneïtat explica en bona mesura per què la política energètica europea avança sovint mitjançant marcs flexibles que permeten ritmes diferenciats.

Alguns casos nacionals són particularment il·lustratius. Polònia continua tenint una elevada dependència del carbó en la seva matriu de generació elèctrica, fet que condiona tant les seves emissions com els costos polítics i socials de la transició. França, en canvi, disposa d'un sistema elèctric àmpliament descarbonitzat gràcies al pes de l'energia nuclear, amb una intensitat d'emissions del sector elèctric clarament inferior a la mitjana europea. Alemanya ha accelerat de manera significativa el desplegament de renovables, especialment eòlica i solar, però la sortida de la nuclear ha incrementat temporalment la dependència del gas i ha fet més visibles les tensions entre objectius climàtics, seguretat de subministrament i estabilitat de preus. Portugal destaca per una elevada penetració de renovables en la generació elèctrica (superior al 60 % en alguns anys recents si hi incloem l'aigua) i una electrificació del transport considerable, que arriba al 30 % de vehicles elèctrics en noves vendes.¹⁵ Fora de la UE, però estretament integrada en el mercat elèctric europeu, Noruega constitueix un cas paradigmàtic d'electricitat gairebé totalment renovable i d'electrificació avançada tant en la calefacció com el transport, amb més del 95 % de les noves matriculacions de vehicles elèctrics durant el 2025, i ha passat del 60 % a més del 75 % d'energia renovables per al consum final en els últims vint anys.¹⁶

La geopolítica, una preocupació creixent

La geopolítica s'ha convertit en una preocupació central de la política energètica europea. La UE és estructuralment dependent de les importacions de combustibles fòssils, especialment petroli i gas, una dependència que ha tingut implicacions econòmiques i estratègiques de gran abast.

La crisi del gas iniciada el 2021-2022 va actuar com **un xoc revelador d'aquestes vulnerabilitats, amb grans impactes en la inflació, la despesa pública per mitigar la incidència a les llars i l'activitat industrial**. La reducció sobtada del subministrament rus va obligar a replantejar de manera accelerada el comerç exterior d'energia, amb un

13 Vegeu <https://www.sistemaelectrico-ree.es/es/2023/informe-del-sistema-electrico/generacion/generacion-de-energia-electrica/generacion-total-de-energia-electrica>.

14 Vegeu https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_statistics_-_an_overview#Energy_dependency i https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=EU_imports_of_energy_products_-_latest_developments.

15 Vegeu <https://mobilityportal.eu/portugal-30-of-new-cars-are-electric/>.

16 Vegeu <https://www.reuters.com/sustainability/climate-energy/norways-new-car-sales-were-96-electric-2025-2026-01-02/> i <https://www.eea.europa.eu/en/europe-environment-2025/countries/norway/renewable-energy-sources>.

increment i una diversificació de les importacions de gas natural liquat (GNL), i un augment notable i persistent dels preus a llarg termini. Aquesta experiència ha reforçat la percepció que els combustibles fòssils, a més de ser incompatibles amb els objectius climàtics, comporten riscos sistèmics elevats associats a la concentració geogràfica dels recursos i a la volatilitat dels mercats internacionals.

En comparació, **la dependència associada a les energies renovables és qualitativament diferent**. Tot i que existeixen riscos vinculats a les cadenes de subministrament de materials crítics, com s'ha discutit anteriorment, aquests no presenten la mateixa naturalesa de risc geopolític recurrent associada a la importació continuada de combustibles. Aquesta diferència qualitativa és un dels arguments centrals que sustenten l'aposta europea per l'acceleració de la transició energètica en termes de seguretat, ja que la producció domèstica d'energia renovable redueix l'exposició a xocs externs, encara que planteja nous reptes en termes d'infraestructura, flexibilitat i acceptació social.

La integració elèctrica, un element clau

En aquest context europeu, **el sistema elèctric ha adquirit un paper central**. La combinació entre la manca de recursos fòssils domèstics i l'estratègia de descarbonització ha situat l'electricitat com el vector energètic clau per a la transició, **tant mitjançant l'electrificació directa dels usos finals com a través de la producció de nous vectors energètics (com l'hidrogen)**. De fet, per complir els objectius de neutralitat climàtica, la UE ha apostat fermament per l'ús d'electricitat renovable, i ha fixat una quota d'electrificació del 32 % l'any 2030 que superi el 50 % l'any 2050.

Aquesta centralitat explica l'esforç regulatori i inversor sense precedents per millorar la integració del sistema elèctric europeu. En els darrers anys s'ha desplegat un volum considerable de legislació orientada a harmonitzar regles de mercat i reforçar la coordinació transfronterera.¹⁷ A escala d'infraestructura, la UE va fixar l'objectiu que cada estat membre disposi d'una capacitat d'interconnexió equivalent a, com a mínim, el 15 % de la capacitat instal·lada del seu sistema elèctric el 2030, objectiu polític acordat pel Consell Europeu el 2014.¹⁸ En el cas de la península ibèrica, aquesta integració ve dificultada per la situació geogràfica, tot i que en els darrers anys la interconnexió ha millorat substancialment amb l'increment de la capacitat d'intercanvi entre França i la península gràcies a la connexió millorada al Pirineu oriental, que s'espera que s'incrementi de nou amb la finalització del projecte de cable submarí al golf de Biscaia.¹⁹

Tanmateix, **aquesta estratègia també comporta noves vulnerabilitats**. La creixent dependència en infraestructures crítiques comporta certs riscos. Les interconnexions internacionals o els cables submarins són infraestructures difícils i lentes de desplegar, tant per problemes interns com per conflictes polítics entre països sobre com repartir-ne els costos i els beneficis. A més, introdueixen riscos de seguretat física i cibernètica que fins fa poc tenien un paper secundari en el debat energètic. **La resiliència del sistema elèctric europeu esdevé, així, un element tan important com la seva eficiència econòmica o ambiental**.

17 En són exemples centrals el Reglament (UE) 2015/1222 (CACM), que estableix el *market coupling* als mercats *day-ahead* i *intraday* amb assignació implícita de capacitat (en vigor des de 2015), i els reglaments (UE) 2017/1485 (System Operation Guideline) i 2017/2195 (Electricity Balancing Guideline), que coordinen l'operació del sistema i els mercats de balanç. Posteriorment, el Reglament (UE) 2019/943, sobre el mercat interior de l'electricitat (art. 16.8), introdueix l'obligació que com a mínim el 70 % de la capacitat dels elements crítics de la xarxa es posi a disposició del comerç transfronterer mitjançant mecanismes de mercat, amb excepcions temporals subjectes a plans d'acció.

18 El desplegament d'aquestes interconnexions es finança principalment mitjançant projectes d'interès comú (*Projects of Common Interest*, PCI), que permeten assignació transfronterera de costos, procediments d'autorització accelerats i accés a finançament europeu. El finançament europeu complementa, però no substitueix, la inversió dels operadors del sistema de transport (TSO) nacionals, amb supervisió reguladora coordinada per l'Agència de Cooperació dels Reguladors d'Energia (ACER).

19 El 2015, la interconnexió amb França es va duplicar: als 1.400 MW ja existents s'hi van afegir 1.400 MW nous amb la línia de corrent continu de Santa Llogaia - Baixas, de manera que la capacitat total va passar a ser d'uns 2.800 MW. El següent salt previst és la interconnexió marina pel golf de Biscaia, que hauria d'afegir prop de 2.800 MW addicionals i portar la capacitat total cap als 5.600 MW properament, tot i que la inversió ha patit sobre costos i retards molt notables.

