

Valor 2030: Superació de les barreres a la utilització de matèries primeres secundàries als principals sectors industrials



SECTOR: DOCUMENT DE SÍNTESI

JUNY 2023

Índex del document

1. Introducció.....	3
2. Objectius	3
3. Metodologia	3
3.1. Anàlisi dels sectors potencialment consumidors de matèries primeres secundàries...	4
3.2. Anàlisi dels fluxos de residus que potencialment podrien esdevenir matèries primeres secundàries per a l'elaboració dels productes identificats anteriorment.....	5
3.3. Anàlisi de les tecnologies existents per al tractament dels diferents fluxos de residus identificats.....	5
3.4. Identificació de necessitats d'adaptació dels sistemes actuals de recollida i tractament.....	5
3.5. Identificació dels canvis necessaris per part de la ciutadania per maximitzar l'obtenció de matèries primeres secundàries	6
3.6. Identificació de possibles barreres per a l'aplicació de les tecnologies proposades i proposades per a la seva superació	6
4. Principals conclusions	6
4.1. Sector de producció de vidre	6
4.2. Sector d'indústria del suro	7
4.3. Sector d'indústria química	8
4.4. Sector d'indústria dels metalls.....	10
4.5. Sector del paper i cartró.....	12
4.6. Sector hotelier.....	13
4.7. Sector de la construcció	15

1. Introducció

Les activitats econòmiques de les Illes Balears no estan aprofitant tot el potencial associat a les matèries primeres secundàries. Aquest gap ve donat per dos motius:

- La baixa qualitat del material reciclat, que impedeix la introducció en els seus processos productius.
- La major competitivitat en preu de les matèries primeres verges respecte al material reciclat.

En aquest context, les noves normes de comptabilització del reciclatge dels residus (Decisions europees 2019/1004 i 2019/665; així com la Llei 7/2022 estatal), han posat de manifest, que les xifres efectives de reciclatge són més reduïdes que les considerades fins al moment. Aquest aspecte fa més necessari aconseguir la reintroducció dels materials reciclats en els cicles productius balears, per tal d'avançar cap als objectius establerts.

Però per aconseguir aquesta reintroducció, resulta necessari conèixer quines són les necessitats dels diferents sectors amb potencial vers les característiques de les matèries primeres secundàries. I, en funció d'aquestes necessitats, veure quines adaptacions caldria realitzar en els sistemes de tractament i recollida per assolir la qualitat demandada.

2. Objectius

En aquest context, l'objectiu de l'anàlisi és la redefinició dels sistemes de tractament i recollida de residus en funció de les necessitats de la indústria potencialment usuària de l'àmbit balear..

De manera més concreta, els objectius secundaris són els següents:

- Identificar les característiques demandades pels diferents sectors econòmics als materials reciclats per a la seva utilització.
- Identificar quines són les alternatives amb un millor balanç cost-benefici per a l'obtenció de materials amb la qualitat demanda pels sectors econòmics.
- Identificar en quins casos es donarien barreres de competitivitat pel preu i analitzant quins instruments econòmics es podrien adoptar per garantir la competitivitat del material reciclat.
- Realitzar propostes que permetin incrementar el valor del sistema de gestió de residus i la seva circularitat.

3. Metodologia

La metodologia dels treballs s'ha fonamentat en les següents fases:

- Anàlisi dels sectors potencialment consumidors de matèries primeres secundàries.
- Anàlisi dels fluxos de residus que potencialment podrien esdevenir matèries primeres secundàries per a l'elaboració dels productes identificats.

- Anàlisi de les tecnologies existents per al tractament dels diferents fluxos de residus identificats.
- Identificació de necessitats d'adaptació dels sistemes actuals de recollida i tractament.
- Identificació dels canvis necessaris per part de la ciutadania per maximitzar l'obtenció de matèries primeres secundàries.
- Identificació de possibles barreres per a l'aplicació de les tecnologies proposades i propostes per a la seva superació.

Així mateix, cal destacar que s'ha realitzat un informe específic per a cadascun dels sectors analitzats. Addicionalment, en el present document, es presenten les principals conclusions comunes.

3.1. Anàlisi dels sectors potencialment consumidors de matèries primeres secundàries

- Proposta de sectors econòmics potencialment consumidors de matèries primeres secundàries.

En aquest sentit, es va acordar l'anàlisi dels següents sectors, per al seu interès en matèria d'aprofitament o consum de matèries primeres secundàries: **producció de vidre, producció de suro, indústria química, indústria dels metalls, indústria del paper i cartró, indústria de producció de vehicles, sector hotelier i sector de la construcció.**

- Caracterització dels sectors econòmics potencialment consumidors de matèries primeres secundàries a les Illes Balears (volum de negoci, nombre d'empreses, nombre de treballadors, característiques del teixit, etc.). La caracterització a partir de la informació publicada per la Direcció General de Política Industrial del Govern de les Illes Balears, complementant aquesta informació amb la procedent d'altres organismes públics, com per exemple l'IBESTAT, i els informes anuals publicats per les patronals, clústers i gremis de cada sector a analitzar.
- Anàlisi de les estadístiques de residus del Govern Balear i dels Consells Insulars, per tal d'estimar el grau d'utilització actual de matèries primeres secundàries a cada sector.
- Entrevista amb responsables d'empreses i associacions sectorials de cada sector per tal de determinar els següents aspectes:
 - Contrast de les dades d'utilització actual de matèries primeres secundàries obtingudes de les estadístiques.
 - Identificació del potencial d'utilització de matèries primeres secundàries i estimació del GAP existent respecte a la situació actual.
 - Identificació de les necessitats que presenten els productes elaborats de cada sector vers la utilització de matèries primeres secundàries (composició, quantitats anuals, garantia de subministrament, etc.).

3.2. Anàlisi dels fluxos de residus que potencialment podrien esdevenir matèries primeres secundàries per a l'elaboració dels productes identificats anteriorment

- Identificació, a partir dels resultats previs de les principals matèries primeres utilitzades per cada sector econòmic.
- Anàlisi de la presència de cadascuna de les matèries primeres identificades en els diferents fluxos de residus generats a les Illes Balears.
- Quantificació, a partir de l'anàlisi de les estadístiques analitzades, de cadascun dels fluxos de residus amb potencial per a l'obtenció de les matèries primeres identificades.
- Caracterització, a partir de l'anàlisi de les estadístiques analitzades, de la destinació actual d'aquests residus.
- Anàlisi, per a cadascuna de les cadenes de gestió identificades per a cada residu del seu balanç de masses i econòmic.
- Anàlisi de les principals característiques dels productes actualment obtinguts del reciclatge (composició, format, quantitats), i del seu grau d'adequació a les necessitats manifestades pels diferents sectors industrials definits.

3.3. Anàlisi de les tecnologies existents per al tractament dels diferents fluxos de residus identificats

- Benchmark, per a cadascun dels fluxos de residus identificats de les tecnologies existents per al seu tractament. El benchmark es realitzarà a través de recerca bibliogràfica i consulta a diferents tecnòlegs.
- Caracterització de les tecnologies identificades per a cada residu a través de contacte amb els seus principals proveïdors.
- Comparativa entre les característiques dels productes obtinguts amb cada tecnologia i les característiques requerides pels diferents processos productius.
- A partir dels resultats de les activitats anteriors, proposta de la tecnologia més adequada per al tractament de cada residu, en base al grau d'adequació dels productes obtinguts per cada tecnologia a les necessitats dels sectors industrials i al balanç de costos de cada alternativa tecnològica.

3.4. Identificació de necessitats d'adaptació dels sistemes actuals de recollida i tractament

- Identificació per a cadascuna de les tecnologies seleccionades a la fase 3.3. d'aquelles adaptacions que s'haurien de produir en els sistemes actuals de tractament i recollida per tal de garantir l'obtenció de fluxos de residus adequats a les característiques demandades de cada tecnologia de reciclatge.
- Estimació dels costos que suposarien les adaptacions identificades a partir dels paràmetres unitaris de cost (per exemple, noves recollides, contenidors o freqüències

en el cas de recollida, o noves línies de selecció en el cas de les instal·lacions de tractament).

3.5. Identificació dels canvis necessaris per part de la ciutadania per maximitzar l'obtenció de matèries primeres secundàries

- Identificació, a partir de les característiques sol·licitades per les tecnologies de reciclatge seleccionades i de les necessitats d'adaptació dels sistemes de recollida identificades, d'aquells canvis que serien necessaris per part de la ciutadania per tal d'incrementar l'obtenció de primeres matèries secundàries de qualitat (canvis en la forma d'aportació, major participació en les selectives, incorporació de noves recollides, etc.).
- Anàlisi, per a cadascun dels canvis identificats, d'aquelles ones que es podrien fer servir per a fomentar els canvis per part de la ciutadania: campanyes, incentius econòmics, altres tipus d'incentius, introducció d'arguments de circularitat en els missatges relatius a les recollides selectives, etc.
- Proposta, per a cadascuna dels canvis necessaris per part de la ciutadania, d'aquells instruments més adients (amb millor balanç cost benefici) per al foment del canvi d'entre els analitzats.

3.6. Identificació de possibles barreres per a l'aplicació de les tecnologies proposades i proposades per a la seva superació

- Identificació, a partir dels resultats de les fases anteriors, de les barreres que poden impedir la implantació de les tecnologies proposades i, per tant un increment del grau d'utilització de matèries primeres secundàries.
- Identificació per a cada una de les barreres identificades d'aquelles mesures que es podrien dur a terme per a la seva superació.

Tal com s'ha apuntat prèviament, els resultats de cada fase es poden consultar, de manera específica per a cadascun dels sectors analitzats, als seus documents.

4. Principals conclusions

Les principals conclusions de l'anàlisi dels sectors potencialment consumidors de matèries primeres secundàries són les següents.

4.1. Sector de producció de vidre

Les principals conclusions corresponents al sector de producció de vidre són les següents:

- Per les seves característiques, el vidre es conforma com un dels pocs materials que pot operar de manera indefinida en un **sistema de circuit tancat, evitant així l'extracció de noves matèries primeres** i l'esgotament consegüent de recursos naturals. Així mateix, també contribueix a un estalvi energètic, atès que la temperatura de fusió del vidre triturat és inferior a la de la matèria primera original.

- A més, l'ús de calcí per fabricar nous envasos redueix en un 53% les emissions de diòxid de carboni davant l'ús de primeres matèries i redueix en un 38% el consum d'energia, segons Ecovidrio.
- Si bé el sector podria, des d'un punt de vista tècnic, absorbir vidre reciclat procedent d'altres fonts residuals, com el vidre d'envasos postconsum, el sector no es planteja aquesta via a causa dels **requeriments tècnics més grans des del punt de vista de característiques físiques del producte** (resistència, durabilitat, etc.).
- La introducció de mesures operatives vinculades a l'ecodisseny i a l'optimització del procés productiu de fabricació d'envasos de vidre permeten la reducció tant en el consum energètic i de primeres matèries com en el consum de matèries auxiliars per tona de vidre fos. En aquest sentit, **les ampolles de vidre d'avui són 30% més lleugeres que fa dues dècades**, mantenint-ne la qualitat i la resistència.
- Segons dades d'Ecovidrio i del Ministeri per a la Transició Ecològica, s'estima que **la taxa de reciclatge d'envasos de vidre va assolir el 76,8% l'any 2018**. Aquesta taxa únicament representa els envasos de vidre domèstics i d'hostaleria. no es tenen dades exactes sobre la recollida de vidre pla. En aquest sentit, el sector HORECA és el generador de residus més gran d'envasos de vidre d'un sol ús, generant el 52% del total recollit. Per al sector, el potencial més gran de creixement a curt termini continua sent en l'àmbit municipal i confien que s'assoleixin taxes de recollida més grans en els propers anys.
- Els **nivells de substitució de matèries primeres per casc de vidre (o calcí) per a la producció d'envasos de vidre es va situar al 44% el 2019**. D'aquesta manera, per cada tona de vidre recicla, s'evita l'emissió d'uns 580 kg de diòxid de carboni, reduint l'emissió de contaminants atmosfèrics en un 20% i la contaminació de l'aigua en un 50%.
- L'ús de casc de vidre (o calcí) en la producció d'altres vidres **es va situar el 2019 al 29%, arribant a les 46.846 tones de producte reciclat utilitzat**. Per la seva banda, per a la fabricació de vidre pla, la incorporació de vidre reciclat es va situar al 32%.

4.2. Sector d'indústria del suro

Les principals conclusions corresponents a la indústria del suro són les següents:

- El procés de fabricació de productes de suro natural es pot **dividir en dues etapes**: la primera, duta a terme per la indústria preparadora, s'encarrega del tractament i selecció de les planxes de suro que reuneixen unes qualitats específiques perquè la segona, la indústria transformadora, produeixi taps duna peça i discos. Cal destacar que el suro destinat a la fabricació de productes de suro natural és el que s'obté després del tercer destell de la surera (suro de reproducció).
- A la indústria del suro natural, **ja es té interioritzat l'aprofitament de residus i subproductes**, especialment per al seu aprofitament en l'elaboració de productes de suro granulat. En són exemples els següents:
 - Les planxes de suro no aptes per a la indústria de suro natural, amb imperfeccions, fusta o estructura irregular, anomenades refug, són considerades com a subproducte i són derivades directament a la indústria de granulats i aglomerats de suro.

- Els taps i discos defectuosos, així com els retalls del picat i laminat de les planxes de suro, són considerats com a **subproducte** i són derivats directament a la indústria de granulats i aglomerats.
- Altre exemple de valorització en el sector és **l'ús de la pols de suro**, que pot ser considerada com a subproducte i ser reutilitzada per la indústria del suro (com en el cas dels taps copsats) o altres indústries. El seu ús principal, a més de la producció de taps copsats, es divideix en:
 - **Producció d'energia a la pròpia indústria.**
 - **Compost.**
 - **Sòl per a estables.**

Tot i això, s'estima que entre un 5% i un 10% d'aquest residu acaba a l'abocador.

- Per altra banda, el sector de la fabricació de granulats de suro per a usos no alimentaris **podria absorbir els taps postconsum de vins, caves o residus de suro procedents de la indústria i construcció**. Tot i això, actualment no existeix un sistema de recollida de suro domèstic ni industrial orientat al seu reciclatge i revaloració a Espanya.
- La **manca d'una estructura per a la reutilització i el reciclatge de suro dificulta el reaprofitament d'aquesta matèria primera secundària per la indústria**, malgrat que es generi en grans quantitats al nostre país (principalment pels taps utilitzats pel consum de vins i caves).
- Per poder reutilitzar el suro d'ampolles de vi usades, **aquest hauria de passar per un procés de neteja i desinfecció**, en haver estat en contacte amb productes alimentaris. Així mateix, probablement el tap s'hauria de regranular per poder tornar a ser usat.

En aquest sentit, el seu reaprofitament es troba amb diverses problemàtiques:

- Els materials i objectes destinats a entrar en contacte amb aliments estaran fabricats conforme a bones pràctiques de fabricació perquè, en les condicions previsibles d'ocupació, no transfereixin els components als aliments en quantitats que puguin representar un perill per a la salut humana, o provocar modificacions inacceptables de la composició dels aliments, o provocar-ne alteracions de les característiques organolèptiques. Per això, caldria remetre la corresponent sol·licitud a l'autoritat competent a través dels punts Nacionals de Contacte, a fi de fer-la arribar a l'Autoritat Europea de Seguretat Alimentària (EFSA) perquè avalui la seguretat de la substància en qüestió i emeti un dictamen que seria considerat per la Comissió Europea per prendre una decisió.
- L'obtenció de matèria primera per al granulat de suro és molt barata (0,2 - 0,4 €/kg el preu del suro directament tret de l'arbre no apte per a taps naturals).

4.3. Sector d'indústria química

Les principals conclusions corresponents a la indústria química són les següents:

- La indústria química orgànica abasta pràcticament la totalitat dels compostos del carboni, generalment hidrocarburs amb diferents grups funcionals. Les primeres matèries primeres de les quals depèn la producció d'hidrocarburs són el petroli i el gas natural. Amb elles s'obtenen una àmplia varietat de productes intermedis entre els quals destaquen: els combustibles, les matèries primeres petroquímiques (com les matèries primeres plàstiques o per a la producció de cautxú i làtex) i altres productes orgànics derivats de la refinaria com els olis o lubricants.
- A partir del petroli i el gas natural es generen combustibles i un ampli ventall de productes del dia a dia (envasos, pneumàtics, pigments...). Tot i això, les reserves de les dues matèries primeres són limitades. Per això, s'estan fent grans esforços per trobar matèries primeres alternatives com **la biomassa agrícola, la biomassa cel·lulòsica, els olis recuperats de la indústria, els pneumàtics retirats del mercat** i altres productes generats a la pròpia indústria que poden ser valoritzats com a matèries primeres secundàries al final del seu cicle de vida.
- Els biocombustibles produïts a partir de cultius agrícoles rics en sucres o lípids es coneixen com a combustibles de primera generació. Tot i que permeten reduir la dependència de recursos fòssils generen problemes de competència per l'ús de la terra (desplaçament de cultius alimentaris).

Per això sorgeixen els biocombustibles de **segona generació** (o combustibles avançats) que es fabriquen a partir de **biomassa residual** com a biomassa llenyosa (lignocel·lulòsica) o residus sòlids urbans i agrícoles.

- La **biomassa rica en lípids** es pot introduir a les refineries i co-processar a les unitats d'hidrotractament o craqueig catalític ja existents. Aquestes matèries olioses poden provenir de fluxos residuals domèstics, com l'oli de cuina usat, o de la indústria agroalimentària, com els residus de la destil·lació i el refinat d'olis vegetals.
- Una altra **fracció que cal considerar en la producció alternativa de matèries primeres petroquímiques és la fracció resta dels residus sòlids urbans**. En aquest marc de treball, Repsol, Enkern i Agbar planegen la posada en marxa per al 2025 d'una Ecoplanta per transformar aquests residus en productes químics d'interès com el metanol. La naturalesa d'aquests residus és molt heterogènia, per la qual cosa la seva incorporació a la indústria requereix pretractaments com la gasificació (similar a la biomassa forestal).
- Això no obstant, cal considerar els costos d'aquests combustibles alternatius. Així, segons l'informe Visió 2050 de Fuels Europe del 2018, fabricar amoníac, metanol, olefines i aromàtics a partir de la biomassa suposa un increment del cost de producció entre **dues i cinc vegades superior en comparació a les matèries primeres petroquímiques convencionals**. Per tant, la viabilitat econòmica de la incorporació de primeres matèries secundàries al sector es veu limitada per la necessitat d'optimitzar els processos disponibles.
- Cal tenir en compte, per altra banda, que a les refineries es porten a terme diverses operacions que serveixen per aprofitar fluxos que a priori eren residuals. En són un exemple les següents:

- Addició de residus ceris generats a la neteja dels tancs d'emmagatzematge a la fracció residual atmosfèrica amb l'objectiu que siguin aprofitats com a combustible no lligat al transport i per fabricar asfalt i/o olis lubricants.
- Valorització de fluxos residuals de la refineria a les reaccions de craqueig. Per exemple, el residu pesat generat a la columna de destil·lació al buit es pot utilitzar per obtenir fueloil sempre que es **redueixi la seva viscositat** prèviament. Per això, el residu pot tractar-se tèrmicament en unitats de **craqueig**. En condicions relativament suaus de temperatura, entre el 10-15% del residu es trenca en fraccions més lleugeres, reduint-se la viscositat.
- Aprofitament del coc de petroli (subproducte del procés de coquitxació de la refineria) per generar calor, en indústries com la cimentera, o en la indústria de metalls per produir ànodes o acer.
- En qualsevol cas, a les refineries, **la generació de residus és relativament petita en comparació a la quantitat de matèries primeres que processa**. Els principals residus són els fangs provinents del tractament de les aigües residuals, els fangs oliosos que queden als tancs, residus químics (com catalitzadors rebutjats, reactius i mitjans de reacció) i cendres de l'incinerador.
- Els **residus generats per la indústria química i els seus productes es caracteritzen per ser majoritàriament catalogats com a residus peril·losos**. A més, pràcticament la totalitat dels residus de la indústria química de base es generen a l'àmbit industrial.

4.4. Sector d'indústria dels metalls

Les principals conclusions corresponents a la indústria dels metalls són les següents:

Ferro i acer

- L'obtenció primària de ferro i acer es desenvolupa a **les plantes de siderúrgia integral**, en les quals es produeix acer a partir del mineral de ferro, que està formada per òxids de ferro, entre altres compostos. En aquestes plantes ja existeixen actualment una sèrie de processos d'aprofitament de residus:
 - A més de lingot d'alt forn, al forn alt es generen unes escòries que contenen les impureses separades durant el procés, que se separen del lingot d'alt forn per diferència de densitat. Aquestes escòries, després d'un procés de refredament que en determina les característiques, **poden ser valoritzades materialment en altres sectors industrials, com el de la fabricació del ciment**.
 - La **pols obtinguda de la depuració dels gasos generats al forn alt pot ser reaprofitada com a matèria primera en la sinterització del mineral de ferro**, reduint la generació de residus del procés d'obtenció d'enrenou.
- Així mateix, **els residus d'acer al final de la seva vida útil es poden reciclar mitjançant processos siderúrgics en plantes no integrals** (també anomenades de ruta elèctrica). Aquest procés de reciclatge es duu a terme mitjançant dues etapes: la fosa de la ferralla d'acer en forns d'arc elèctric, i l'afinament i l'addició de ferroal·liatges a la metal·lúrgia

secundària. Per cada tona d'acer reciclat, s'estalvia una tona i mitja de mineral de ferro i uns 500 kg del carbó que es fa servir per fer coc. A més, s'estalvia un 70% en energia i un 40% en el consum d'aigua.

- Les **escòries negres i blanques generades durant la fabricació per la ruta elèctrica es poden valoritzar materialment en altres indústries**, com per exemple per a la fabricació de ciment.
- A més de l'ús de residus d'acer en substitució del mineral de ferro, hi ha algunes **experiències de substitució d'altres matèries primeres diferents del mineral de ferro (com són agents reductors o additius) per residus: és el cas, per exemple, dels residus plàstics**, per als quals en cas de presentar limitacions tècniques per al reciclatge per vies convencionals el procés siderúrgic pot representar una opció viable per al seu tractament.
- Gràcies a les propietats magnètiques del material, **les ferrades d'acer són relativament senzilles de recuperar gràcies a sistemes de separació equipats amb imants**.

Alumini

- L'alumini es fabrica i es recicla mitjançant dues rutes que són complementàries. A la primera, el procés de producció parteix del mineral d'alumini com a matèria primera (donant lloc a l'alumini primari), i a la segona es parteix de residus d'alumini al final de la seva vida útil com a matèries primeres per al procés de producció (donant lloc a l'alumini secundari).
- El reciclatge d'alumini té com a principal avantatge el seu **estalvi energètic, que de manera general s'estima en un 5% del requerit per a la producció d'alumini primari**. A més, el seu reciclatge permet evitar l'extracció de matèries primeres com la bauxita, i per tant és un alumini produït amb menor impacte ambiental.
- **Les escòries salines obtingudes de la fosa d'alumini amb sals fundents es poden sotmetre a un procés de valorització material**, del qual, per cada tona d'escòria valoritzada, es recuperen 50 kg d'alumini metàl·lic (que s'enviarà de nou a fosa), 450 kg de sals fundents (que podran ser reutilitzada de nou com a fundent) i 500 kg d'òxids d'alumini (producte comercialitzat com a PAVAL a Espanya, que es poden valoritzar materialment a la indústria cimentera, entre d'altres).
- Un dels principals reptes identificats pel sector del reciclatge de l'alumini és el de **la creixent complexitat dels productes finals** (en quant a ús d'un nombre més gran de metalls), que es tradueix en unes pitjors qualitats de la ferralla. Això suposa un repte per als processos de separació de l'alumini per flotació, no sempre eficaços a l'hora de separar determinats metalls, i fa necessària una transició cap als mètodes de separació basats en sensors, així com una implementació més gran dels principis de l'ecodisseny entre els fabricants.

Coure

- La producció de coure primari pot aconseguir-se a partir de dos mètodes diferenciats, que permeten augmentar la concentració de coure del 0,2% mínim observada als minerals extrets als jaciments miners al 99,99% necessari per a les seves aplicacions industrials.

- De la fosa del concentrat de coure (per a la qual s'utilitza sílice com a material fundent) **se n'obté una escòria, de la qual alhora s'obtenen silicats de ferro, que tenen aplicacions en altres indústries, com la cimentera.**
- La creixent ocupació de coure en una **gran varietat de productes farà que els propers anys s'incrementi la disponibilitat de quantitat de ferralla de coure procedents de productes al final de la seva vida útil.**
- Des del sector es reclama la **relaxació de les barreres al mercat intern europeu per al reciclatge de residus**, principalment pel que fa al transport de residus entre Estats Membres, per poder equilibrar l'oferta i demanda de residus per a reciclatge. En aquest sentit, i malgrat requerir de la importació de ferralla de fora de la UE per a la producció de coure secundari al seu territori, la UE és una exportadora neta de ferralla de coure, principalment a tercers països amb normatives ambientals més laxes.
- La creixent importància relativa de les ferrades de coure procedents de productes al final de la seva vida útil (amb una barreja més gran de materials) suposarà **nous reptes en la separació del coure per al seu reciclatge, en requerir tècniques més complexes i costoses.**
- Un altre repte identificat pel sector és el de la **creixent complexitat i miniaturització dels productes, que incideixen en una dificultat més gran a l'hora de processar-los com a residus i separar correctament el coure de la resta de components.** Un exemple d'aquesta tendència s'observa en els aparells electrònics petits, per als quals les tècniques de fragmentació i separació no són vàlides per a la recuperació de coure, i per això requereix la seva incineració i recuperació de material de les cendres. Per pal·liar els efectes d'aquesta tendència, s'està incidint en la incorporació de mesures d'ecodisseny als productes, millorant la separabilitat dels components.
- La capacitat del sector del reciclatge del coure d'obtenir coure pur a partir de ferrades de diferents qualitats **suposa un desincentiu per a la innovació** en sistemes de separació, en comparació amb altres metalls com el ferro o l'alumini on l'obtenció del metall pur a partir de ferralla és més difícil.

4.5. Sector del paper i cartró

Les principals conclusions corresponents al sector de producció de paper i cartró són les següents:

- El procés de producció es divideix en dos estadis, la **producció de polpa** (també anomenada pasta o cel·lulosa) i la **pròpia producció de paper**. Les fibres de cel·lulosa emprades en la fabricació de polpa poden procedir tant de la fusta d'origen forestal i d'altres plantes, com del reciclatge de paper i cartró.
- Si bé el sector podria, des d'un punt de vista tècnic, absorbir cel·lulosa procedent d'altres fonts residuals, com els tèxtils, **el sector no es planteja aquesta via pel cost més alt en comparació a la seva obtenció a partir de paper reciclat.**
- Aspapel estima que el 2019 es va recollir de forma selectiva tant de l'àmbit municipal com industrial un **64,3% de les quantitats de paper i cartró consumides** (cal considerar que una part del consum no es genera com a residu el mateix any, com és el cas dels llibres). En aquest sentit, el sector considera que **el potencial més gran de creixement a**

curt termini es troba en l'àmbit municipal. Sobre això, cal considerar que els residus generats a l'àmbit comercial concentren la generació a l'àmbit municipal (a Catalunya suposen més d'un 70% de la generació en aquest àmbit).

- S'espera que amb l'increment del comerç electrònic i les noves tendències d'envasament s'incrementin les quantitats consumides i valoritzables. Des del sector es considera que probablement **caldrà adaptar els sistemes de recollida**, per fer front a un flux més gran i amb una densitat en contenidor més baixa (per la major presència d'embalatges de l'e-commerce), per evitar desbordes i pèrdua de material.
- La **sostracció de paper i cartró dels contenidors municipals està lligada a l'evolució dels preus internacionals d'aquests materials**, així, quan els preus són elevats, les subtraccions s'incrementen. Si bé aquest residu robat acabat sent valoritzat, aquesta valorització pot no estar produint-se d'acord amb els requisits mínims aplicables, de vegades fora de les fronteres espanyoles, així mateix, aquestes quantitats deixen de comptabilitzar-se com a reciclades. Per tal d'evitar aquestes situacions, tant Ecoembes com Aspapel han promogut el desenvolupament i la implantació de contenidors amb sistemes antifurt en els darrers anys.
- De la mateixa manera, les fluctuacions dels preus internacionals del paper recuperat també poden comportar, quan tendeixen a la baixa, tal com va passar el 2019, que els ingressos derivats del material no permetin compensar els costos de recollida i condicionament del material.
- En els darrers anys **s'ha incrementat el nivell d'impropis present a la recollida monomaterial municipal de paper o cartró** (principalment residus plàstics, matèria orgànica i residus tèxtils). Fa 10 anys el nivell d'impropis era d'un 3% en pes de mitjana, mentre que actualment els nivells mitjans es troben al 10%.
- **Per tal de pal·liar aquest aspecte, des d'Ecoembes i Aspapel s'està impulsant la inclusió de criteris de qualitat en els convenis que regulen la compensació als ajuntaments per tona recollida.** Així mateix, alguns Ajuntaments estan abordant plans de qualitat en la matèria i en algun cas s'ha manifestat la voluntat d'incloure aquests aspectes a les licitacions dels seus serveis de recollida.
- El desenvolupament de noves alternatives d'envasament de paper i cartró per a solucions alimentàries s'està orientant en molts casos a la **barreja de capes de cartró amb capes d'altres materials** (aluminitzats, plàstic) o al desenvolupament d'envasos amb cartrons amb més additius. Sobretot en el primer cas, les instal·lacions no estan preparades per a la gestió d'aquesta tipologia d'envasos multimaterial, **cosa que n'impedeix el reciclatge**, per la qual cosa caldrà desenvolupar i implantar sistemes que permetin la recuperació d'aquesta tipologia d'envasament a l'alça.

4.6. Sector hotelier

Les principals conclusions corresponents al sector hotelier són les següents:

- La **manca de sensibilització en matèria de sostenibilitat als establiments hotelers, la baixa traçabilitat del flux de material reutilitzable descartat per aquest sector, i**

l'absència de serveis gratuïts de recollida i gestió d'aquests residus, així com d'un pla de circularitat als hotels, són alguns dels factors que dificulten l'impuls de la utilització de matèries primeres secundàries al sector hotel·ler.

- En relació a la circularitat de residu alimentari a establiments hotelers:
 - El residu alimentari és un concepte definit a la Llei 7/2022 de residus, procedent de la Directiva Marc de Residus, i és tot aliment que s'ha convertit en residu, sent “residu” qualsevol substància o objecte del qual el seu posseïdor es desprengui o tingui la intenció o l'obligació de desprendre's.
 - A Espanya **es van desaprofitar 1.248,88 milions de kg l'any 2021, cosa que correspon al 3,8% del total d'aliments i begudes comprats.**
 - La **implementació del compostatge a petita o mitjana escala en hotels pot presentar dificultats tècniques i econòmiques**, requerint alternatives comercials per l'auto compostatge més viables.
- En relació a la circularitat de residu plàstic a establiments hotelers:
 - Una **alternativa per a la prevenció de residus plàstics d'envasos és la reutilització d'envasos de productes de neteja o la compra d'aquests a granel**, una mesura que s'està treballant en alguns elements, com el gel i xampú subministrats als clients, tot i que menys en altres productes, com els de neteja.
 - Per altra banda, **la principal barrera en la utilització de plàstic reciclat als envasos dels productes químics de neteja i manteniment és la compatibilitat química o stress cracking de l'envàs.**
- En relació a la minimització de residus tèxtils:
 - La principal barrera del reciclatge de tèxtils és el **model actual de la indústria tèxtil basat en la linealitat**, per la qual cosa tots els materials tèxtils generats i rebutjats pel consumidor, en la majoria dels casos, no són recollits de forma selectiva per ser reutilitzats, reciclats o recuperats, sinó que són portats a tractament finalista (abocador o incineració).
 - Això no obstant, **la Llei 7/2022 estableix objectius de preparació per a la reutilització reciclat i valorització de residus municipals per al 2025, 2030 i 2035 del 55%, 60% i del 65% en pes** respectivament, corresponent la preparació per a la reutilització, fonamentalment de residus tèxtils, residus d'aparells elèctrics i electrònics, mobles i altres residus susceptibles de ser preparats per reutilitzar-los almenys d'un 5%, un 10% i un 15% en pes, respectivament, respecte al total.
- En relació a la gestió del parament:
 - Actualment, a Espanya, **no existeix un sistema de recollida selectiva i procés de reciclatge per a la ceràmica o porcellana** procedent de residus municipals, de manera que aquests residus són recollits al contenidor gris (fracció resta) o al punt verd i, després de ser triturats, són dipositats en abocadors controlats.
- En relació a la circularitat de mobles i altres accessoris:
 - **La Llei 7/2022, de 8 d'abril, de residus i sòls contaminats per a una economia circular estableix l'obligatòria recollida separada dels residus voluminosos**, ja siguin d'origen municipal o comercial, per valorar-los abans del 31 de desembre de 2024, establint-se també un règim de responsabilitat ampliada del productor per a aquests en el termini dels propers tres anys.
 - Una iniciativa que s'està obrint pas al sector hotel·ler és el **pagament per ús, subscripció per lloguer o rènting de mobiliari**, un dels seus principals

avantatges és la reutilització de mobiliari per a diferents hotels i la reducció en la generació d'aquests residus.