Matriu energètica a Catalunya i objectiu de neutralitat de carboni

Evolució i diagnòstic de la demanda energètica²⁰

Al llarg de les darreres dues dècades, l'evolució de la demanda energètica a Catalunya ha estat estretament lligada a les oscil·lacions de l'economia i als canvis graduals en la composició de la seva matriu (vegeu la figura 2). El consum d'energia final va assolir el seu màxim històric el 2007, any en què va arribar als 16,6 milions de tones equivalents de petroli (Mtep), en un escenari marcat per un creixement accelerat i una matriu dominada pels combustibles fòssils. No obstant això, la crisi financera global del 2008 va suposar un punt d'inflexió que va provocar una contracció significativa de la demanda i es va iniciar una tendència de major contenció. Després d'una recuperació moderada durant la dècada següent, la pandèmia de la COVID-19 l'any 2020 va comportar una nova caiguda abrupta de l'activitat, de la qual el sistema energètic català encara no s'ha recuperat completament, que ha consolidat uns nivells de consum més baixos que a l'inici del segle.

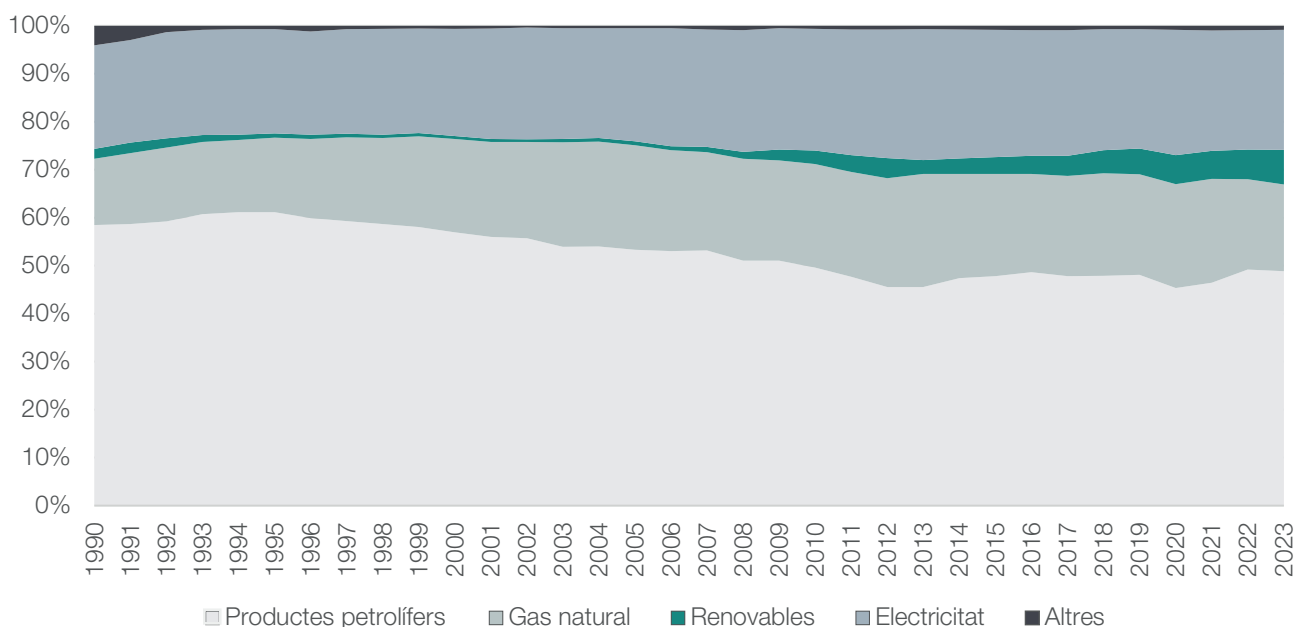


Figura 2. Evolució del consum d'energia final a Catalunya per tipologia (1990-2023)

²⁰ Totes les dades presentades en aquesta secció corresponen al Resum de les principals dades del balanç energètic de Catalunya fins al 2023, compilades i editades per l'Institut Català de l'Energia (ICAEN), desembre del 2025.

Segons les dades consolidades del balanç energètic de Catalunya 2023, el consum final d'energia es va situar en els 13,8 MTEP, una xifra que consolida la tendència a la baixa i es manté aproximadament un 17 % per sota del rècord històric de 2007, i se situa en nivells de demanda comparables als de l'any 1998. **Malgrat l'impuls de la transició, la matriu energètica catalana continua fortament condicionada pels combustibles fòssils (vegeu Figura 2).** Els productes petrolífers, vinculats de forma majoritària al transport, representen el 47,5 % del consum final, seguits pel gas natural, que ha reduït el seu pes fins al 18,7 % del total a causa de la contracció del consum industrial i de generació elèctrica. Per la seva banda, l'electricitat, generada per la combinació nuclear, fòssil i renovable, suposa el 25,8 % de la demanda final. Les fonts renovables d'ús directe (com la biomassa, els biocombustibles o la calor ambiental) n'aporten un 7,8 % i mostren un lleuger creixement respecte a l'exercici anterior. Si s'aplica la metodologia d'Eurostat (Directiva UE 2018/2001), el consum final brut renovable s'eleva fins al 10,5 %, una dada que, tot i ser positiva, evidencia un ritme de canvi encara insuficient per assolir les fites del 2030.

L'anàlisi per sectors d'ús confirma la persistència d'aquest model tradicional i les dificultats per electrificar la demanda (Figura 3). El transport es manté com el principal consumidor d'energia de Catalunya amb un 41,3 % de la demanda total, xifra que demostra la seva resistència a la descarbonització. En canvi, la indústria representa el 26,6 % del consum, i reflecteix tant les millores en eficiència com l'impacte dels preus energètics en la producció. Finalment, els sectors domèstic i de serveis mantenen una contribució conjunta del 28,8 %, i són els que presenten unes taxes d'electrificació més dinàmiques, mentre que el sector primari continua tenint un pes marginal del 3,3 % en el balanç global del país.