- En relació a la circularitat dels equips elèctrics i electrònics:
 - **Tot i que els RAEE representen el flux de residus de la UE de creixement més ràpid, amb taxes de creixement anuals del 2%, la taxa de recollida selectiva europea no arriba al 50% i es reciclen menys del 40%.**
 - A més de la insuficient recollida selectiva dels RAEE, entre les principals barreres per a la seva reutilització i reciclatge destaca el **ràpid canvi de tecnologies i de disseny, la composició dels productes (ex. substàncies perilloses), el disseny del producte que dificulta o impossibilita la seva reparació/reutilització, i l'obsolescència programada d'aquests.**

4.7. Sector de la construcció

Les principals conclusions corresponents al sector de la construcció:

- Per aconseguir incrementar tant les taxes com la qualitat de la reutilització i el reciclatge dels residus de la construcció i demolició cal fer front a les barreres següents:
 - **La superació de preus poc competitius:** en alguns casos el preu de materials verges és menor que el de materials reciclats, així com la disposició dels residus en abocador té un cost inferior a la preparació per a la reutilització, reciclatge o valorització.
 - **La manca de confiança en la qualitat dels materials secundaris:** es tendeix a utilitzar materials la qualitat dels quals està assegurada a través de sistemes de garantia i estàndards.
 - **La manca d'informació sobre la composició dels materials** utilitzats als edificis existents.
 - **La baixa qualitat dels residus de la construcció i demolició:** actualment la majoria dels fluxos de materials que sorgeixen dels treballs de demolició i renovació no són aptes per a la reutilització o el reciclatge.
 - **La demora entre la implementació d'accions en nous edificis i el seu efecte en la gestió de residus diverses dècades després.**
- El 2021, cada espanyol va consumir uns 2.890 kg anuals d'àrids, és a dir uns 7,9 kg diaris.
- **Hi ha una escassetat de residu mineral per cobrir la demanda total d'àrids destinats a la construcció.** Encara que es reciclessin el total de residus minerals procedents de les activitats de construcció i demolició produïts a Espanya (13.434.566 t el 2020)¹, únicament es cobriria un 10,8% de la demanda total d'àrids naturals (123,6 Mt a 2020).
- Encara que la major part de l'acer utilitzat en el sector de la construcció prové d'acer reciclat, **hi ha una insuficiència de ferralla disponible per aconseguir que la totalitat de l'acer consumit a la construcció procedeixi únicament de ferralla.** Això es deu principalment al fet que la majoria dels béns de consum que contenen acer estan concebuts per durar llargs períodes de temps, fet que produeix una insuficiència de ferralla disponible per satisfer la producció de nous productes que contenen acer i, a més, el consum de aquest acer reciclat està molt diversificat entre diferents sectors de producció.

- Fins a l'1 de juliol del 2022 la recollida separada dels residus ceràmics procedents de les activitats de la construcció i demolició no era obligatòria. **Per tant, malgrat que hi ha processos de reciclatge de residus ceràmics, actualment, aquests s'apliquen principalment als residus ceràmics interns resultants del procés de fabricació de productes ceràmics i, es considera que aquestes tècniques encara no estan àmpliament esteses a la fracció ceràmica dels RCD.**
- Un dels principals problemes del reciclatge de productes ceràmics com taulells i rajoles procedents dels residus de la construcció i demolició és la dificultat de separar la ceràmica dels productes d'adhesió com són el ciment i el morter.
- La principal **limitació** de la valorització material dels residus de fusta procedents de les activitats de construcció i demolició és que, exceptuant la fusta procedent de palets o embalatges i de restes d'arbres, la majoria (ex. mobles fora d'ús, encofrats, travesses i pals), **contenen substàncies perilloses** com a resultat del seu tractament previ i, per tant, no són aptes per a la valorització material.
- **Implementar la correcta separació in situ de la fracció plàstica dels residus de la construcció i demolició és un aspecte fonamental per aconseguir la circularitat del cicle de vida d'aquest producte al sector de la construcció.**

4.8. Sector de la fabricació de vehicles

Les principals conclusions corresponents al sector de la fabricació de vehicles:

- La carrosseria d'un vehicle mitjà té un 65% d'acer, un 13% d'alumini, un 6% de plàstic i compostos polimèrics, i la resta es compon d'altres materials com ara vidre, adhesius, segelladors i escuma. Per la seva banda, els components del tren motriu són al voltant del 58% de ferro i acer, el 29% d'alumini, el 8% de plàstic i cautxú i la resta d'altres materials. Els motors són majoritàriament d'alumini.
- Segons la nova normativa europea, a partir del **2021** les emissions dels turismes nous **no han de superar els 95 g CO₂/km**, reduint-se aquest valor en un 15% més per al 2025 i en un 37,5% per al 2030.
- En base al Reial decret 265/2021, de 13 d'abril, sobre els vehicles al final de la seva vida útil, els agents econòmics han de complir els següents objectius de preparació per a la reutilització, reciclatge i valorització:
 - el percentatge total de preparació per a la **reutilització i la valorització** serà almenys del **95% del pes mitjà per automòbil i any**, i
 - el percentatge total de preparació per a la **reutilització i el reciclatge** serà almenys del **85% del pes mitjà per automòbil i any**.
- En aquest sentit, a Espanya es donen de baixa al voltant de 700.000 unitats dels automòbils inclosos al Reial decret 265/2021, de 13 d'abril, sobre els vehicles al final de la seva vida útil, (turismes, tot terrenys i vehicles comercials lleugers). Així mateix, d'acord amb dades de SIGRAUTO, el 2018, a Espanya es van recuperar el 92,6% del total de VFU. En base a aquestes dades, **s'estima que l'any 2018 a Espanya es van reciclar 583.380 tones d'acer provinents dels vehicles fora d'ús.**
- Tot i que el sector automotriu té capacitat per utilitzar més acer reciclat, la **barrera principal** és la manca d'oferta d'aquest material, en particular, de l'acer de qualitats superiors a l'acer convencional.

- Les **barreres principals** per incrementar l'ús d'alumini reciclat en la producció de vehicles són:
 - Aconseguir un alt grau de puresa a l'alumini secundari, superant el repte de la correcta separació dels diferents aliatges d'alumini, degut a la gran complexitat dels productes finals.
 - La manca de ferralla d'alumini, i la demanda és superior a l'oferta.
- Hi ha una **escassetat de disponibilitat de plàstic reciclat per a la producció de vehicles** pel fet que la majoria d'aquest es destina a altres sectors de producció (construcció i edificació o envasos i embalatges), i que les taxes de reciclatge de plàstic provinent de certs sectors, com l'automobilístic, encara són baixes en comparació amb les taxes de reciclatge d'altres sectors com els d'envasos i embalatges.
- La **principal barrera** per a la utilització de cautxú reciclat en la fabricació de nous pneumàtics és que, actualment, no és possible recuperar la formulació original del cautxú provinent de NFU i, per tant, la qualitat del cautxú reciclat no compleix amb els requisits especificats (ex. de qualitat i seguretat) per a la fabricació de nous pneumàtics.

Institut  Cerdà

Valor 2030: Superació de les barreres a la utilització de matèries primeres secundàries als principals sectors industrials



SECTOR: PRODUCCIÓ DE PAPER I CARTRÓ

JUNY 2023

Índex del document

1.	El procés de fabricació del paper i el cartró.....	3
1.1.	El procés de producció de fibres de cel·lulosa	3
1.2.	procés de fabricació de paper	12
1.3.	Productes obtinguts del procés de fabricació	15
2.	El sector de fabricació de paper i cartró a les Illes Balears.....	17

1. El procés de fabricació del paper i el cartró

El paper i el cartró es componen d'una base de fibres vegetals de cel·lulosa a la qual s'afegeixen diferents productes químics com a additius en funció de les característiques del paper que es vulgui obtenir.

El procés de producció es divideix en dos estadis, la producció de polpa (també anomenada pasta o cel·lulosa) i la pròpia producció de paper. Ambdós estadis poden realitzar-se en una mateixa instal·lació (fàbriques de paper integrades), o separatament, i en este cas les fàbriques de paper compren la polpa a altres instal·lacions.

Figura 1. Diagrama de la fabricació de paper i cartró



Font: ASPAPEL.

1.1. El procés de producció de fibres de cel·lulosa

Les fibres de cel·lulosa emprades en la fabricació de polpa poden procedir tant de la fusta¹ d'origen forestal i d'altres plantes², com del reciclatge de paper i cartró. En aquest sentit, cal destacar que si bé històricament el sector de fabricació de paper havia emprat com a font de fibres de cel·lulosa altres residus (draps o altres residus tèxtils de cotó) actualment aquesta font de subministrament ha desaparegut a escala industrial, no havent-se plantejat el sector la seva recuperació a curt termini.

¹ La fusta està composta principalment de cel·lulosa i lignina; aquesta última afavoreix la unió entre les fibres de cel·lulosa i també proporciona rigidesa.

² Com per exemple del lli, el cànem, el bambú, l'espart, el cotó o l'arròs (algunes s'utilitzen per a la fabricació de papers especials).

i

Si bé el sector podria, des d'un punt de vista tècnic, absorbir cel·lulosa procedent d'altres fonts residuals, com els tèxtils, el sector no es planteja aquesta via pel cost més alt en comparació a la seva obtenció a partir de paper reciclat.

a. El procés d'obtenció de fibres de cel·lulosa a partir de primera matèria verge

En el procés de producció de la pasta de paper es genera una massa de fibres de cel·lulosa (també anomenada polpa o pasta). En aquest sentit es poden obtenir dues tipologies de pasta en funció de la tecnologia de producció emprada per separar les fibres a partir de la fusta. Per separar les fibres es pot dissoldre la lignina que uneix les fibres de cel·lulosa mitjançant dissolució (a través de l'aplicació de calor i productes químics), bé mitjançant el seu trencament a través de mitjans mecànics.

- **Pasta química de paper:** es produeix mitjançant un tractament químic de les estelles de la fusta per dissoldre la lignina que uneix les fibres de cel·lulosa. En funció del dissolvent emprat, es poden obtenir, alhora, dues tipologies de pasta química: Kraft o sulfat (procés bàsic) i sulfit (procés bàsic). En ambdós casos, la quantitat de fibres de cel·lulosa obtingudes és més reduïda que quan s'utilitzen mitjans mecànics, però com a contrapartida les fibres obtingudes són més llargues, cosa que permet la posterior fabricació de papers més resistents.

- **Pasta mecànica de paper:** es produeix mitjançant un tractament mecànic de les estelles de la fusta amb un sistema de trituració. A diferència de la pasta química de paper, amb aquest sistema no s'elimina la major part de la lignina, i el resultat és una producció més elevada de fibres de paper, però amb propietats diferents: fibres més curtes amb menys resistència i més susceptibles a la degradació amb la llum del sol. En general, els papers de pasta mecànica s'utilitzen en les aplicacions en què no cal un ús intensiu ni una permanència en el temps, com ara el paper premsa per a impressió o escriptura (periòdics, revistes d'actualitat, llibres, quaderns, etc.), el paper higiènic, etc.

b. El procés d'obtenció de fibres de cel·lulosa a partir de paper reciclat

El paper i el cartró, una vegada emprat, pot ser recuperat mitjançant la recollida selectiva, ja sigui mitjançant recuperadors privats, ja sigui mitjançant els sistemes de recollida selectiva establerts a escala municipal. En aquest darrer cas, es recupera paper i cartró tant a partir de la recollida selectiva monomaterial (canal municipal majoritari) com a través de la recollida selectiva d'envasos lleugers.

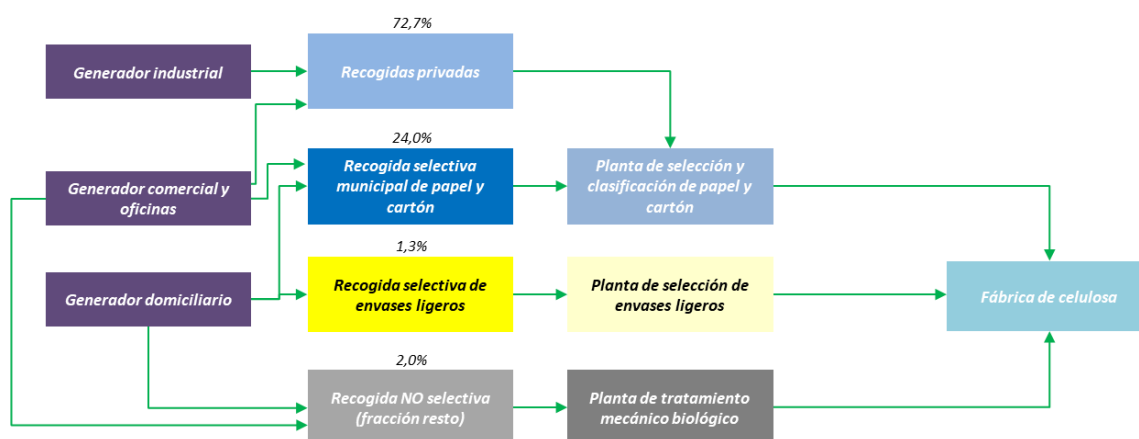
Així mateix, addicionalment a la recuperació a partir dels canals de recollida selectiva, hi ha un percentatge de les quantitats que són recuperades a partir de la fracció resta mitjançant la seva selecció en plantes de tractament mecànic biològic.

Taula 1 Recuperació de paper i cartró a Espanya l'any 2018 en funció del seu origen

Any	Quantitats recuperades (t)	% respecte al total recuperat
Recollida municipal monomaterial de paper cartró (incloent contenidor, porta a porta i deixalleries)	1.067.384	24,0%
Recollida selectiva d'envasos lleugers	55.733	1,3%
Recollida selectiva a l'àmbit privat	3.238.258	72,7%
Quantitats recuperades a través del tractament mecànic biològic de la fracció resta	90.425	2,0%
Quantitats totals recuperades	4.451.800	100,0%

Font: Elaboració pròpia a partir de l'INE, Ecoembes i Aspapel.

Figura 2. Fluxos de recuperació del paper i cartró



Font: Elaboració pròpia a partir de l'INE, Ecoembes i Aspapel.

Recollida del paper i cartró

La procedència del material recuperat condiciona moltes vegades la qualitat del mateix i, per tant, el seu potencial de recuperació i la necessitat de processos més o menys intensius de selecció.

- **Sector industrial** (principalment indústries de fabricació i transformació, com les impremtes): El paper recuperat de la indústria acostuma a tenir una qualitat homogènia, cosa que permet la seva classificació de forma senzilla i en qualitats molt específiques. Habitualment la seva recollida és realitzada per gestors en contenidors específics (compactadores, gàbies, etc.).

- **Sector comercial** (principalment hipermercats, supermercats i sector quotidià no alimentari): Majoritàriament el material recuperat es correspon amb embalatges de cartró. Si bé aquelles activitats més grans (en especial, la distribució comercial organitzada) disposen de sistemes de logística inversa pròpia i recollida mitjançant gestor privat, la majoria d'establiments comercials són gestionats via les recollides municipals. En aquest sentit, cal destacar que els porta a porta existents a molts municipis tenen com a objectiu la recollida específica d'aquest sector en aquells àmbits amb més densitat comercial.

- **Oficines:** principalment paper imprès de caràcter homogeni i net, si bé és possible que estigui barrejat amb altres impureses, com ara tintes, grapes, clips, etc. Habitualment aquelles oficines més grans disposen de gestors privats, únicament aquelles més petites i amb baixos requisits de destrucció confidencial gestionen els seus residus a través de les recollides municipals.