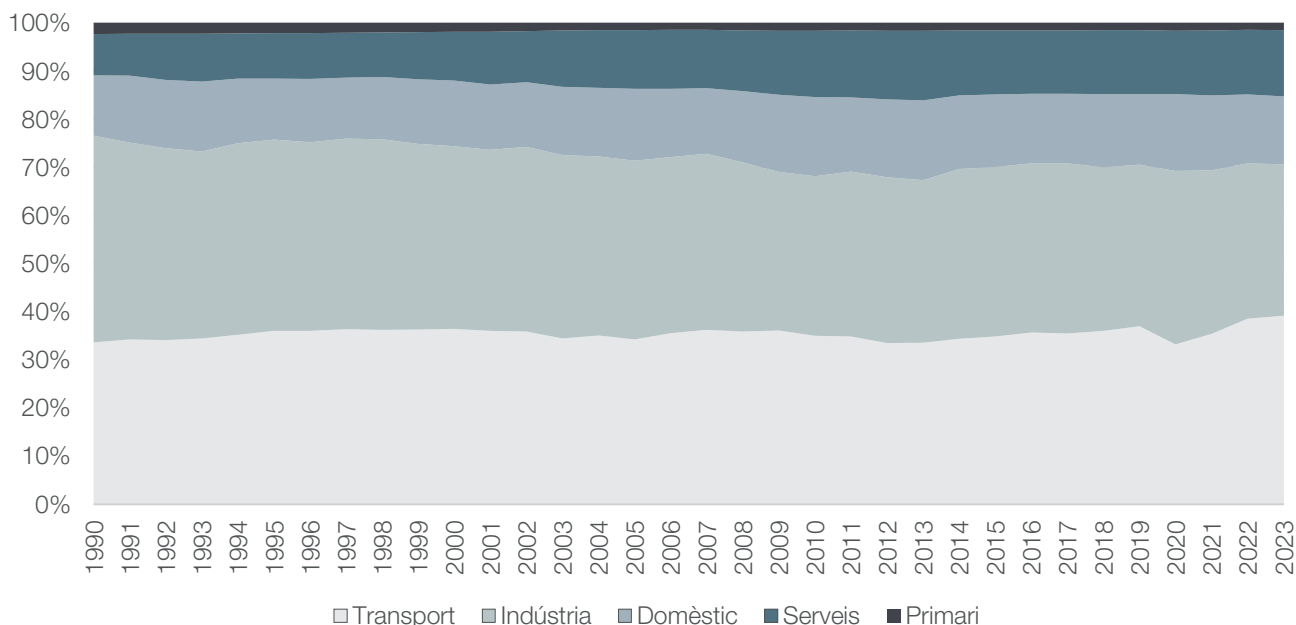


Figura 3. Consum energètic per sectors a Catalunya (1990-2023)

La matriu energètica actual i la dependència exterior

L'estat de la matriu energètica primària l'any 2025 posa de manifest la vulnerabilitat del sistema català, que continua sent altament dependent de les importacions de combustibles fòssils. Actualment, **Catalunya ha d'importar aproximadament el 93 % de l'energia que consumeix**, una xifra que només es redueix fins al 66 % si es comptabilitza l'energia nuclear com una font de producció local. Aquesta estructura està liderada pel petroli i els seus derivats, seguits del gas natural i la producció de les centrals nuclears d'Ascó i Vandellòs. Tot i el creixement de les energies

netes, la suma de la hidroelèctrica, l'eòlica, la solar i la biomassa amb prou feines cobreix una desena part del consum final brut d'energia del país.

Pel que fa estrictament a la generació elèctrica amb dades de 2024 (Figura 4),²¹ la producció continua estant fortament centralitzada en l'energia nuclear, que va subministrar prop del 59 % de la generació bruta total (uns 22,2 TWh). Les tecnologies basades en fòssils, especialment els cicles combinats i la cogeneració, mantenen un paper estratègic en el suport del sistema i aporten conjuntament un 21 % de l'electricitat. En l'àmbit renovable, l'any 2024 va tancar amb una quota del 21,6%, la més alta d'aquest segle, impulsada per una recuperació de l'energia hidroelèctrica (8,9%) gràcies a la major pluviositat, seguida de l'eòlica (7,1%) i una solar fotovoltaica que ja assoleix el 4,5%. La potència instal·lada total se situa en els 12,8 GW, en què les renovables ja representen més d'un terç de la capacitat (39%), i destaca l'expansió de l'autoconsum fotovoltaic amb més d'1,4 GW instal·lats i més de 126.000 instal·lacions actives.

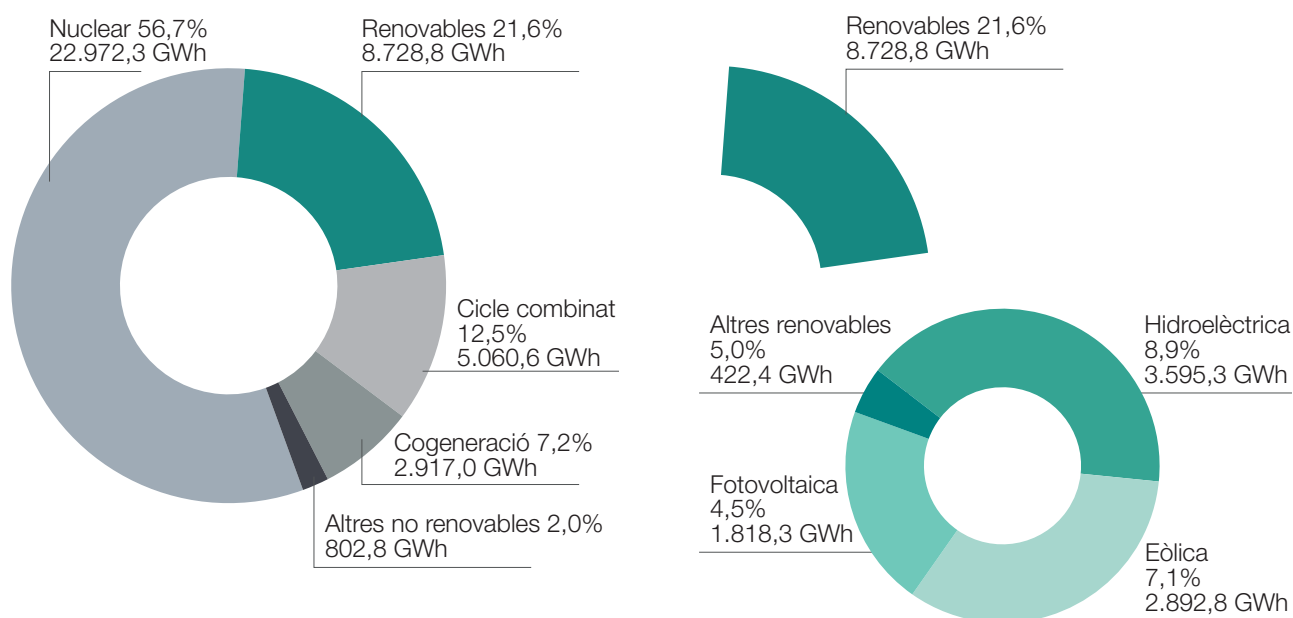


Figura 4. Producció d'electricitat a Catalunya, 2024

Vies cap a la neutralitat climàtica: L'estratègia PROENCAT 2050

El futur energètic de Catalunya es vertebrava a través de la **Prospectiva energètica de Catalunya 2050 (PROENCAT)**,²² el marc estratègic que materialitza els mandats de la Llei 16/2017, del canvi climàtic, i el Pacte nacional per a la transició energètica. L'objectiu fonamental és la **transformació estructural cap a un sistema climàticament neutre** que elimini de forma progressiva les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle, les quals avui dia depenen en un 73 % del sector energètic. Aquesta estratègia no és només un compromís ambiental, sinó una **aposta per la sobirania energètica**, ja que el pla preveu reduir la dependència de les importacions fins a situar-les per sota del 8 % a mitjan segle, substituint els actius fòssils i nuclears per un model basat en l'energia eòlica i la solar fotovoltaica com a pilars de generació pròpia.

21 Balanç elèctric de Catalunya 2024, Institut Català de l'Energia (ICAEN), juny del 2025

22 Prospektiva energètica de Catalunya 2050 (PROENCAT 2050), Institut Català de l'Energia (ICAEN), abril del 2023

A diferència de transicions passades, aquest model prioritza el binomi eficiència-democratització. L'estratègia posa el focus en el desplegament de renovables descentralitzades i l'autoconsum, i fomenta una governança de l'energia en què la ciutadania i el teixit empresarial passin de ser consumidors passius a actors actius del sistema. Aquesta transició requereix un impuls sense precedents en l'eficiència: mitjançant la rehabilitació massiva del parc d'edificis, l'electrificació de la demanda tèrmica industrial i el desplegament de la mobilitat elèctrica, es projecta una reducció del consum final d'energia superior al 30 % respecte al 2017. Aquesta dada és especialment significativa, ja que demostra la viabilitat de desacoblar el creixement econòmic del consum energètic i de permetre que el PIB i la població creixin mentre la pressió sobre el sistema disminueix.

La implantació d'aquest full de ruta s'estructura en dues etapes clau que marquen l'agenda política d'aquesta dècada i les vinents. **L'horitzó 2030 estableix fites urgents, com l'assoliment del 50 % de producció elèctrica renovable i la posada en marxa de 2,2 GW de capacitat d'emmagatzematge** per garantir l'estabilitat de la xarxa. Mirant cap al 2050, l'objectiu és un sistema elèctric 100 % renovable en què la taxa d'electrificació de la demanda final s'elevi fins al 78 %. **Per a aquells sectors en què l'electrificació directa presenta reptes tecnològics, com la indústria pesada o el transport logístic de llarga distància, el PROENCAT assigna un paper estratègic a vectors de futur com l'hidrogen verd i els biocombustibles avançats.**

En darrera instància, la transformació del sistema requerirà la instal·lació d'una capacitat total de 61,9 GW. Una xifra d'aquesta magnitud exigeix un **esforç d'inversió i, sobretot, un gran acord de país i un consens territorial sense precedents. Convertir l'energia neta en el nucli d'una nova civilització catalana no és només un repte tecnològic, sinó el principal projecte de modernització econòmica i social de Catalunya per a les properes tres dècades.**



Reptes i oportunitats de la transició energètica

Reptes tècnics i operatius

Transformació de la infraestructura i seguretat de subministrament

El camí cap a la neutralitat climàtica l'any 2050 exigeix una reconfiguració total del sector elèctric català que transiti d'un model de generació centralitzada cap a un sistema híbrid, altament electrificat i dominat per fonts renovables variables. S'estima que la solar fotovoltaica i l'eòlica passaran a representar més del 90 % de la capacitat instal·lada. Aquest canvi d'escala és majúscul, ja que la potència instal·lada haurà de créixer 5,5 vegades (dels 11 GW de 2017 als 62 GW el 2050) per atendre una demanda elèctrica que es preveu que es dupli fins als 100 TWh anuals, impulsada per la transformació del transport, la climatització i els processos industrials.

Aquest repte s'ha d'entendre en el marc del nostre entorn immediat, on **Catalunya presenta actualment un cert retard estructural**. Mentre que Espanya i Portugal han experimentat un creixement excepcional en eòlica i solar (amb l'assoliment de quotes comparables a les d'Alemanya i superiors a la mitjana de la UE), Catalunya només ha fet progressos limitats (vegeu la **figura 5**). Aquesta experiència líder a la resta de la Península demostra que la tecnologia i els mecanismes d'integració ja són madurs i d'èxit provat; una realitat que ha de servir d'estímul polític per accelerar l'execució del nostre propi full de ruta i recuperar la competitivitat perduda.

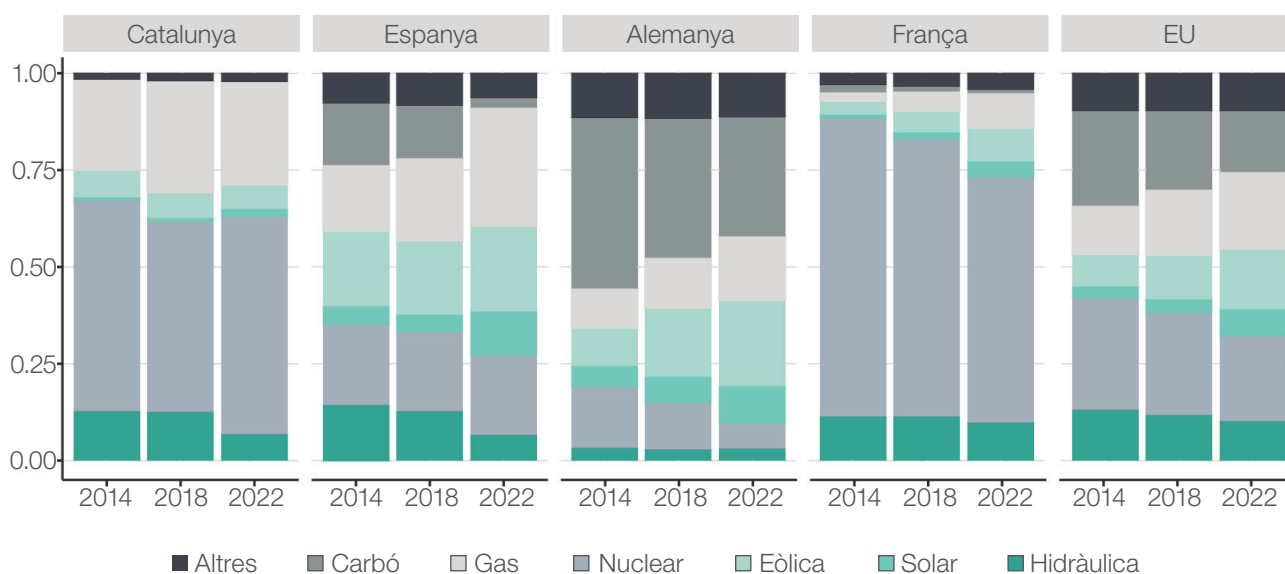


Figura 5. Evolució de la matriu energètica a Catalunya en comparació amb territoris propers, 2014-2022

La integració d'aquests recursos intermitents constitueix el repte operatiu principal del país. Els desajustos diaris i estacionals entre la producció i el consum requeriran sistemes de predicció avançada i una gestió de la xarxa en temps real extremadament flexible. En aquest nou entorn, **la seguretat de subministrament dependrà de l'activació coordinada de tres palanques estratègiques:**

- **Emmagatzematge massiu i gestió estacional:** Cal passar de nivells testimonials a **7,2 GW de capacitat** l'any 2050. Aquesta potència, repartida entre el bombament hidràulic (3,7 GW) i les bateries (3,5 GW), permetrà equilibrar els desajustos a curt termini. Tanmateix, per a la intermitència estacional, el sistema dependrà d'una gestió optimitzada dels embassaments i de vectors com l'hidrogen verd (amb una previsió de 3–4 TWh), que actuarà com a reserva estratègica a llarg termini.
- **Interconnexions transfrontereres:** L'aïllament energètic no és una opció viable ni econòmica. Per garantir la fiabilitat i reduir els riscos de *curtailment* (pèrdua d'energia excedentària), Catalunya haurà d'ampliar la seva connexió amb els mercats veïns fins als **13,4 GW**, un increment del 53 % respecte a la capacitat actual. Sense aquest reforç, l'equilibri del sistema exigiria una sobre capacitat de generació local antieconòmica.
- **Xarxes intel·ligents:** L'arquitectura elèctrica ha d'evolucionar d'una estructura unidireccional cap a una de bidireccional que integri centenars de milers d'instal·lacions distribuïdes. Això implica una inversió estimada de **13.300 milions d'euros** fins al 2050. Aquests fons es destinaran a nous circuits i subestacions, però sobretot a controls automatitzats essencials per mantenir l'estabilitat en un entorn on la «inèrcia» que avui aporten les centrals convencionals anirà desapareixent progressivament.