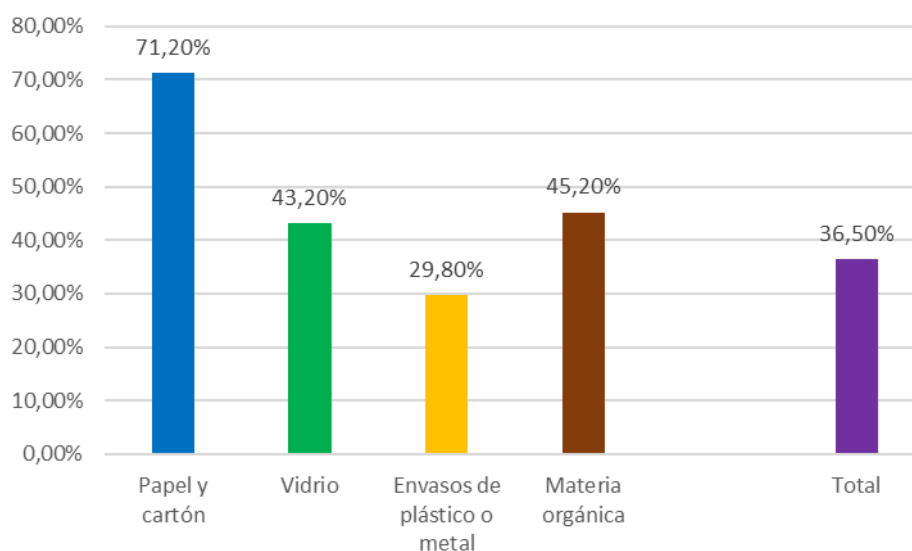
- **Domicilis:** El paper generat als domicilis és una barreja de diferents qualitats que requereix una major segregació i classificació posterior. La recollida la duen a terme els serveis de recollida selectiva municipals amb diferents sistemes (igló, càrrega lateral, càrrega bilateral, porta a porta, contenidors soterrats, etc.).

En aquest context, si bé la majoria de la recuperació es produeix mitjançant recollides privades a generadors industrials, comercials i oficines, el sector paperer no visualitza les barreres principals a l'increment del reciclatge en quantitat i qualitat en aquesta via de recuperació, sinó en la relativa a la procedència de les recollides municipals, tant pel potencial d'increment de les mateixes, com pel que fa a problemàtiques relacionades amb un empitjorament de la qualitat del material recollit, els furtos de material, i la necessitat de captar una generació que tendirà a incrementar-se com a conseqüència d'una generació més gran d'embalatges associada a l'e-commerce i a canvis en l'envasat, amb una proliferació més gran d'envasos de paper i cartró en detriment dels envasos plàstics.

i

Aspapel estima que el 2019 es va recollir de forma selectiva tant de l'àmbit municipal com industrial un 64,3% de les quantitats de paper i cartró consumides (cal considerar que una part del consum no es genera com a residu el mateix any, com és el cas dels llibres). En aquest sentit, el sector considera que el potencial més gran de creixement a curt termini es troba en l'àmbit municipal. Sobre això, cal considerar que els residus generats a l'àmbit comercial concentren la generació a l'àmbit municipal (per exemple, a Catalunya suposen més d'un 70% de la generació en aquest àmbit).

Figura 3. Aportació de la generació dels residus comercials a la generació de les diferents fraccions de residus comercials a Catalunya



Font: Institut Cerdà, 2013.

i

S'espera que amb l'increment del comerç electrònic i les noves tendències d'envasament s'incrementin les quantitats consumides i valoritzables. Des del sector es considera que probablement caldrà adaptar els sistemes de recollida, per fer front a un flux més gran i amb una densitat en contenidor més baixa (per la major presència d'embalatges de l'e-commerce), per evitar desbordes i pèrdua de material.

i

La sostracció de paper i cartró dels contenidors municipals està lligada a l'evolució dels preus internacionals d'aquests materials, així, quan els preus són elevats, les subtraccions s'incrementen. Si bé aquest residu robat acabat sent valoritzat, aquesta valorització pot no estar produint-se d'acord amb els requisits mínims aplicables, de vegades fora de les fronteres espanyoles, així mateix, aquestes quantitats deixen de comptabilitzar-se com a reciclades. Per tal d'evitar aquestes situacions, tant Ecoembes com Aspapel han promogut el desenvolupament i la implantació de contenidors amb sistemes antifurt en els darrers anys.

i

De la mateixa manera, les fluctuacions dels preus internacionals del paper recuperat també poden comportar, quan tendeixen a la baixa, tal com va passar el 2019 que els ingressos derivats del material no permetin compensar els costos de recollida i condicionament del material.

i

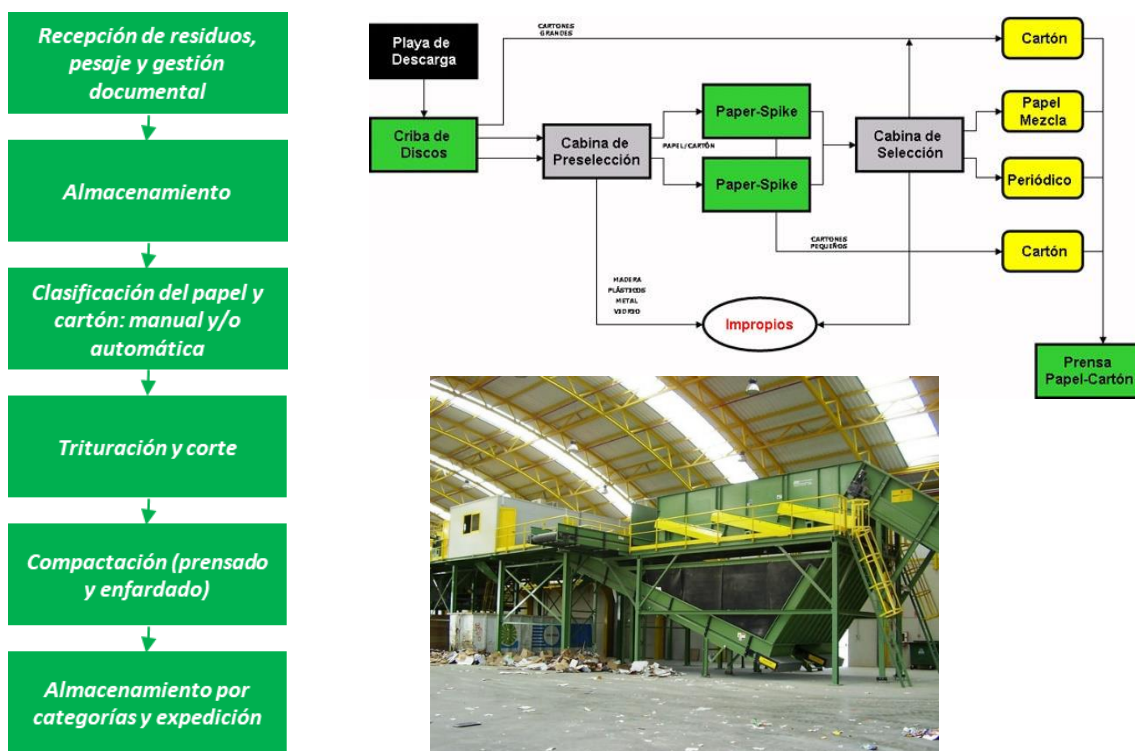
En els darrers anys s'ha incrementat el nivell d'impropis present a la recollida monomaterial municipal de paper o cartró (principalment residus plàstics, matèria orgànica i residus tèxtils). Fa 10 anys el nivell d'impropis era d'un 3% en pes de mitjana, mentre que actualment els nivells mitjans es troben al 10%.

Per tal de pal·liar aquest aspecte, des d'Ecoembes i Aspapel s'està impulsant la inclusió de criteris de qualitat en els convenis que regulen la compensació als ajuntaments per tona recollida. Així mateix, alguns Ajuntaments estan abordant plans de qualitat en la matèria i en algun cas s'ha manifestat la voluntat d'incloure aquests aspectes a les licitacions dels seus serveis de recollida.

Selecció i classificació del paper-cartró ³

El paper i el cartró recollit de les diferents fonts de producció acostuma a portar-se a instal·lacions de selecció, on reben un tractament consistent en la seva classificació, condicionament i enfardat.

Figura 4. Fases habituals del procés de selecció de paper i cartró (esquerra) i esquema de funcionament de la instal·lació de selecció de COGERSA



Font: Guia de bones pràctiques per al reciclatge i la recuperació de paper i cartró a Catalunya, 2012 i COGERSA, 2021.

³ Aquest capítol s'ha elaborat sobre la base dels continguts de la Guia de bones pràctiques per al paper i cartró a Catalunya, desenvolupada per Datambient Assessors per a l'Agència de Residus de Catalunya l'any 2012.

Pel que fa als sistemes de classificació emprats, aquests tenen per objectiu d'una banda segregar els impropis que acompanyen el paper i el cartró i de l'altra la seva classificació en funció de qualitats. En aquest sentit, durant la classificació per qualitats solen tenir-se en compte els aspectes següents:

- Si es tracta de paper, cartró o cartronet.
- Si el material ha estat elaborat a partir de pasta química o mecànica.
- La presència o absència de tintes.
- La possible presència de components estranys com ara cola.

La classificació acostuma a fer-se de forma descendent, de manera que la seva qualitat es troba barrejada amb una altra de caràcter inferior i el cost de la seva superació és més elevat que el potencial benefici sol optar-se per convertir tota la barreja a la qualitat inferior. Per això és important comptar, en el cas de les procedències urbanes, de material amb la menor quantitat d'impropis possible..

Sistemes de classificació manual

Es duen a terme habitualment en línies de classificació, on els residus de paper i cartró entren mitjançant cintes transportadores. No obstant això, en algunes instal·lacions de caràcter simplificat, la classificació manual es duu a terme al mateix pati de la nau on es descarrega el residu.

Sistemes mecànics de classificació automàtica

- Separació de discos: La separació de discos classifica el material segons el seu volum, pes i rigidesa. Consta d'una sèrie d'eixos (entre 8 i 15), amb 5 o 6 discos triangulars a cada eix. En girar fan que el material rígid, com el cartró, suri i tiri endavant, mentre que el material flexible, com el paper, cau entremig dels discos. La velocitat de processament depèn de la composició del material i de la mida del filtre. El cartró no flexible se segrega del paper de diaris i revistes. Només els elements més petits han de ser seleccionats manualment.
- Paper Spike: sistema que s'ubica després de la criba de discos i mitjançant el qual un sistema de corretges punxants selecciona el cartró encara existent (en ser més rígid es manté punxat), podent separar aquest cartró de la resta de flux format per paper.

Sistemes òptics de classificació automàtica

Tecnologia basada en la utilització de sensors d'escaneig ràpid (habitualment d'infraroig proper -NIR- o cian, magenta, groc i negre -CMYK-) ubicats a l'extrem de la cinta transportadora per analitzar el flux d'entrada. Els sensors activen bufats d'aire controlats per ordinador que aïllen l'objecte que voleu seleccionar i el transfereixen a una altra cinta transportadora.

El paper i el cartró recuperats es classifiquen d'acord amb la norma europea UNE-EN 643: Llista europea de qualitats normalitzades de paper i cartró recuperat, que descriu les qualitats que cal obtenir una vegada conclòs el procés de neteja, classificació i enfardat.

Aproximadament un 50% del paper recuperat es classifica als grups 1 i 2; un 10% al grup 3 i un 40% al grup 5.

Figura 5. Grups de qualitat en què es classifica el paper-cartró recuperat d'acord amb la norma UNE-EN 643

GRUPO 1: TIPO ORDINARIO
> Mezcla de papel y cartón sin clasificar > Mezcla de papel y cartón clasificados > Mezcla de papel y cartón ondulado > Cajas de cartón usadas > Revistas y periódicos nuevos no vendidos o pliegos procedentes de la impresión o la encuadernación de revistas
GRUPO 2: TIPO MEDIO
> Periódicos y revistas nuevos > Recortes de encuadernación de libros y revistas > Papel blanco y de color mezclado procedente de archivos > Papel impreso procedente de libros o revistas
GRUPO 3: TIPO ALTA CALIDAD
> Recortes de imprenta sin pasta mecánica > Papel blanco de impresión y escritura sin pasta mecánica > Papel continuo para ordenador > Papel prensa (periódicos) no impreso > Papel blanco con pasta mecánica, que contenga papel estucado > Recortes blancos sin pasta mecánica ni estucado
GRUPO 4: TIPO KRAFT
> Recortes procedentes de la fabricación de cajas de cartón y cajas nuevas > Cartón ondulado con la totalidad o la mayor parte de sus hojas de papel kraft > Sacos de papel kraft usados/nuevos
GRUPO 5: TIPO ESPECIAL
> Restos de bobinas de la fabricación de papel y cartón > Mezcla de papel y cartón especiales > Papel resistente a la humedad > Etiquetas resistentes a la humedad > Envases de cartón para líquidos

Font: Guia de bones pràctiques per al reciclatge i la recuperació de paper i cartró a Catalunya, 2012 i COGERSA, 2021.

Cal destacar, però, que de vegades el nivell de classificació és molt més detallat. En aquest sentit, la taula següent recull les principals qualitats de classificació d'acord amb la Llista Europea de qualitats normalitzades de paper i cartró recuperat.

Figura 6. Qualitats més comunes que s'obtenen de les plantes de classificació segons la norma UNE-EN 643

CÓDIGO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1.01	Papelote	Mezcla de papel y cartón en cualquier proporción sin clasificar. Puede ser rechazo de clasificación.
1.02	Cartón mezcla	Mezcla de diferentes calidades de papel y cartón clasificado, con un máximo de 40 % de periódicos y revistas.
1.03	Cartoncillo gris	Cartoncillo con reverso y tripas de material recuperado (gris) con impresión o sin ella.
1.04	Cartón paja	Mezcla de papel y cartón de envases con al menos un 70 % de cartón ondulado.
1.05	Cartón paja 100 %	Cartón ondulado de cajas de supermercado o de industrias.
1.06	Revistas	Revistas nuevas no vendidas o pliegos procedentes de la impresión o la encuadernación de revistas.
1.07	Guías telefónicas	Guías o recortes de guías.
1.09	Periódicos y revistas	Periódicos y revistas de otros recuperadores o de fábrica.
1.11	Selectiva	Papel gráfico destintable clasificado procedente de la recogida doméstica.
2.01	Periódico leído	Periódicos y revistas usados y mezclados.
2.02	Periódico nuevo	Periódicos no vendidos procedentes de distribuidores.
2.03	Blanco 3ª.	Recortes de encuadernación de libros y revistas, pasta mecánica con poca impresión.
2.04	Blanco 3ª. impresión	Recortes de encuadernación de libros y revistas, pasta mecánica con mucha impresión.
2.05	Papelote de oficina	Papel de oficina clasificado.
2.06	Archivo color	Papel blanco y de color mezclado procedente de oficinas.
2.07	Libros	Libros o virutas de libros, sin tapas duras.
2.08	Monitor	Papel impreso procedente de libros o revistas, pasta química sin límite de tintas.
2.10	Kraft plastificado blanco	Papel blanqueado sin madera recubierto de polietileno procedente de fabricantes y convertidores.
2.12	Archivo continuo	Papel de ordenador de impresión continua, pasta mecánica.
3.01	Blanco 2ª. lomos	Recortes de imprenta, menos 50 % pasta química, poco alcance de tinta, pueden incluir lomos de encuadernación y recortes de cubiertas plastificados.
3.04	Blanco 2ª.	Recortes de imprenta, pasta química, con poco alcance de tinta.
3.05	Archivo blanco	Papel blanco de impresión y escritura con poca impresión, procedente de archivo de oficinas.
3.11	Cartoncillo sueco	Cartoncillo con reverso y tripas de pasta mecánica (amarilla) y cara blanca sin impresión o poco impreso.
3.14	Posteta de periódico	Papel prensa (periódicos) no impreso procedente de la limpieza de las capas exteriores de las bobinas y de los finales de bobina.
3.15	Posteta de revista	Papel de revistas no impreso procedente de la limpieza de las capas exteriores de las bobinas y de los finales de bobina. Suele llevar muchas cargas.
3.16	Blanco 1ª. estucado	Papel blanco estucado sin impresión, sin colas, 100 % pasta química.
3.18	Blanco 1ª.	Papel blanco procedente de sobres o similar, pasta química sin impresión, sin colas ni cargas.
3.19	Kraft blanco sin impresión	Cartón blanqueado sin imprimir, sin colas.
4.01	Recorte nuevo	Recortes procedentes de la fabricación de cajas de cartón y cajas nuevas.
4.02	Kraft	Cartón kraft ondulado utilizado para embalaje, sobres o similares con fibras largas y muy resistente.
4.03	Semikraft	Cartón ondulado mayoritariamente kraft utilizado para embalaje, sobres o similares con fibras largas y muy resistente.
4.06	Sacos kraft usados	Sacos de papel kraft que hayan contenido productos alimenticios o no contaminados.

CODI	NOM	DESCRIPCIÓ
4.08	<i>Kraft carrier</i>	Cartulina kraft procedente de la fabricación de paquetes de bebidas. Presenta resistencia a la humedad, por tanto, se debe tratar de forma separada.
5.02	Mezcla de envases	Mezcla de diferentes calidades de papel y cartón usados principalmente para embalaje primario y secundario.
5.03	Briks	Envases de cartón para líquidos recubiertos de polietileno y aluminio.
5.04	Kraft tratado	Kraft laminado, no debe contener ceras.
5.05	Etiquetas	Etiquetas de papel resistente a la humedad.
5.06	Blanco melaminado sin impresión	Papel blanco resistente a la humedad.