Finalment, **aquesta transició transformarà la infraestructura de gas del país.** El paper del gas natural d'origen fòssil disminuirà fins a la seva obsolescència, la qual cosa permetrà el desmantellament gradual de les xarxes convencionals o la seva **reconversió per a gasos renovables com el biometà i l'hidrogen verd** per al seu ús en clústers industrials i transport pesant. Projectes com l'**H2med**²³ seran decisius per connectar el potencial renovable de la península Ibèrica amb el cor d'Europa a través de Catalunya i convertiran un repte d'infraestructura en un avantatge competitiu geostràtegic per a l'economia catalana.

Impactes i oportunitats industrials de la transició energètica

La transició cap a un model descarbonitzat transformarà profundament el panorama industrial de Catalunya en els pròxims 25 anys. Aquest procés no s'ha d'entendre només com un canvi de fonts d'energia, sinó com una **oportunitat estratègica per reduir la dependència de les importacions i prioritzar la generació local.** Gràcies al fort recurs solar del país i al desplegament de sistemes híbrids que combinen fotovoltaica i emmagatzematge, Catalunya podrà oferir energia renovable competitiva, un factor clau per a la resiliència del seu teixit empresarial.

L'electrificació profunda serà el motor d'aquesta transformació. **Es preveu que la quota d'electricitat en la demanda energètica industrial augmenti de forma dràstica i passi del 30 % actual fins al 78 % l'any 2050.** Aquest salt requerirà un redisseny integral dels processos productius que incorpori tecnologies d'alta eficiència com bombes de calor industrials, forns electrificats i l'ús d'hidrogen verd en aquells sectors anomenats *hard-to-abate* (difícils de descarbonitzar), com el ciment, l'acer i la indústria química.

L'embranchida de la transició accelerarà la creació de nous ecosistemes industrials de gran valor afegit:

- **Automoció i mobilitat sostenible:** La transformació del sector de l'automoció cap al vehicle elèctric generarà oportunitats en tota la cadena de valor, des de la fabricació de bateries i electrònica de potència fins al desplegament d'infraestructura de recàrrega. Així mateix, s'obriran nous mercats basats en models de negoci circulars, com les aplicacions de segona vida per a bateries.

²³ El 8 d'abril de 2024, el projecte H2med va ser inclòs com a projecte d'interès comú (PCI/PMI) en el diari oficial de la Unió Europea (UE) 2024/1041.

- **Bioeconomia i sinergies rurals:** El model de producció es remodelarà d'acord amb els principis de l'economia circular. Els pols petroquímics tradicionals, com el de Tarragona, pivotaran cap al concepte de *biorefineries*. Alhora, el món rural jugarà un paper clau mitjançant la producció de biogàs i biometà, a partir de residus agrícoles i orgànics, i diversificarà les rendes del sector primari.

L'impacte en el mercat laboral serà positiu en el seu conjunt. **Es calcula que les renovables i l'eficiència energètica crearan el doble de llocs de treball per unitat d'inversió que els sectors fòssils o nuclears.** Aquests llocs de treball tindran un fort arrelament territorial, especialment en els àmbits de la rehabilitació d'edificis i la construcció d'emissions zero. Tanmateix, **aquest procés requerirà una gestió política activa.** Indústries intensives en energia i el sector de l'automoció afrontaran una reestructuració important que exigirà programes de requalificació i digitalització. Les PIME, en particular, necessitaran un suport específic pel que fa al finançament i l'adopció de noves tecnologies.

En definitiva, una **estratègia industrial dedicada ha d'assegurar l'estabilitat reguladora, l'accés a les noves infraestructures i un suport decidit a la innovació.** L'objectiu final és mitigar la dependència de materials crítics, com el liti o el coure, mitjançant el reciclatge i la substitució, mentre es promou una Catalunya líder en mobilitat elèctrica, descarbonització industrial i mercats energètics digitals.

Reptes econòmics i regulatoris

La substitució progressiva dels combustibles fòssils afecta simultàniament la generació d'electricitat, els gasos energètics, la calor, la mobilitat i els usos finals industrials i domèstics. Això obliga a repensar els mecanismes d'inversió, la gestió dels actius existents i un marc regulador que, fins ara, s'ha construït al voltant de vectors energètics relativament estables i compartimentats.

En aquest context, **la política energètica ha de resoldre tres reptes interrelacionats:** mobilitzar grans volums d'inversió, gestionar de manera ordenada la pèrdua de valor d'actius fòssils i adaptar contínuament les regles de joc a un sistema energètic més flexible, descentralitzat i incert.

La necessitat de crear senyals econòmics suficients per a grans inversions

La descarbonització implica **una transformació profunda de la base productiva del sistema energètic amb inversions anuals necessàries que el Banc Central Europeu estima entre el 3 i 4 % del PIB europeu.**²⁴ Les noves tecnologies (renovables, electrificació, emmagatzematge, xarxes intel·ligents, infraestructures per a gasos renovables) comparteixen una característica comuna: costos d'inversió elevats i costos operatius baixos. Aquest canvi estructural fa que el cost del capital, l'estabilitat reguladora i l'assignació del risc siguin determinants per a la viabilitat econòmica de la transició.

A diferència del sistema fòssil tradicional, basat en combustibles importats i costos variables elevats, **el nou sistema requereix anticipar ingressos futurs durant dècades.** Això ha impulsat l'ús de contractes a llarg termini, mecanismes de subhasta i instruments híbrids publicoprivats per reduir el risc de mercat.²⁵ Tot i així, aquests mecanismes sovint presenten problemes de transparència i poden afavorir actors grans i consolidats en detriment de projectes més petits, comunitaris o locals, cosa que ha fet replantejar la inclusió d'altres criteris.²⁶

24 Vegeu Andersson, M.; Köhler-Ulbrich, P.; Nerlich, C. (2025). «Green investment needs in the EU and their funding». *ECB Economic Bulletin*, 1/2025.

25 Vegeu, per exemple, l'impuls a aquests mecanismes de finançament per part de la Comissió Europea amb la publicació d'una guia sobre els contractes per diferències (C/2025/6701), disponible a <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52025XC06701&qid=1767881386609>.

26 Això ja es permet en el marc de la Llei 9/2017, de contractes del sector públic, i s'ha posat en pràctica, per exemple, en subhastes per a eòlica marina i s'inclou fins al 30 % en factors no econòmics (Reial decret 962/2024).

La necessitat de grans inversions de capital no es limita a l'electricitat. **Les inversions necessàries en adaptació d'edificis, en infraestructures de recàrrega o en producció i transport de gasos renovables requereixen senyals econòmics coherents entre vectors energètics.** A causa de la incertesa tecnològica sobre el paper que han de jugar algunes tecnologies, els seus costos futurs o el context geopolític, així com el canviant marc regulador, **la intervenció pública és sovint necessària** perquè aquestes inversions puguin prosperar. Sense una visió integrada, existeix el risc de desalinejar incentius i generar colls d'ampolla que encareixin la transició.

La necessitat de gestionar els actius obsolets

Un segon repte central és **la gestió dels actius que perdran valor com a conseqüència de la transició.** Aquests inclouen centrals de generació fòssil, infraestructures associades al gas natural i, de manera especialment rellevant, les xarxes de gas ciutat, dissenyades per a un ús intensiu en calefacció i cuina domèstica.

En el cas del gas urbà, **la descarbonització dels edificis mitjançant electrificació (bombes de calor) i millores d'eficiència posa en qüestió la viabilitat econòmica de xarxes amb costos fixos elevats i una base de consumidors potencialment decreixent.**²⁷ Aquest procés pot generar una dinàmica regressiva: a mesura que alguns usuaris abandonen el gas, els costos fixos es reparteixen entre menys consumidors, la qual cosa incrementa les tarifes i accelera noves sortides. La regulació haurà de decidir com gestionar aquesta transició: si es permet una retirada ordenada de les xarxes, si es promou la seva reconversió parcial cap a gasos renovables en la línia de la normativa europea, o si s'estableixen mecanismes de socialització dels costos enfonsats. També són importants les regulacions que eviten incrementar la base de capital en aquestes tecnologies de combustible fòssil.²⁸

Decisions similars s'han d'afrontar en altres segments del sistema energètic, com el tancament de centrals convencionals o la reconfiguració de xarxes dissenyades per a fluxos energètics unidireccionals. A Catalunya, aquests debats es creuen amb discussions més àmplies sobre el futur del gas, el paper del biometà i l'hidrogen, i el calendari de sortida de tecnologies existents. **La gestió dels actius obsolets és, per tant, tant un repte econòmic com polític i territorial.**

A més, en el cas català, **la qüestió dels actius obsolets no es limita a infraestructures energètiques: també afecta de manera directa la base industrial.** Un exemple especialment rellevant és la cadena de valor vinculada a la manufactura de vehicles de combustió i als seus components, el tercer sector més gran de la indústria catalana, amb un 9,0 % del valor afegit brut (VAB) i un 6,8 % de l'ocupació industrial.²⁹ La transició cap a l'electrificació i a noves tecnologies de mobilitat pot comportar una pèrdua accelerada de valor d'actius productius, de capacitats específiques i de llocs de treball, si no es gestiona amb anticipació. Això converteix la transició en un repte econòmic i territorial majúscul, que requereix coordinar política energètica, industrial i de formació per facilitar la reconversió. La tendència recent cap a una reorientació a l'electrificació, amb la captació de noves inversions, és una bona notícia i un canvi de direcció en la gestió d'aquest gran repte.³⁰

27 A Califòrnia, l'erosió del nombre de consumidors ja està començant a dificultar la gestió de la xarxa de gas, en què es considera el desmantellament selectiu d'actius. Vegeu https://www.ioes.ucla.edu/wp-content/uploads/2025/07/UCLA-CCSC_Gas-Decommissioning-Brief.pdf.

28 Tot i que no existeix una prohibició explícita de les calderes de gas en edificis de nova construcció, les successives actualitzacions del Codi tècnic de l'edificació i del Reglament d'instal·lacions tèrmiques en edificis han endurit els requisits d'energia primària no renovable i d'emissions fins al punt que, en la pràctica, només són viables sistemes plenament elèctrics, híbrids o compatibles amb gasos renovables.

29 Vegeu dades d'ACCIO, <https://www.accio.gencat.cat/ca/sectors/automocio-moto/>.

30 En són exemples l'aliança d'Ebro (EV Motors) i Chery per a la fabricació de vehicles elèctrics a la Zona Franca, l'electrificació de Seat Martorell per a la nova gamma de compactes elèctrics i la seva planta d'assemblatge de bateries, o la fàbrica de components (elecfoil) de Lotte Energy Materials a Mont-roig del Camp, que, tot i els retards i la litigació inicials, ja es troba en fase de construcció després de ser declarada projecte estratègic.

La necessitat d'adaptar el marc regulador de manera constant

Finalment, **la transició exigeix un marc regulador capaç d'evolucionar de manera contínua i tan previsible com sigui possible**. Les regles actuals es van dissenyar per a sistemes centralitzats, amb fronteres clares entre electricitat, gas i usos finals. En canvi, el nou sistema es caracteritza per la interacció constant entre vectors: electrificació de la demanda, ús de gasos renovables en sectors difícils d'electrificar, emmagatzematge distribuït i participació activa dels consumidors. El marc regulador ha de ser ordenat i permetre als usuaris i les empreses prendre decisions informades sobre les seves decisions energètiques, per exemple, en comprar un cotxe o decidir el mode de calefacció durant una reforma o la planificació d'una nova construcció. **Sense un horitzó regulatori clar, aquestes decisions comporten riscos excessius i poden acabar anant en la direcció equivocada.**

En el context elèctric, la necessitat d'una regulació clara i adaptable xoca amb la immensa complexitat del sistema. Davant l'augment significatiu de fonts renovables intermitents, el mercat ibèric ha realitzat ajustos substancials en les seves regulacions durant l'última dècada, com ara incrementar la freqüència de les operacions de mercat, millorar la sincronització de la xarxa amb la resta de la xarxa europea i incorporar gradualment recursos renovables en la provisió de serveis complementaris.

Malgrat aquests esforços, **el sistema mostra limitacions creixents per reflectir els costos reals del sistema i coordinar inversions a llarg termini**.³¹ A mesura que els preus marginals es redueixen, els ingressos depenen cada vegada més de mecanismes complementaris, tarifes de xarxa i regulacions específiques, sovint fragmentades i poc transparents. **Aquesta complexitat és en el punt de mira des de l'apagada de l'abril del 2025.** Des de llavors, els canvis d'urgència en aquests mercats han incrementat significativament els costos de l'electricitat als consumidors finals i, al seu torn, els ingressos i les emissions de les plantes tèrmiques de combustible fòssil, la qual cosa ha suposat un retrocés en el procés d'integració renovable.³²

De manera similar, escalar la generació distribuïda, la càrrega de cotxes, la flexibilització de la demanda i les comunitats energètiques requereix regulacions que empoderin els consumidors sense traslladar-los riscos excessius ni generar desigualtats. La pròxima onada d'innovacions regulatòries que s'estan desenvolupant comportarà una segona transformació de les normes i regulacions, i facilitarà la participació de bateries i recursos de demanda flexible, que actualment està endarrerida en comparació amb altres membres de la UE o mercats amb una gran presència solar (com Califòrnia i Austràlia). Tot i així, hi ha un potencial substancial atesos els perfils de generació solar, per exemple, amb aplicacions industrials capaces de modular les seves necessitats energètiques o aplicacions domèstiques amb vehicles elèctrics que utilitzin capacitats V2G per fer convertir el cotxe en consumidor i bateria.

Reptes socials

En comparació amb altres regions europees i amb altres comunitats autònomes de l'Estat, Catalunya ha afrontat dificultats singulars en el desplegament d'energies renovables a gran escala.³³ El debat públic s'ha centrat de manera recurrent en els impactes territorials percebuts del desenvolupament eòlic i solar, especialment la petjada visual, la possible afectació al paisatge i la competència amb els usos agrícoles del sòl. Aquestes preocupacions són especialment rellevants en un territori densament poblat, amb una elevada fragmentació del sòl i una forta identificació social amb el paisatge rural.³⁴

31 Vegeu, per exemple, una nota explicativa sobre la importància dels contractes a llarg termini i la certesa de preus https://cepr.org/system/files/publication-files/182984-policy_insight_120_electricity_market_design_views_from_european_economists.pdf.

32 Vegeu Davi-Arderius, Daniel i Graf, Christoph. «Iberian Peninsula Blackout: A Trade-Off Between Operational Risk and Consumer Cost» (1 de setembre de 2025) <https://doi.org/10.2139/ssrn.5429395>.