Font: Guia de bones pràctiques per al reciclatge i la recuperació de paper i cartró a Catalunya, 2012 i COGERSA, 2021.

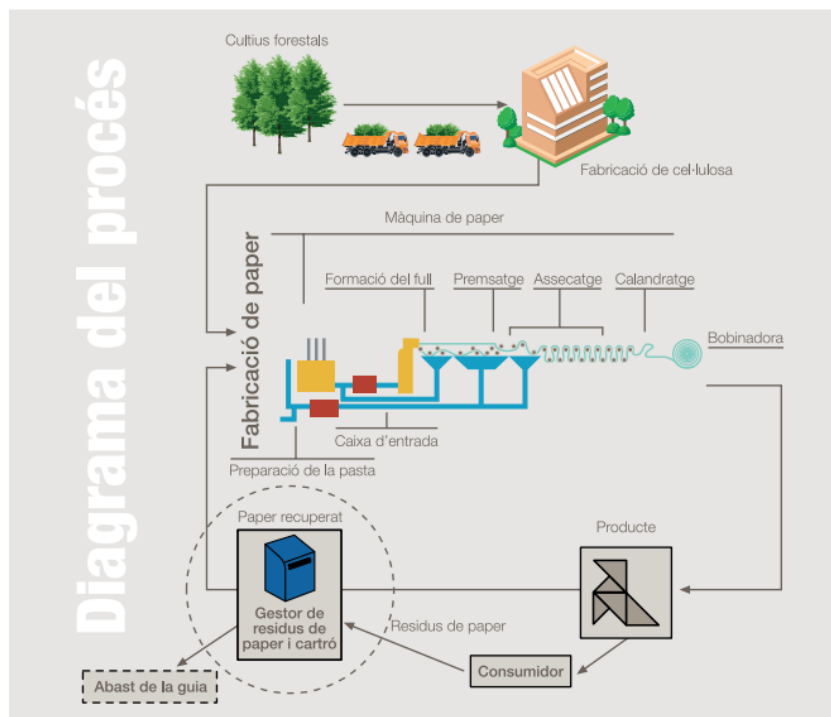
Final de condició de residu

Cal destacar que, a diferència del que passa amb altres materials i sectors, en el cas del paper i cartró es disposa de l'Ordre TED7426/2020, de 8 de maig, per la qual s'estableixen els criteris per determinar quan el paper i cartró recuperat destinat a la fabricació de paper i cartró deixa de ser residu d'acord amb la Llei 22/2011. Aspecte que facilita la recuperació i comercialització dels materials obtinguts a través de la selecció.

1.2. procés de fabricació de paper

La fabricació acostuma a incloure tres processos bàsics: la preparació de la pasta, la formació del full de paper (o el cartró) i l'acabat del material.

Figura 7. Diagrama de progrés de la fabricació de paper i cartró reciclats



Font: Agència de Residus de Catalunya, 2012.

a. Preparació de la pasta

El procés de fabricació del paper parteix de la pasta de cel·lulosa, habitualment en forma de fulles i/o el paper usat en forma de bales (ambdues fonts de fibres poden emprar-se per separat o conjuntament, en funció de les propietats del paper-cartró que es vulguin obtenir).

La preparació inclou processos com la desintegració de la pasta en aigua dins d'un púlper⁴, el despastillat o desintegració individual de les fibres en un despastillador, l'eliminació d'impureses en un depurador o cleaner, el refinat de les fibres per homogeneïtzar les seves propietats a les refinadores (mitjançant el seva mòlta) i la barreja d'additius en una tina. Així mateix, la preparació inclou processos específics en cas d'incloure's paper reciclat com a matèria primera, els més habituals són l'espessit, el destintat i, de vegades, el blanqueig.

Vida útil del paper reciclat

La producció de paper i cartró no podria ser un cicle tancat a partir de materials reciclats, atès que el procés de producció necessita anar incorporant una certa quantitat de fibra verge per mantenir-se en funcionament:

- La fibra es va deteriorant amb els usos successius, i no es pot utilitzar més de 6-7 vegades.
- Hi ha determinats tipus de paper que pel seu ús necessiten unes característiques que només aporta la fibra verge i per a aquests papers es fa servir preferentment fibra verge.

b. Formació del full

La formació del full de paper o cartró es realitza mitjançant una màquina paperera, que consta dels components bàsics següents:

- Caixa d'entrada: dispositiu que distribueix la pasta homogèniament a la taula de fabricació.
- Taula de fabricació: dispositiu en què es forma el full de paper. Per igualar la superfície de la fulla en aquesta zona és habitual utilitzar un corró llis. Aquest corró, amb el relleu corresponent, també es pot utilitzar per aplicar marques d'aigua a la fulla.
- Premsa: zona de la màquina de paper on es fa passar el paper sostingut per un feltre entre diversos rodets per extreure mecànicament l'aigua que contenen. L'assecat definitiu del paper, però, té lloc a la següent fase de la màquina.
- Sequeria: una sèrie de rodets que apliquen calor al paper per efectuar-ne l'assecat definitiu.
- Allisador: component de la màquina paperera que allisa el paper abans de bobinar-lo. El paper tractat amb aquest component s'anomena paper acabat en màquina o MP. Mitjançant aquest dispositiu es proporciona a la superfície del paper una lliura determinada.

⁴ Dispositiu en forma de cuba amb una hèlix al seu interior on s'introdueix la matèria primera per formar el paper amb aigua per desintegrar els seus components i separar la fibra.

Figura 8. Màquina paperera



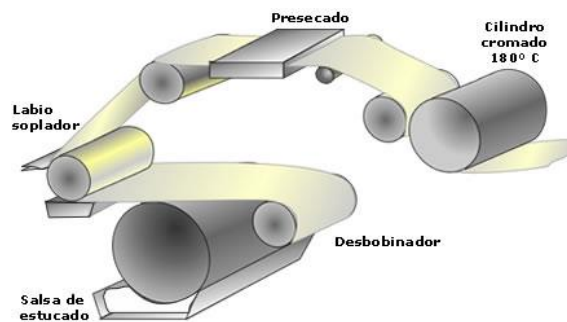
c. Acabat

En funció de les propietats que hagi de tenir el paper, la màquina paperera pot constar també dels components següents.

- Estucadora: dispositiu que aplica la salsa d'estucatge sobre la superfície del paper per conferir-li més llisor, brillantor, blancor i una millor resposta a la impressió. Les tecnologies més habituals operen a través de l'aplicació de la pasta d'estucat amb un corró i la seva distribució a través d'una regleta metàl·lica (estucat de rasqueta), bé mitjançant aire (estucat de llavi bufador).

En alguns casos s'apliquen tractaments superficials al full de paper, incorporant productes químics (additius) que proporcionen les característiques que requereixi el tipus de paper. Per exemple, per a paper de revista d'elevada qualitat gràfica o llibres de fotografia, s'aplica l'estucat, que és l'addició de caolí o carbonat càlcic per una o dues cares del paper. Així es milloren les característiques d'impressió el paper, proporcionant-li més blancor, opacitat, brillantor, definició d'imatge i contrast, i uniformitat d'absorció.

Figura 9. Estucadora



Font: *Ministeri d'Educació i Formació Professional, 2021.*

- **Prensa encoladora:** premsa que s'acostuma a ubicar després de la sequeria i que es fa servir per aplicar una fina capa de cua a la superfície de paper, per tal de millorar-ne les propietats. El paper fabricat mitjançant aquest mètode, s'anomena paper encolat i fixa millor la tinta, tenint també més resistència a la penetració de l'aigua.
- **Calàndria:** sèrie de rodets d'acer superposats i, habitualment, calefactats, que permeten obtenir un paper amb una llisor superior a la de l'allisador. Habitualment aquest sistema es fa servir per a l'obtenció de papers setinats.

1.3. Productes obtinguts del procés de fabricació ⁵

A més de la cel·lulosa, hi ha quatre grans grups de productes paperers. Aquests grups de paper donen lloc a més de 500 usos finals i, en funció d'ells, el producte de paper es dissenya complint una sèrie de requisits de textura, suavitat, absorbència, etc. Cada ús requereix un tipus de paper amb una composició (fibres verges i/o reciclades) i característiques fisicoquímiques determinades. De la mateixa manera, **cada tipologia de paper planteja una facilitat per al reciclatge diferenciada, en funció dels additius que s'hi hagin afegit per aconseguir les característiques requerides.**

Papers per a usos higiènics i sanitaris (tissú)

Rotlles de paper higiènic, rotllos de cuina, rotllos de neteja industrial, tovallons, mocadors, estovalles, tovalloletes de neteja per a nadons, etc. Requereixen una gran capacitat d'absorció de líquids i suavitat i estan fabricats amb fibra verge o reciclada, o una barreja d'ambdues.

⁵ Font: *Aspapel.*

Papers gràfics

Paper premsa per a diaris, papers per a l'edició de llibres, folis, sobres, carpetes, quaderns, etc.

- Paper premsa: utilitzat per a la impressió de diaris i fabricat majoritàriament a força de paper reciclat.
- Paper per a impressió i escriptura:
 - Papereria: folis, sobres, quaderns, etc. Es fabriquen amb paper no estucat a partir de pastes químiques blanquejades de fibra verge, que li confereixen una alta qualitat d'impressió.
 - Publicacions comercials d'alta qualitat: fulletons, catàlegs de luxe, cartells, memòries anuals, màrqueting directe, revistes, llibres de fotografia, etc. Es fabriquen amb paper estucat a base de pasta química de fibra verge.
 - Altres publicacions comercials: directoris telefònics, algunes revistes, suplementos de cap de setmana i catàlegs de vendes. Es fabriquen amb paper estucat a base de pasta química o mecànica de fibra verge o reciclada en funció de la pròpia exigència del producte.

Paper per a envasos i embalatges

Caixes de cartró ondulat, caixes de cartró estucat, bosses, sacs, etc.

- Caixes de cartró ondulat: formades per diverses capes de paper. Les capes interiors (fluting) són ondulades, cosa que confereix una elevada resistència al conjunt. La capa exterior i visible va impresa perquè cal tenir unes característiques de bona imprimibilitat. Aquests papers utilitzats a les diferents capes de les caixes de cartró es fabriquen tant a base de paper reciclat com a partir de fibra verge.
- Sacs de paper Kraft: presenten una elevada resistència i es poden fer servir per contenir pinsos d'animals o ciment. Se solen fabricar amb un percentatge elevat de pasta química verge de fibres llargues (pi o avet) i també amb una selecció de fibres reciclades del mateix origen.
- Cartró estucat: es fa servir en la fabricació d'estoigs plegables o envasos. És un material compacte fet amb fibra verge i/o material recuperat, amb diverses capes i normalment acabat amb recobriment de capa d'estuc.

Papers especials

- Paper utilitzat per a cigarretes: pel seu baix gramatge i característiques especials de combustibilitat.
- Paper moneda: les característiques fonamentals dels quals estan relacionades amb la seguretat.
- Papers d'alta porositat, que es fan servir per a diferents usos (bosses d'infusions, oli, gasoil, aspiradores, etc).
- Papers autocopiatius.
- Papers tèrmics.
- Papers metal·litzats.
- Etc.

En aquest context, el portafoli de productes del sector es troba en evolució, i s'han incrementat considerablement tant en quantitat, com en tipologies, les aplicacions de paper i cartró en matèria d'envasament en substitució de l'envàs de plàstic.

i

El desenvolupament de noves alternatives d'envasament de paper i cartró per a solucions alimentàries s'està orientant en molts casos a la barreja de capes de cartró amb capes d'altres materials (aluminitzats, plàstic) o al desenvolupament d'envasos amb cartrons amb més additius. Sobretot en el primer cas, les instal·lacions no estan preparades per a la gestió d'aquesta tipologia d'envasos multimaterial, cosa que n'impedeix el reciclatge, per la qual cosa caldrà desenvolupar i implantar sistemes que permetin la recuperació d'aquesta tipologia d'envasament a l'alça.

2. El sector de fabricació de paper i cartró a les Illes Balears

Les Illes Balears no disposen d'instal·lacions de fabricació de pasta de cel·lulosa i paper-cartró, per la qual cosa la totalitat del paper-cartró recuperat a les illes ha de destinar-se a la seva gestió per part dels teixits productius d'altres territoris.

En aquest sentit, s'estima que l'any 2019 la generació de paper i cartró a la Comunitat Autònoma va ser de 78.623,5 tones en l'àmbit municipal i 14.949 tones en l'àmbit industrial. Així mateix, s'estima que la recollida selectiva, considerant ambdós àmbits, va ser de 62.123,1 tones per a aquest any.

Institut  Cerdà

Valor 2030: Superació de les barreres a la utilització de matèries primeres secundàries als principals sectors industrials



SECTOR: PRODUCCIÓ DE VIDRE

JUNY 2023



Índex del document

1. El procés de fabricació del vidre	3
1.1. El procés de producció del vidre pla	4
1.2. Procés de fabricació del vidre buit o bufat	6
1.3. Processos de fabricació d'altres materials derivats del vidre	16
1.3.1. Fibra de vidre	16
1.3.2. Llanes minerals	17
1.3.2.1. Llana de vidre	17
1.3.2.2. Llana de roca	17
1.3.3. Frites i esmalts	18
1.4. Productes obtinguts del procés de fabricació	19
2. El sector de fabricació de vidre a les Illes Balears	21

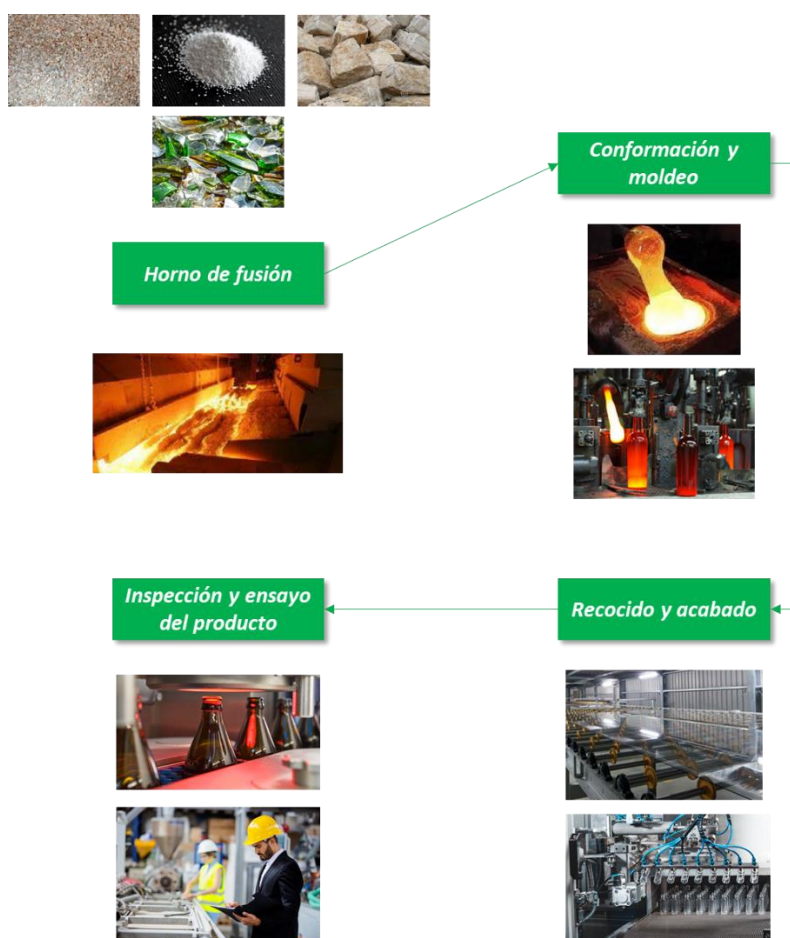
1. El procés de fabricació del vidre

El vidre és un producte inorgànic amorf, dur, fràgil i generalment transparent que s'obté a través de la fusió de diferents matèries primeres que es troben en estat natural en petites partícules o pols: sorra de sílice, carbonat de sodi i calcària, en proporcions variables. No obstant això, per tal de reduir la quantitat de matèries primeres emprades en el procés, actualment molts dels processos de fabricació de vidre inclouen també la introducció de casc de vidre o vidre triturat.

Per obtenir-lo es barregen aquests materials en un forn de fusió aconseguint temperatures d'entre 1.000 -2.000 °C obtenint un fluid vitri i viscos que, posteriorment, se sotmet a canals d'escalfament/refredament i tècniques de conformació del material, depenent del tipus de producte a fabricar (principalment, vidre pla o vidre buit, entre d'altres productes). Posteriorment, es controla el procés de refredament per evitar la cristal·lització o deformació elàstica del material. Cal destacar que durant el procés de fabricació es poden fer servir un altre tipus de productes químics com el bòrax, àcid bòric, feldspats i sulfat sòdic, a més d'entre 15 a 20 additius amb l'objectiu d'aportar alguna funció o qualitat específica (com per exemple, el color).

El sector ven més del 80% de la producció a altres sectors, principalment al de la construcció i de begudes i alimentació.

Figura 1. Diagrama de la fabricació vidre buit



Font: elaboració pròpia.

i

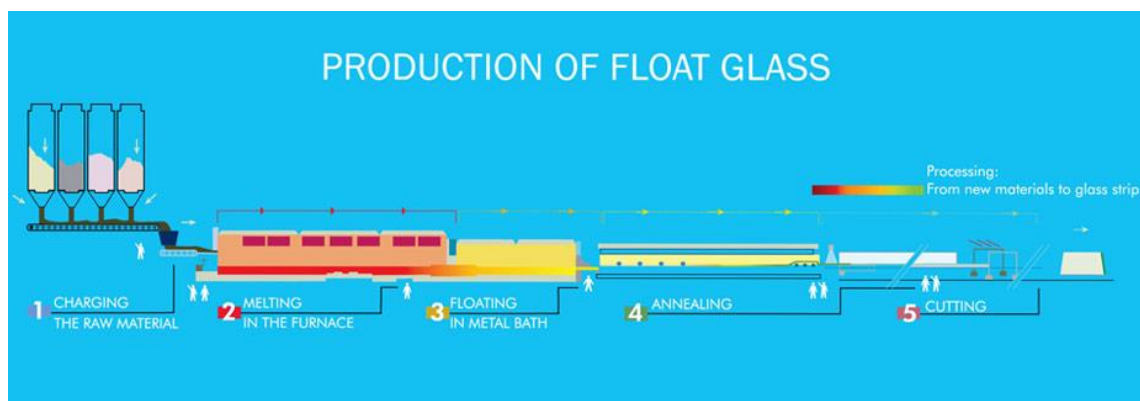
Per les seves característiques, el vidre es conforma com un dels pocs materials que pot operar de manera indefinida en un sistema de circuit tancat, evitant així l'extracció de noves matèries primeres i l'esgotament consegüent de recursos naturals. Així mateix, també contribueix a un estalvi energètic, atès que la temperatura de fusió del vidre triturat és inferior a la de la matèria primera original.

1.1. El procés de producció del vidre pla

El vidre pla o surat és un tipus de producte vitri elaborat a través de la tècnica de conformació per flotació sobre un bany d'estany. En aquest sentit, la massa de vidre fos s'aboca del forn de fusió sobre una capa d'estany líquid de forma continuada, flotant i repartint-se de forma uniforme sobre el llit refractari, per obtenir planxes o làmines de vidre de gruix variable, controlat per la velocitat a la qual la cinta de vidre solidificat és estirada cap a fora de la piscina d'estany.

Els sectors per excel·lència que consumeixen aquest tipus de material vitri són la construcció i l'automoció.

Figura 2. Diagrama de la fabricació vidre pla



Font: Hebei Blue Whale Glass.

Altres productes emprats en aquest procés per a l'obtenció de vidre pla tintat són l'addició d'òxids metàl·lics a la barreja de materials. Per exemple, la coloració verda s'obté reposant els òxids de ferro eliminats durant el procés d'obtenció del vidre, la gamma de color gris s'aconsegueix variant les proporcions d'òxids de cobalt, níquel i seleni i afegint-hi òxid de ferro, mentre que els vidres bronzejats s'aconsegueixen afegint-hi seleni.

En l'actualitat, els principals fabricants de vidre pla a nivell mundial treballen amb un percentatge de vidre reciclat variable, situat entre un 10-30%, procedent de les mateixes o altres instal·lacions de fabricació de vidre pla, atès que aquest material recuperat deu complir amb estrictes especificacions. En cas de no complir-les, es reutilitza en altres produccions de vidre com, per exemple, fibra de vidre, escuma de vidre, envasos, entre altres productes, així com altres aplicacions com a paviment reflectant de carreteres (*glassphalt*), ornamentació d'aquaris, sistemes de filtració d'aigua, agregats de construcció, etc.



i

Si bé el sector podria, des d'un punt de vista tècnic, absorbir vidre reciclat procedent d'altres fonts residuals, com el vidre d'envasos postconsum, el sector no es planteja aquesta via a causa dels requeriments tècnics més grans des del punt de vista de característiques físiques del producte (resistència, durabilitat, etc.).

Dins del subsector del vidre pla, es poden diferenciar tres tipus d'activitats que mantenen una estreta relació entre elles, atès que cadascuna empra com a primera matèria primera el producte obtingut a l'anterior.

a. Indústria de capçalera

Fabricació de vidre brut mitjançant l'ús majoritari de forns regeneratius de caldeig creuat en règim continu, el procés del qual es divideix en dues fases: caldeig i fusió primària. En aquest sentit, les dimensions mínimes eficients de les plantes d'aquest subsector són de 500 tones diàries de producció, implicant la presència de grans economies d'escala. És per aquest motiu que aquest segment opera en un nombre reduït d'empreses multinacionals que operen a nivell mundial, l'oferta del qual es caracteritza per la seva elevada estabilitat, ja que els forns de les plantes de fabricació funcionen totes les hores del dia durant els 365 dies del any.

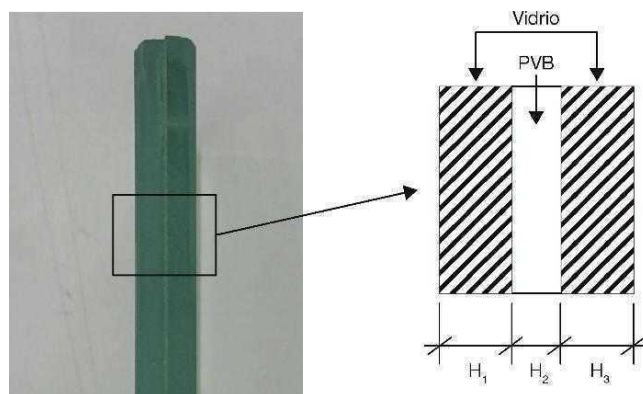
b. Indústria transformadora del vidre

Subsector on té lloc l'afinament i l'homogeneïtzació, i el condicionament del vidre brut, caracteritzat per empreses de capital menor que les indústries de capçalera i amb distribució descentralitzada. Aquestes activitats manipulen i adapten el vidre brut, ja sigui a través de processos automatitzats o manuals de tipus artesà. En aquest sentit, s'obtenen diferents tipus de vidre:

- **Vidre temperat:** es produeix mitjançant el procés d'escalfament del vidre brut a través d'un forn horitzontal (generalment elèctrics, de convecció o mixtos) fins a assolir entre els 620-650 °C. Posteriorment, es refreda de manera brusca amb aire fred a pressió. D'aquesta manera, s'obté un vidre amb cinc vegades més resistència que un vidre convencional que no hagi passat per aquest procés tèrmic.

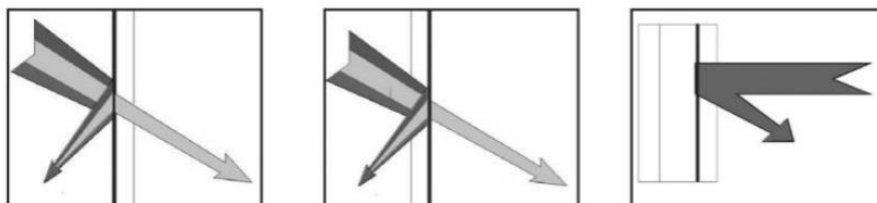


- **Vidre laminat:** es produeix mitjançant un procés d'autoclau, és a dir, a través de l'acoblament de dos vidres de diferent o igual gruix amb l'ajuda d'una capa polimèrica flexible de butiral de polivinil (PVB) que s'adhereix a tots dos vidres. condicions de pressió, calor (aproximadament 70°C) i buit. D'aquesta manera, una de les característiques bàsiques que confereix aquest procés és la resistència a la fragmentació del vidre davant de trencament, entre altres característiques.



Font: Displacements determination in laminated glass plates under static loadings using the effective Young's modulus concept (DOI: 10.1016/j.bsecv.2015.03.001).

- **Vidre reflectiu:** es produeix mitjançant el revestiment reflectiu metàl·lic a la superfície d'una de les cares. Hi ha dues categories de vidres reflectius: els solars i els de baixa emissivitat. En aquest sentit, en funció del revestiment que s'hi apliqui s'obté vidres que reflecteixen i/o absorbeixen un percentatge de llum visible, longituds d'ona curta i llarga o bé vidres que reflecteixen en altres direccions les ones.



Font: Manual del Vidrio Plano, CAVIPLAN.

- **Altres:** doble vidre hermètic, vidres lacats, vidres esmaltats, vidres translúcids, vidres serigrafiats, miralls, etc.

1.2. Procés de fabricació del vidre buit o bufat

Consisteix en la fabricació d'envasos de vidre, és a dir, ampolles, pots i vaixelles fetes a màquina, sent el subsector del vidre de més volum de producció. Es distingeixen principalment dues tècniques de fabricació d'envasos de vidre: el bufat-bufat per a la producció de recipients de boca estreta i el premsat-bufat per a recipients de boca ampla.



En aquest sentit, les màquines emprades en aquest procés són longitudinals de tipus IS (de secció independent), constituïdes per diverses seccions que funcionen de forma individual, és a dir, que es poden aturar una o diverses mentre les altres segueixen produint. Generalment, aquest tipus de màquina permet produir fins a 300 recipients per minut i processar més de 100 tones de vidre al dia.

Figura 3. Maquinària emprada per a la fabricació de vidre buit o bufat

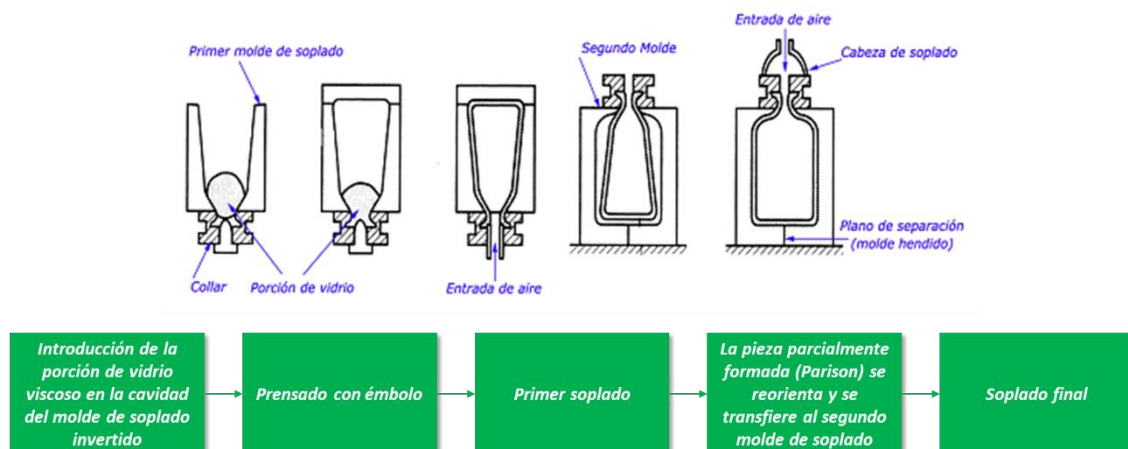


Font: Owens Illinois, 2016.

a. Tècnica de fabricació bufat-bufat

El procés de fabricació parteix de la introducció d'una porció viscosa distribuït en els diferents motlles que posseeix la màquina de fabricació, on mitjançant processos de pressió, premsatge i buit, es dona forma als envasos.

Figura 4. Diagrama de progrés de la fabricació de vidre buit mitjançant la tècnica bufat-bufat



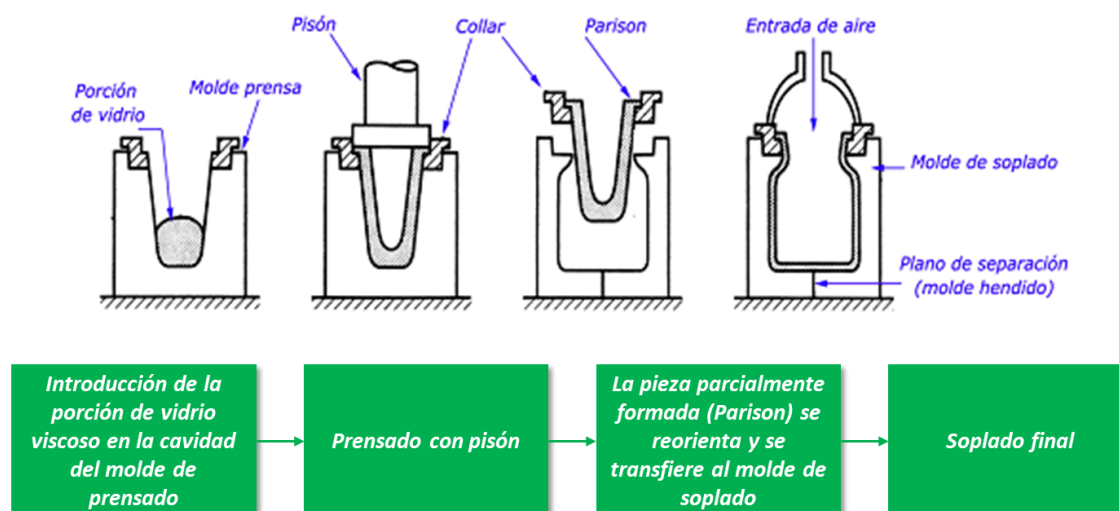
Font: Institut Cerdà a partir de la Guia Tècnica per Sectors – Vidre, AINIA.



b. Tècnica de fabricació premsat-bufat

De la mateixa manera que la tècnica descrita anteriorment, el procés de fabricació parteix de l'alimentació de la cavitat del motlle amb una porció de vidre viscos, el seu posterior premsat i transferida al motlle de bufat final.

Figura 5. Diagrama de progrés de la fabricació de vidre buit mitjançant la tècnica premsat-bufat



Institut Cerdà a partir de la Guia Tècnica per Sectors – Vidre, AINIA.

i

La introducció de mesures operatives vinculades a l'ecodisseny i a l'optimització del procés productiu de fabricació d'envasos de vidre permeten la reducció tant en el consum energètic i de primeres matèries com en el consum de matèries auxiliars per tona de vidre fos. En aquest sentit, les ampolles de vidre d'avui són 30% més lleugeres que fa dues dècades, mantenint-ne la qualitat i la resistència.

c. Acabat

Ambdues tècniques de producció de vidre buit o bufat, els segueixen un conjunt de processos posteriors a fi de millorar la resistència del material.

- **Túnel de recuita**: quan els recipients surten del procés de bufat final són conduïts cap a un forn de túnel o lehr la temperatura controlada del qual ascendeix fins als 550-600°C a través del qual circulen lentament sent reescalfats i posteriorment refredats d'una forma predeterminada. D'aquesta manera, s'evita la formació de tensions internes i s'incrementa el grau de resistència dels recipients.
- **Tractament de la superfície**: associat a la tendència actual de producció d'envasos lleugers i amb la finalitat de conferir més resistència a l'abradió, es fan diferents tractaments superficials dels envasos:



- Polvorització en calent dels recipients amb vapor de titani orgànic o compostos inorgànics d'estany, aplicant així una fina capa de metall sobre la superfície del vidre.
- Aplicació en fred d'un compost orgànic tal com àcid oleic, per incrementar la lubricitat dels recipients i permetre una manipulació òptima a les línies d'ompliment d'alta velocitat.

En cas que s'apliquin de forma excessiva aquests productes, s'estableix el contacte amb l'anell del coll, i es produeixen alteracions negatives sobre l'eficàcia del tancament de l'envàs, la retirada de tapes de torsió i tendeixen a oxidar les aletes de les tapes.

- Control de qualitat i inspecció: mitjançant una sèrie de màquines optoelectròniques automàtiques, s'avaluen les condicions dimensionals i funcionals de l'envàs a la sortida de l'arxa de recuit i el tractament de la superfície. Aquestes màquines de control estan associades a un sistema informàtic on s'emmagatzema i es tracta la informació, a fi d'informar a temps real el responsable de la línia de fabricació. Concretament, en aquest procés s'avaluen aspectes com el diàmetre intern del coll de l'envàs, els defectes de gruix, ovalització o qualsevol microfissura que compromet la resistència mecànica de l'envàs, s'eliminen les ampolles anormalment fràgils mitjançant simuladors de tensió i s'eliminen la brutícia, les partícules de vidre i defectes de pasta, com ara grans o bombolles.