33 Mentre que la generació de solar fotovoltaica a escala espanyola entre el 2020 i el 2024 es va triplicar (de 15.000 GWh a gairebé 45.000 GWh), a Catalunya es va passar de 380 a 420 GWh i va romandre pràcticament testimonial.

34 Per a una anàlisi de situació més detallada, vegeu Enrich, J., Reguant, M. i Serra-Sala, C. (2023). *Les renovables a Catalunya: Estudi de situació*. Barcelona: Autoritat Catalana de la Competència.

La falta de consens i acceptació social de la transició energètica a Catalunya no es limita al desplegament d'energies renovables elèctriques. També inclou el debat sobre el tancament progressiu del parc nuclear, amb una oposició territorialment concentrada però políticament rellevant, i el creixent conflicte al voltant del biometà, que reproduïx dinàmiques de rebuig local similars a les observades en altres infraestructures energètiques. En conjunt, aquests debats posen de manifest que **la transició energètica no és només un repte tecnològic, sinó un procés profundament territorial i distributiu**, en què la percepció d'equitat, governança i repartiment de costos és central per a la seva viabilitat política.

Si bé ens concentrem en el cas de les renovables en aquesta secció, la **taula 3** ofereix un resum de tensions socials que emergeixen al voltant de diferents vectors energètics i/o polítiques de transició energètica.

Taula 3. Reptes socials en la transició energètica

Vector energètic	Naturalitat del debat social	Actors opositors / favorables	Elements reguladors clau	Risc polític principal
Renovables: Eòlica i solar	Impacte paisatgístic, ús del sòl, governança local	Plataformes veïnals, sector agrari/Govern, promotors	Decrets de renovables (2021-2025), Decret llei 22/2025	Bloqueig territorial i judicialització
Tancament nuclear	Seguretat de subministrament, preus, ocupació local	Municipis nuclears, sindicats/Govern central, ecologistes	Calendari de tancament, PNIEC, fiscalitat nuclear	Reobertura del calendari i polarització
Biometà / biogàs	Olor, trànsit, escala de les plantes, model ramader	Veïns rurals, ajuntaments/sector ramader, Generalitat	Decrets ambientals, estratègies de biogàs	Rebuig local i efecte nimby rural
Eficiència energètica i subsidis	Cost, burocràcia, capacitat d'execució, desigualtat d'accés	Constructors, llars/ Administració, UE	Programes Next Generation, codis tècnics d'edificació	Infraexecució, retards i disparitat

Una resistència local persistent malgrat un suport social ampli

Posant atenció al cas de les renovables, assolir els objectius climàtics de llarg termini implica un repte territorial de gran magnitud. Segons les estimacions disponibles, arribar a una capacitat renovable de l'ordre de 62 GW l'any 2050 **requeriria destinar aproximadament un 2,5% addicional del territori català (prop de 80.000 hectàrees) a instal·lacions solars i eòliques de gran escala.**³⁵ Tot i que les polítiques públiques prioritzen la fotovoltaica en cobertes i en espais ja antropitzats, aquestes opcions només podrien cobrir fins a un 41,5% de la demanda elèctrica, fet que fa inevitable la implantació de projectes de gran escala sobre sòl rústic, cosa que ha comportat elevades tensions territorials, amb **oposició i litigació en molts projectes**.

Aquestes tensions territorials contrasten amb una actitud generalment favorable cap a les renovables en les enquestes d'opinió. Les dades de l'Òmnibus del Centre d'Estudis d'Opinió mostren que dues terceres parts de les llars catalanes consideren necessari accelerar el desplegament de renovables per combatre el canvi climàtic, fins i tot si això altera el paisatge, mentre que només una quarta part prefereix frenar-lo per preservar-lo.³⁶ Això suggereix una predisposició general cap a les renovables, especialment la solar, malgrat les preocupacions pels impactes locals. A més, el suport a reservar sòl per a projectes renovables és relativament elevat, amb una acceptació mitjana superior per a la solar que per a l'eòlica.

35 PROENCAT 2050, https://icaen.gencat.cat/web/content/10_ICAEN/17_publicacions_informes/PROENCAT/20230512_Proencat-2050_web_Acc.pdf.

36 Òmnibus de la Generalitat de Catalunya 2025-1, Centre d'Estudis d'Opinió (CEO), juny del 2025

La coexistència d'un suport social agregat relativament ampli amb una oposició local intensa suggereix una bretxa entre preferències generals i acceptació de projectes concrets o en el lloc propi.³⁷ Com destaca la literatura sobre acceptació social de les renovables, aquest patró és coherent amb dinàmiques de tipus nimby, però també amb dèficits de justícia procedimental i distributiva: manca de participació efectiva en la presa de decisions, percepció d'imposició externa i una distribució desigual dels costos i beneficis a escala local.³⁸

Autoconsum, crisi energètica i desigualtats socials

Tot i que **la solar en coberta gaudeix d'una acceptació social molt elevada**, ja que evita bona part dels conflictes territorials associats als projectes a gran escala, **l'expansió de l'autoconsum també ha posat de manifest desigualtats importants**. La inversió inicial és més accessible per a llars amb més capacitat econòmica, mentre que les llars vulnerables tenen més dificultats per participar-hi, ja sigui pel règim residencial (lloguer, agreujat pel fet de ser sovint inestable o precari) o per la manca de capacitat d'estalvi que les ajudes, lentes, no ajuden a remeiar.³⁹

La crisi de preus energètics del 2022 no va erosionar el suport social a la transició energètica, però va incrementar aquestes desigualtats. La crisi va reforçar la percepció de la necessitat de reduir la dependència energètica exterior i d'aprofitar energies que es puguin desplegar ràpidament i amb baixos costos. Aquesta conjuntura va coincidir amb un augment molt ràpid de les instal·lacions fotovoltaïques en coberta, impulsat tant pels preus elevats de l'electricitat com pels ajuts del programa Next Generation. Aquestes instal·lacions han estat rendibles a curt termini per a les llars que les han pogut integrar, que són, en mitjana, aquelles amb més ingressos.⁴⁰

En efecte, **la crisi energètica ha fet especialment visible la vulnerabilitat d'una part significativa de la població**: són precisament les llars amb ingressos més baixos les que tenen menys capacitat d'adaptació però que destinen un percentatge d'ingressos major a l'energia, de manera que és urgent dissenyar polítiques de transició que posin èmfasi a arribar efectivament a qui més ho necessita. Mentre que el consum energètic per llar del decil més baix representa tan sols un terç dels decils més alts, la despesa energètica dels decils més baixos és d'entre un 10-15 % del total del pressupost familiar, en comparació amb el menys d'un 5 % dels decils més alts.⁴¹

Les comunitats energètiques locals han emergit com una possible eina per ampliar l'accés als beneficis de la transició energètica, però el seu desenvolupament ha estat lent i condicionat per una càrrega reguladora significativa, malgrat la presència creixent de casos d'èxit en el territori, com, per exemple, a la comarca d'Osona. El nou marc regulador establert pel Decret llei 22/2025, de 28 d'octubre, hi hauria d'ajudar, si bé la interacció amb les empreses distribuïdores també sol ser un element de retard.⁴²

37 En una intervenció a l'Energètica, Jaume Morrrón destacava la necessitat de buscar experiències d'èxit a diferents països i el cas de Castelló a Catalunya (febrer, 2025). Vegeu <https://lenergetica.cat/actualitat/mar-reguant-i-jaume-morreron-destaquen-el-potencial-renovable-de-catalunya-en-una-conferencia-a-lenergetica?page=3>.