Tots els envasos de vidre que no compleixin els requisits mínims de control i qualitat s'eliminen automàticament, alimentant de nou al forn de fusió.

El vidre és recollit, majoritàriament, mitjançant la seva recollida selectiva, principalment a través dels sistemes de recollida selectiva establerts a escala municipal, tant per al generador domiciliari com per a comercial (centrant-se en el sector HORECA). En aquest darrer cas, es recupera vidre tant a partir de la recollida selectiva monomaterial (canal municipal majoritari) com a través de la recuperació en plantes de tractament de residus urbans.

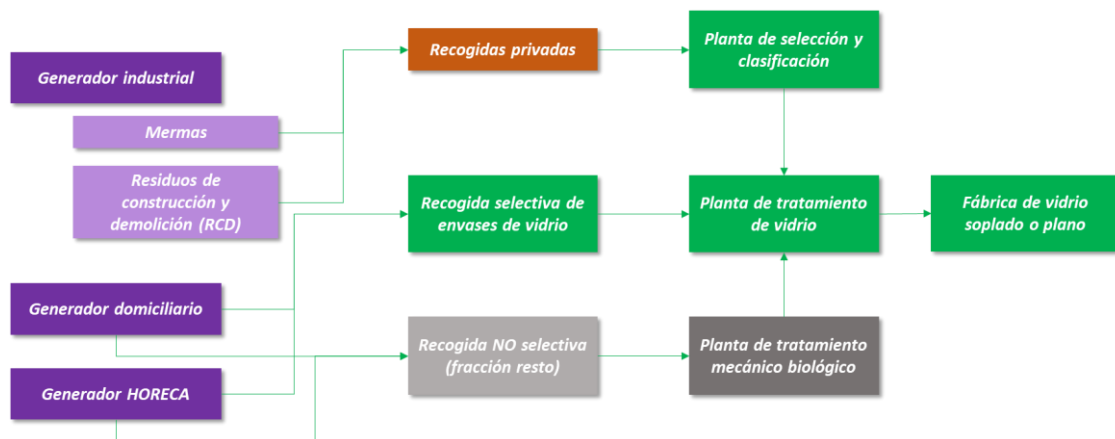
En menor percentatge, també es recull residu de vidre pla de procedència industrial, procedent principalment de cristalleries, desballestament d'automòbils, enderrocaments de la construcció, entre d'altres.

Tabla 1 Recuperació de vidre a Espanya l'any 2020 en funció del seu origen

Any	Quantitats recuperades (t)
Recollida municipal monomaterial de vidre (incloent contenidor i porta a porta)	843.785
Recollida a plantes de residus urbans	63.750
Recollida selectiva a l'àmbit privat	s.d.
Quantitats totals recuperades	s.d.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Ecovidrio.

Figura 6. Fluxos de recuperació del vidre



Font: Elaboració pròpia.

Recollida de vidre

El vidre és dels pocs materials que suporta infinits cicles de reciclatge sense perdre'n les propietats físiques. En aquest sentit, la reincorporació de vidre reciclat en els processos de fabricació depèn, entre altres factors, de la tipologia de vidre, de la disponibilitat del recurs esmentat i de les característiques del material.

En aquest sentit, el reciclatge del vidre buit o bufat es troba àmpliament estès, impulsat pel Títol IV Responsabilitat ampliada del productor del producte inclòs a la Llei 22/2011, de 28 de juliol, de residus i sòls contaminats, on es preveu la obligació de garantir el reciclatge i la valorització d'aquest producte a través de l'establiment de sistemes que garanteixin la devolució i el retorn de l'envàs per gestionar-los correctament, així com l'ús de materials procedents dels residus en la fabricació de productes.



Font: Reciclat de l'envàs de vidre, ANFEVI.



A Espanya, l'entitat encarregada de gestionar la recollida de residus d'envàs de vidre i del reciclatge posterior és Ecovidrio. Aquesta entitat s'encarrega principalment de gestionar la recollida d'envasos de vidre d'un sol ús, tant dels residus generats pel sector HORECA com dels generats a l'àmbit domiciliari. Aquesta recollida selectiva es realitza de dues maneres:

- A través dels iglús i contenidors monomaterials situats a la via pública.
- A través de plantes de residus urbans, on es recuperen aquells residus d'envasos de vidre que no han estat dipositats correctament, evitant així que acabin abocadors. En aquest context, cal una separació específica per poder incorporar-los a la cadena de reciclatge i obtenir vidre triturat per a la seva reintroducció en el processament de nous envasos.

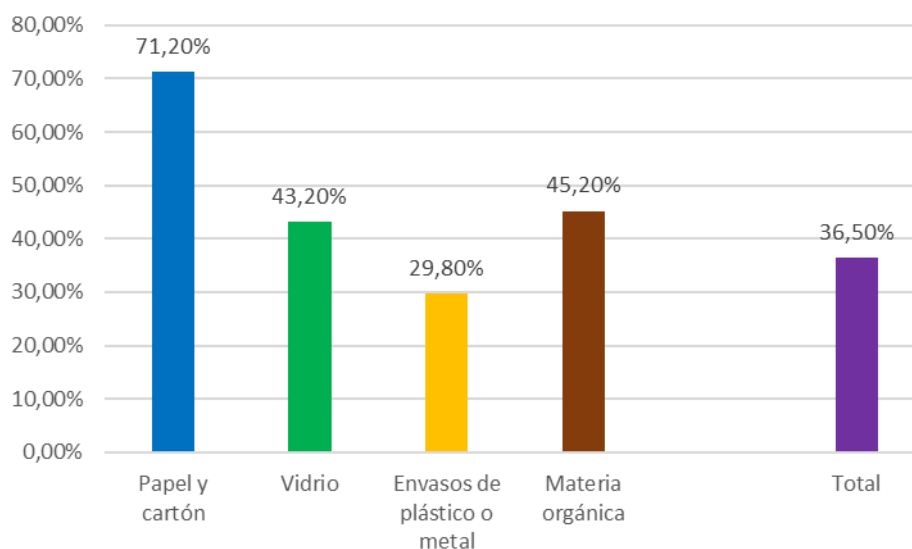
- **Sector HORECA** (principalment bars, restaurants i establiments hotelers): majoritàriament el material recuperat correspon a envasos de vidre. A la majoria de les ciutats del territori espanyol hi ha una recollida específica per a aquest sector, facilitant així que els residus d'envasos de vidre d'aquest sector s'incloguin de manera més eficaç en el procés de reciclatge. En aquest sentit, cal destacar que la recollida porta a porta existents a molts municipis té com a objectiu la recollida específica d'aquest sector en aquells àmbits amb més densitat comercial. En menor mesura, també es generen residus de vidre pla, que es gestionen mitjançant el mateix sistema de recollida, dipositant aquests residus al contenidor de la fracció resta.



Font: Ecovidrio.



Figura 7. Aportació de la generació dels residus comercials a la generació de les diferents fraccions de residus comercials a Catalunya



Font: Institut Cerdà, 2013.

- **Domicilis:** els residus de vidre generats als domicilis són majoritàriament envasos de vidre la recollida dels quals es duu a terme mitjançant els serveis de recollida selectiva municipals o supramunicipals amb diferents sistemes, sent el sistema amb iglú o contenidor el més estès al territori . Aquests serveis poden ser directament gestionats per Ecovidrio o bé, en el cas que la gestió sigui municipal, la recollida és finançada per Ecovidrio al 100%. Els residus de vidre pla es dipositen al contenidor de fracció resta i la recollida és també gestionada pels serveis municipals i mitjançant diferents sistemes.



Font: Ecovidrio.



i

Segons dades d'Ecovidrio i del Ministeri per a la Transició Ecològica, s'estima que la taxa de reciclatge d'envasos de vidre va assolir el 76,8% l'any 2018. Aquesta taxa únicament representa els envasos de vidre domèstics i d'hostaleria. No es tenen dades exactes sobre la recollida de vidre pla. En aquest sentit, el sector HORECA és el generador de residus més gran d'envasos de vidre d'un sol ús, generant el 52% del total recollit. Per al sector, el potencial més gran de creixement a curt termini continua sent en l'àmbit municipal i confien que s'assoleixin taxes de recollida més grans en els propers anys.

Per la seva banda, el reciclatge de vidre pla és més complex, ja que requereix que el producte presenti unes característiques físiques i tècniques específiques perquè la seva recuperació i ocupació sigui efectiva. En aquest cas, el sistema és més complex i requereix un percentatge més elevat de matèria verge en proporció al vidre triturat –“calcí”– (entre un 20-25%). Això és perquè els requisits de qualitat per a la fabricació de vidre pla són molt més alts que per a la fabricació de vidre bufat destinat a envasos.

- **Sector industrial** (principalment indústries de l'automòbil, indústria de la construcció i residus derivats del sector de la construcció i la demolició): es considera que la fabricació de vidre no genera residus durant la seva fabricació, ja que tots aquells residus de tall i dimensionament tornen a introduir al procés de fabricació. En aquest sentit, la major part dels residus de vidre procedeix del sector de la construcció i demolició. Aquests residus, en estar barrejats amb altres residus d'aquest sector, s'han de dipositar als llocs indicats per a enderrocs de construcció o mitjançant gestors de terres o recuperadors de vidre.

En aquest context, el principal problema per a la indústria es focalitza en la recol·lecció dels residus de vidre pla i de fibres de vidre i derivats. En moltes ocasions, aquesta tipologia de residus es recull de manera conjunta amb altres materials (concret, maó, fusta, ferro i acer, etc.) principalment a les deixalles provinents dels sectors de la construcció i la demolició i cal una separació prèvia exhaustiva per poder incorporar-los a la cadena de reciclatge i fabricar calcí que pugui ser destinat, si aquest compleix amb els estàndards europeus de qualitat, a la fabricació de nou vidre pla.

i

De mitjana, s'estima que entre el 0,5-0,7% dels residus de construcció i demolició corresponen a vidre.

Una elevada presència d'impuritats al calcí reciclat pot causar una pèrdua total del producte, per la seva baixa qualitat. L'excedent de calcí procedent de vidre pla es pot destinar a la fabricació de fibra de vidre o com a material per asfaltar carreteres.

Selecció i classificació del vidre

Tal com s'ha esmentat anteriorment, el vidre és un material 100% reciclable sense perdre'n les propietats. La cadena de reciclatge d'aquest material descriu un cercle pràcticament tancat i



evita l'extracció de primeres matèries, estalviant energia i disminuint les emissions de gasos d'efecte hivernacle associades.

Els envasos de vidre postconsum recollits a través dels iglús i contenidors es transporten fins a una planta de tractament on són descarregats, i dipositats en diferents cintes per a l'eliminació de materials impropis com, per exemple, metalls, plàstic, ceràmica i porcellana, garantint així un reciclatge d'alta qualitat. Posteriorment, el vidre, totalment net, es tritura convertint-se en calcí, subproducte que permet fabricar nous productes de vidre amb les mateixes característiques que els productes originals.

Figura 8. Fases habituals del procés de reciclatge del vidre per a la producció de calcí (esquerra)



Font: Institut Cerdà a partir de dades d'Ecovidrio, 2021.

Els sistemes de classificació i separació emprats serveixen per una banda per segregar els impropis que acompanyin el vidre i, de l'altra, serveixen per classificar el vidre en funció de les seves característiques visuals. A continuació, es presenten de forma ordenada, els diferents sistemes que s'utilitzen per preparar el vidre per al reciclatge correcte:



Sistemes de separació magnètica

És la primera separació que es duu a terme un cop els residus de vidre arriben a la planta de tractament. S'eliminen els residus de metall o envasos d'alumini que puguin estar presents entre els residus de vidre. Per això, es fan servir blocs magnètics que creen un camp magnètic en una de les seves cares podent així separar els materials ferromagnètics de la resta de materials.

Sistemes de cribatge i aspiració

- Separació de barres: classifica el material segons el seu volum. Consta d'una sèrie de pisos disposats en cascada, amb barres en voladís a cadascun dels pisos. La vibració d'aquestes barres fa avançar els residus de major volum, colant-se entre les barres aquells de menor volum i que tindran un segon cribatge a la separació de malles.
- Cribatge de malles: en aquest segon cribatge se separen els trossos de material més petits d'aquells de major volum i apareixen els primers trossos de calcí. Consta de malles metàl·liques resistents que per vibració classifica el material.
- Aspiració: amb aquest sistema s'eliminen els residus més lleugers que encara puguin estar presents entre el vidre. Aquests residus són principalment papers o bosses de plàstic.

Sistemes de triatge manual

Es duen a terme després del garbell de barres i malles. En aquesta fase, es retiren de les cintes transportadores aquells elements més voluminosos que no han pogut ser rebutjats amb els sistemes anteriors.

Sistemes de separació òptica

Tecnologia basada en la utilització de sensors d'escaneig ràpid (habitualment d'infraroig proper -NIR- o cian, magenta, groc i negre -CMYK-) ubicats a l'extrem de la cinta transportadora per analitzar el flux d'entrada. Els sensors activen bufats d'aire controlats per ordinador que aïllen l'objecte que voleu seleccionar i el transfereixen a una altra cinta transportadora. Amb aquest sistema s'eliminen trossos de ceràmica i porcellana i també se separa el calcí per colors.

El material vitre és triturat per convertir-se en calcí, apte per ser utilitzat en les plantes de fabricació d'envasos de vidre. En aquest sentit, la taxa d'incorporació de **casc de vidre al processament d'envasament a Espanya és del 48 %¹**. Tot i això, aquesta xifra pot assolir el 60%-70% d'incorporació de vidre reciclat, en funció de la coloració de l'envàs produït. En aquest

¹ El percentatge d'incorporació de casc de vidre es calcula com a quocient de la quantitat total de calcí consumit per totes les plantes dividit entre la producció total de vidre, ANFEVI, 2019.

sentit, la coloració topazi i verd admet calcí procedent de barreja d'envasos amb diferents colors, mentre que les coloracions transparents requereixen més proporció de matèria primera.

i

L'ús de calcí per fabricar nous envasos redueix en un 53% les emissions de diòxid de carboni davant l'ús de primeres matèries i redueix en un 38% el consum d'energia, segons Ecovidrio.

1.3. Processos de fabricació d'altres materials derivats del vidre

1.3.1. Fibra de vidre

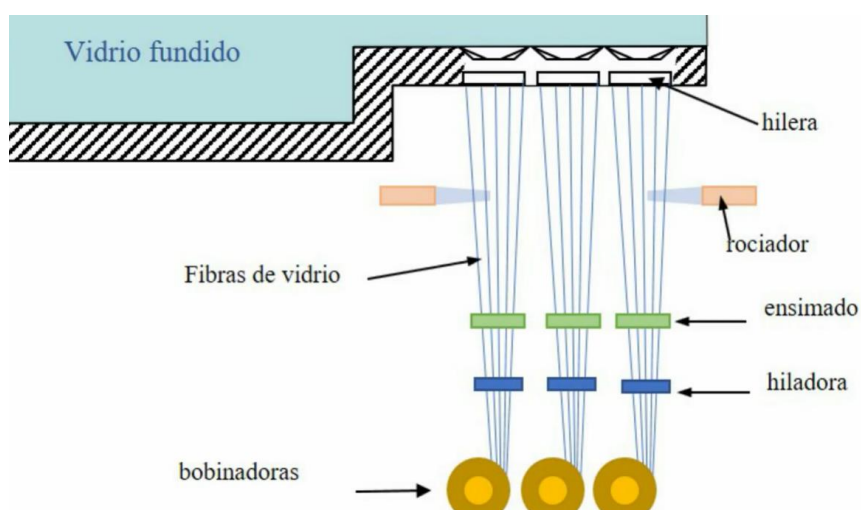
La fibra de vidre és un material que consta de nombrosos filaments ceràmics basats en diòxid de silici. Aquests filaments són molt fins, arribant a mesurar entre 8 i 15 micres. Es distingeixen dos processos de fabricació de fibra de vidre, el procés de fosa directa i la refosa de bales. Ambdós processos, però, es basen en el mateix principi: l'estirament del material vitri viscos a temperatures molt altes ja sigui per tracció mecànica o per fluids en moviment.

En el **procés amb bales**, el material fos se separa i s'enrotlla en bales refredades i empaacades. Aquestes bales es transporten a instal·lacions on s'elabora la fibra, dipositant-les en contenidors per refondre-les i conformar fibra.

En canvi, per al **procés directe**, el vidre fos va directament a les fileres. Aquestes fileres estan conformades per buits per on passa el vidre fos, formant directament les fibres de vidre. Els ruixadors són els encarregats de refredar les fibres per enviar-les a la zona d'ensimat i la zona de filat. Les bobines són les que produeixen el estirat del vidre.