38 Ja en els inicis de la transició energètica, s'identificava la importància d'aquests components, e.g., Wüstenhagen, R.; Wolsink, M.; Bürer, M. J. (2007). «Social acceptance of renewable energy innovation: An introduction to the concept». *Energy Policy*, 35(5), 2683–2691, i Wolsink, M. (2007). «Planning of renewables schemes: Deliberative and fair decision-making on landscape issues». *Energy Policy*, 35(5), 2692–2704.

39 Tal com indica l'ICAEN, dels 99 milions en ajudes sol·licitats, uns 61 han estat atorgats, però només 16.5 pagats. Vegeu <https://icaen.gencat.cat/ca/energia/ajuts/energies-renovables/ajuts-renovables-2022/>.

40 Fins i tot amb dades municipals, la correlació entre autoconsum i renda és molt elevada. Vegeu Enrich, J.; Reguant, M.; Serra-Sala, C. (2023). *Les renovables a Catalunya: Estudi de situació*. Barcelona: Autoritat Catalana de la Competència.

41 Vegeu Enrich, J. i Reguant, M. (2023). «Efectes distributius de la transició energètica: reptes i oportunitats per a una transformació justa». *Nota d'Economia*, núm. 107.

42 El 2023, tant la Generalitat com la Comissió Nacional dels Mercats i la Competència (CNMC) van emprendre accions legals contra la distribuïdora EDistribución Redes Digitales per dificultar l'autoconsum.

Del bloqueig normatiu a una resposta orientada a l'acceptació

En l'àmbit institucional, Catalunya ha mostrat un compromís precoç i sostingut amb l'acció climàtica. La Llei de canvi climàtic del 2017 i la Declaració d'emergència climàtica del 2019 van situar el país entre els primers del sud d'Europa a adoptar objectius ambiciosos de descarbonització. Aquest consens s'ha traduït en iniciatives com, per exemple, la creació d'una empresa pública d'energia, L'Energètica, i en esforços del mateix Parlament per reduir la seva petjada de carboni.

Tanmateix, **aquest acord polític ampli no s'ha traslladat amb la mateixa claredat al desenvolupament privat de renovables**. Els intents previs d'establir una planificació territorial clara i compartida per a les renovables van fracassar al Parlament, i van reflectir la dificultat de conciliar objectius climàtics, interessos agraris i percepcions de justícia territorial.

En aquest context, **el Decret Llei 22/2025, de 28 d'octubre**, aprovat arran de l'apagada elèctrica de l'abril del 2025, representa un punt d'inflexió rellevant. Tot i que el seu objectiu principal és reforçar la resiliència del subministrament elèctric, la norma **incorpora de manera explícita elements orientats a millorar l'acceptació social del desplegament renovable**. En particular, combina la simplificació administrativa amb mecanismes per promoure la participació local en els projectes energètics, incloent-hi el paper de les comunitats energètiques i el desenvolupament de generació distribuïda i emmagatzematge.

Aquesta orientació és coherent amb l'evidència acumulada: **els projectes amb una major implicació del territori, una distribució més clara dels beneficis econòmics i processos de decisió transparents tendeixen a generar menys oposició i una acceptació més duradora**. Tot i que és aviat per avaluar l'impacte efectiu del nou decret, els primers indicis apunten a una major coordinació entre administracions, actors rurals i promotors, així com a una voluntat creixent de superar la dicotomia entre ambició climàtica i justícia territorial.



Conclusions i recomanacions

Les conclusions d'aquest informe no pretenen establir un full de ruta tancat ni prioritzar un conjunt concret de mesures a curt termini. Tanmateix, a la llum de l'evidència científica disponible, el sentit general de la transició és clar: el futur del sistema energètic haurà de ser necessàriament renovable. La dependència estructural de les importacions de recursos energètics finits, l'impacte ambiental associat a l'ús de combustibles fòssils i les conseqüències demostrades de les emissions contaminants sobre la salut, especialment en entorns urbans, fan inviable la continuïtat del model actual a mitjà i llarg termini. En aquest context, la transició progressiva cap a un sistema basat en energies renovables i en vectors energètics derivats, com els combustibles sintètics, no és tant una opció política discrecional com una evolució inexorable del sistema.

Amb l'objectiu de proporcionar un marc de debat útil, identifiquem tensions inevitables que caldrà administrar, principis que poden orientar les decisions públiques i errors recurrents que convé evitar per no encarrir ni bloquejar la transició energètica.

Tres tensions inevitables de la transició energètica

1. Electrificació *versus* límits del sistema

L'electrificació és el pilar central de la descarbonització, però el seu desplegament massiu pressiona les xarxes, exigeix emmagatzematge i requereix inversions anticipades molt elevades. Ignorar aquests límits pot generar inestabilitat operativa i costos socials creixents.

2. Ambició climàtica *versus* acceptació territorial

Els objectius de neutralitat climàtica impliquen un ús del territori sense precedents recents. Tot i el suport social agregat a les renovables, l'oposició local a projectes concrets continuarà existint si no s'aborden de manera explícita les qüestions de governança, participació i repartiment de beneficis.

3. Inversió en el futur *versus* gestió del passat

La transició implica crear nous actius, però també gestionar de manera ordenada infraestructures i capacitats productives que perdran valor. Evitar aquest debat pot generar dinàmiques regressives, conflictes territorials i costos redistributius elevats.

Tres principis per orientar les decisions públiques

1. Assumir l'electrificació amb energies renovables com a inevitable i impulsar la recerca

La legislació d'energies renovables ha de constituir el pilar del futur sistema energètic, i ha d'orientar el desplegament d'infraestructures i tecnologies cap a una integració eficient, segura i territorialment sostenible. Paral·lelament, les polítiques de recerca i innovació han de situar Catalunya en la frontera del coneixement i generar solucions avançades per a reptes de l'electrificació com l'emmagatzematge massiu, la flexibilitat del sistema i la digitalització de la demanda.

2. Integrar política energètica, industrial i territorial

La política energètica ha d'integrar-se amb la política industrial i territorial per afrontar els costos i els desequilibris associats a la transició, i aprofitar el potencial solar de Catalunya per generar ocupació, autoconsum i activitat industrial associada. En aquest marc, és essencial fomentar el *Made in Catalonia* en les noves tecnologies energètiques per reduir dependències externes i posicionar Catalunya com a líder mundial en la fabricació d'aquestes tecnologies.

3. Dissenyar regulació per a la incertesa

El sistema energètic del futur serà més variable, descentralitzat i exposat a xocs externs. El marc regulador ha de ser prou flexible per adaptar-se a canvis tecnològics i de mercat, però alhora prou estable per reduir el cost del capital i facilitar inversions a llarg termini.

Tres errors a evitar

1. Tractar la transició com un problema exclusivament tecnològic

Sense atendre les dimensions socials i distributives, així com la millora en l'ús i estalvi de l'energia, les millors solucions tècniques poden resultar políticament inviables. Un ús més racional de l'energia o una flexibilització de la demanda ajuden a disminuir la necessitat d'inversió i l'impacte en el territori.

2. Retardar decisions per evitar conflictes a curt termini

L'absència de decisions clares no elimina els conflictes, sinó que els concentra en moments futurs amb menys marge de maniobra i necessàriament costos majors.

3. Fragmentar les polítiques per vectors energètics

La separació rígida entre electricitat, gas, mobilitat i edificació dificulta la coherència del sistema i pot generar colls d'ampolla costosos.