- Procés de filaments continus: els filaments obtinguts són sotmesos a un tractament per protegir la fibra i donar-li més fermesa. A aquest tractament se'l coneix com a afany. El tipus d'apresta que s'apliqui dependrà de l'ús final que tingui la fibra de vidre.
- Procés de fibra corrent: el vidre se bufa amb vapor un cop surt de la màquina on es fon, obtenint una cosa semblant al feltre.

Figura 9. Diagrama de progrés de la fabricació de fibra de vidre



Font: Universitat a distància de Madrid (UDIMA), 2020.



1.3.2. Llanes minerals

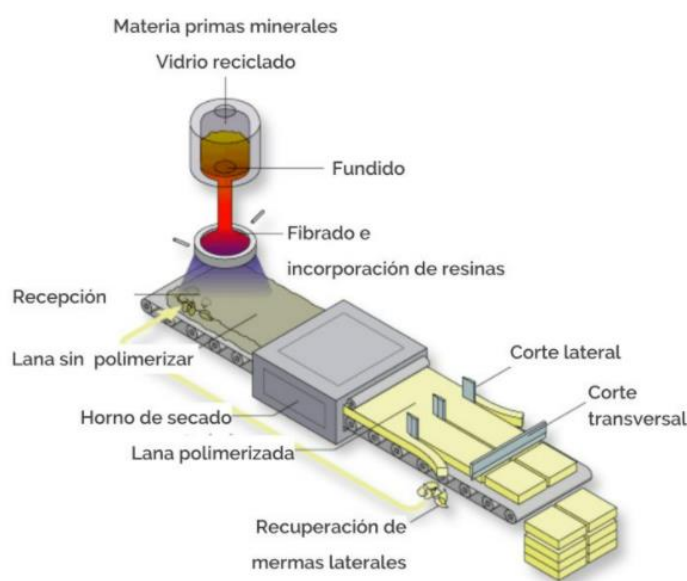
1.3.2.1. Llana de vidre

La llana de vidre és un material que consta de nombrosos filaments units amb un aglutinant. Les primeres matèries utilitzades per a la fabricació d'aquest producte són les mateixes que en la fabricació de vidre pla, buit o bufat i fibra de vidre, però, la introducció de vidre reciclat es fa servir gairebé en un 80%.

El procés s'inicia amb l'acumulació de les primeres matèries i el calcí en sitges, barrejant-se de forma automàtica en quantitats ponderades i posteriorment abocades al forn. Mitjançant un alimentador, el vidre flueix a la màquina de formació de fibres. La part principal de la màquina és una roda giratòria i està perforada per multitud de forats d'1 mm de diàmetre. La fibra és empena de forma centrífuga cap a aquests forats, on es procedeix a polvoritzar aglutinant. Un cop finalitzat el procés, es procedeix al curat de la fibra i al posterior empaquetatge.

Cal destacar que el procés de fabricació de llana de vidre és molt semblant al de fibra de vidre. La principal diferència és que per a la fibra de vidre no es fa servir aglutinant per facilitar la compactació de les fibres i crear la llana.

Figura 10. Diagrama de progrés de la fabricació de llana de vidre



Font: Associació de fabricants espanyols de llanes minerals aïllants (AFELMA), 2021.

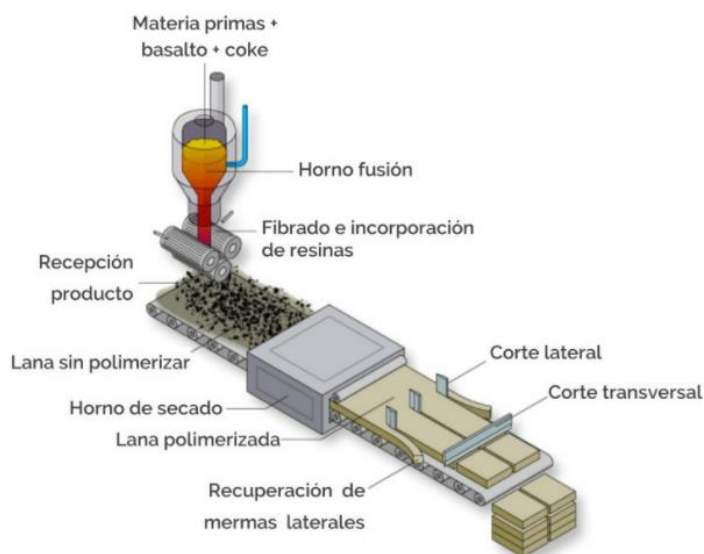
1.3.2.2. Llana de roca

La llana de roca és un material fabricat a partir de roca basàltica, dolomia i materials de rebuig de les indústries de fabricació de l'acer. La fusió de les primeres matèries es duu a terme en una cúpula on s'assoleix una temperatura superior als 1.600 °C. Un cop fos, el material vitriós cau de la cúpula cap a unes rodes giratòries que, gràcies a la força centrífuga, fa que es formin les fibres.

Després de la polvorització d'un lligant, es reuneixen les fibres per compactar-les i formar el matalàs de llana primària.



Figura 11. Diagrama de progrés de la fabricació de llana de roca



Font: Associació de fabricants espanyols de llanes minerals aïllants (AFELMA), 2021.

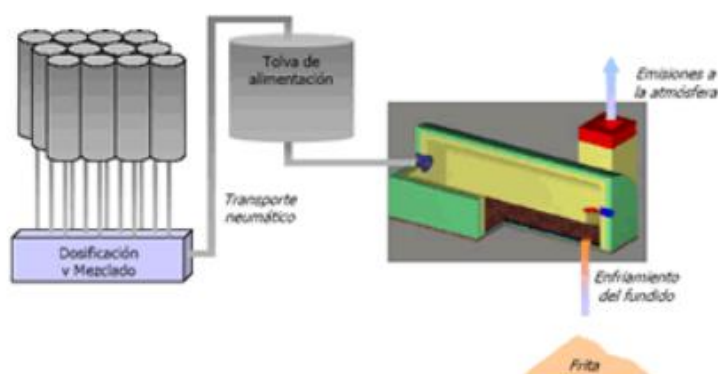
i

Al sector de llanes minerals, la incorporació i reciclatge d'altres matèries primeres secundàries assoleix valors del 70%.

1.3.3. Frites i esmalts

Les frites són un material vitri que resulta del procés de fosa d'una barreja de matèries primeres (òxids, silicats, carbonats, aluminosilicats, borats, etc.) a alta temperatura, concretament entre els 1.350 i els 1.550 °C, en un forn de fusió. La fosa cau en un receptacle on és barrejat amb aigua per refredar la barreja, creant petits trossos de vidre. Hi ha la possibilitat de refredar la barreja fosa amb aire, fent passar la barreja a través d'uns rodets, que laminen la pasta vítria, per posteriorment passar per un trencador que redueix la pasta a petites partícules. Un avantatge del refredament per aire és que no cal l'assecat posterior, que sí que ho és per al refredament per aigua.

Figura 12. Diagrama de progrés de la fabricació de frites



Font: Associació nacional de fabricants de fregides, esmalts i colors ceràmics (ANFFECC), 2021.



La principal aplicació de la frita ceràmica és la fabricació d'esmalts. Aquests esmalts s'apliquen a les superfícies per conferir una capa impermeable, protectora i decorativa. En la preparació dels esmalts es pesen les matèries primeres (frites, additius i colors ceràmics) per separat, barrejant-se posteriorment en un recipient. En aquest recipient es procedeix a la mòlta humida, on s'obté l'esmalt en fase líquida llest per ser aplicat i comercialitzat.

1.4. Productes obtinguts del procés de fabricació

Els productes obtinguts del procés de fabricació del vidre es poden classificar en 6 grups de productes en funció de les aplicacions finals que tingui cadascú. Cada producte s'obté mitjançant diferents tipus de fabricació, i aportant-hi diferents característiques fisicoquímiques.

Vidre pla

Es fa servir principalment per a la fabricació de vidres per a la indústria de l'automoció i el sector de la construcció. Concretament, s'usa per a miralls decoratius, fabricació de lluneta flotada i vidre colat, vidres especials, vidres de seguretat i laminats, miralls de vidre, llunetes polides, etc. El vidre pla és el segon sector a Espanya, representant el 20% de la producció total de vidre.

Vidre buit, bufat o buit

Vidre destinat a la fabricació d'ampolles per a begudes, especialment per a vins, caves, cerveses, refrescos i aigües minerals; pots per a altres productes de consum com, per exemple, conserves; i flascons, per a articles de perfumeria i cosmètica, productes farmacèutics, etc. Els envasos de vidre són inerts i són perfectes per preservar-ne el contingut, conservat el sabor, la fragància i la salubritat inicial. Així mateix, altres activitats demandants de vidre buit són activitats de laboratori i de consum com ara articles de decoració. Representa el 60% de la producció total de vidre a nivell espanyol.

Filament continu de vidre (fibres llargues)

En aquesta categoria es troba principalment la fibra de vidre. S'usa principalment per a la fabricació de fibres de teixits de malla per al reforç de façanes i prevenció d'esquerdes, sistemes d'aïllament, reforç ignífug, entre d'altres. Així mateix, es fa servir en la fabricació d'esquís i taules d'esquí de neu i aquàtic, bats de beisbol i pals d'hoquei. També s'empra a la fibra òptica com a mitjà de transmissió de dades a través d'impulsos fotoelèctrics.



Llanes minerals (fibres curtes)

- Llana de vidre
- Llana de roca

Les llanes minerals es fan servir com a aïllant tèrmic i acústic en cobertes, façanes parets interiors, sostres, terres i forjats entre altres instal·lacions.

Frites i esmalts

Recobrint vitre de ceràmiques (per exemple, rajoles i altres utensilis com vaixelles).

Altres vidres

Vidres de tubs catòdics per a televisors i monitors, vidre d'il·luminació (fluorescents i bombetes), vidre òptic, tubs per a la indústria farmacèutica, vidre de laboratori i tècnic, vidre de borosilicat i de ceràmica (parament de cuina i usos domèstics a altes temperatures – forns), així com la fabricació de panells de LCD per a la indústria electrònica.



Els productes de vidre buit i pla acaparen el 90% de la producció de vidre a Espanya.



2. El sector de fabricació de vidre a les Illes Balears

Espanya és el quart país a nivell europeu en fabricació de vidre, darrere d'Alemanya, França i Itàlia. El sector de producció de vidre a Espanya està representat per l'associació Vidrio España, que integra pràcticament la totalitat de les empreses que fabriquen vidre. Les 16 organitzacions que conformen Vidrio España tenen fàbriques repartides per tota la geografia espanyola.

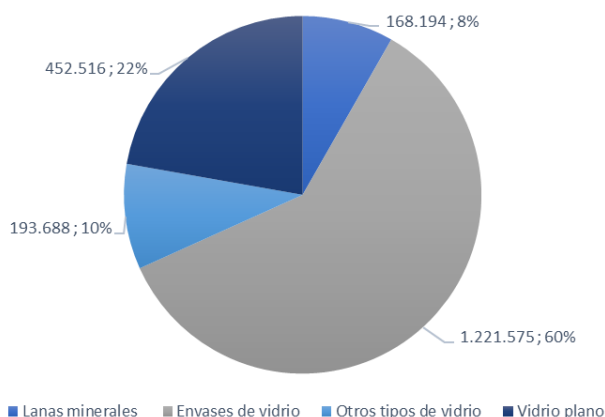
Figura 13. Localització de les indústries productores de vidre més rellevants a Espanya



Font: *Glassglobal Plants, 2021.*

El 2019, la producció total espanyola va ser de més de 4 milions de tones, generant de forma directa més de 6.000 llocs de treball i suposant una facturació de 2.008 milions d'euros. En termes econòmics, la xifra de negoci més important per al sector del vidre és el subsector que s'encarrega de fabricar envasos, que concentra el 60% dels ingressos generats per la indústria.

Figura 14. Distribució de la producció (en milers d'euros) per subsectors de la indústria del vidre a Espanya per a l'any 2019



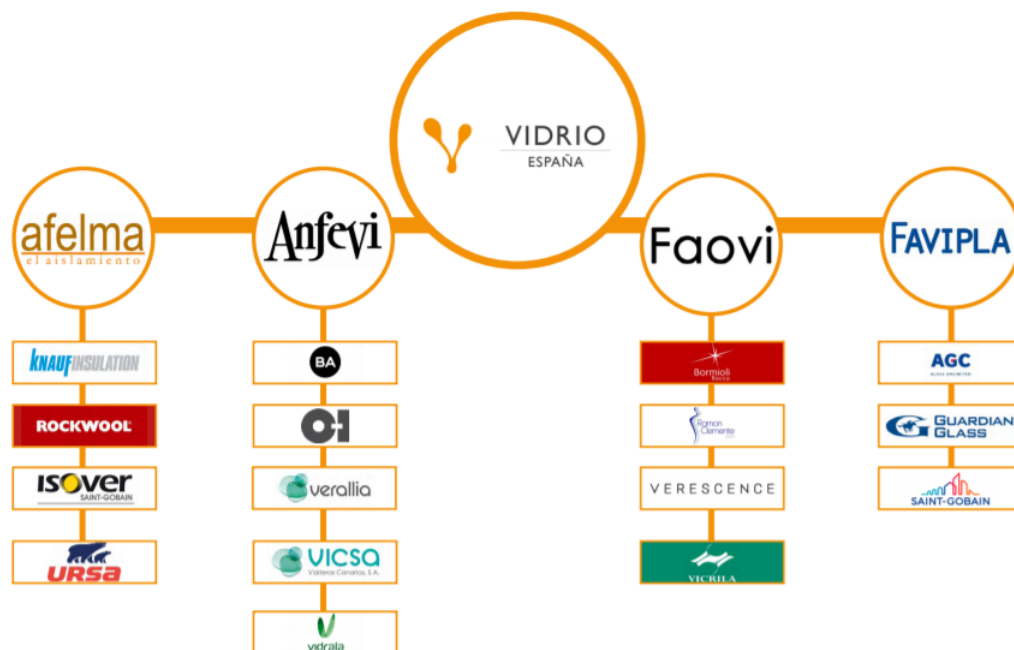
Font: *Institut Cerdà a partir de dades de Vidrio España, 2020*

El 2019, el sector va consumir 1,81 MWh per tona de producte fabricada i es van emetre a l'atmosfera 0,42 tones de diòxid de carboni per tona de producte. Cal destacar que en període de 2014-2019, quan la producció va augmentar en un 6,6%, la indústria espanyola va aconseguir



reduir les emissions de diòxid de carboni en un 2,5%. El 90% de les matèries primeres i subproductes utilitzats per a la producció de vidre són adquirits al territori nacional, i d'aquestes, el 55% està en un radi de 300 km. El 61% del producte fabricat és venut i comercialitzat al mercat nacional, mentre que la resta s'exporta principalment a països europeus

Figura 15. Principals companyies pertanyents al sector del vidre que operen a Espanya



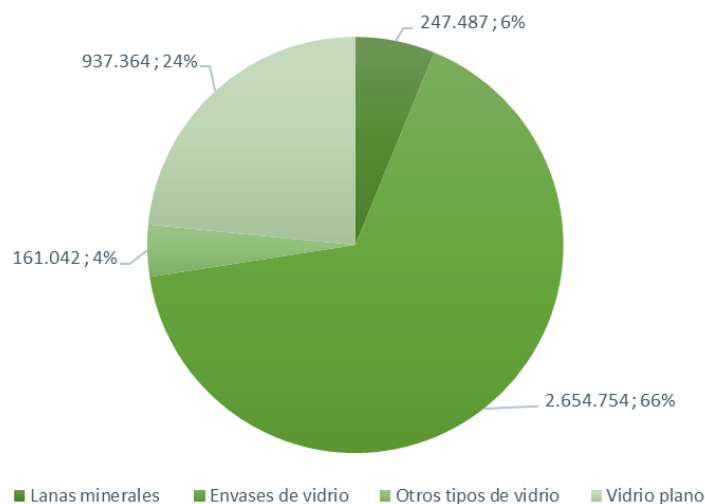
Font: Vidre Espanya, 2020.

Per subsectors, la fabricació d'envasos de vidre va concentrar el 66% del total del vidre produït a Espanya durant l'any 2019, seguit de la fabricació de vidre pla, que va concentrar el 24% de la producció total de vidre durant el mateix període de temps . El 10% restant correspon a la fabricació de llanes minerals i altres tipus de vidre.

Tot i que la producció d'envasos de vidre ha augmentat progressivament des del 2014, les emissions s'han reduït un 7,5% per cada tona d'envasos de vidre reciclat, arribant a emetre 0,37 tones de diòxid de carboni per cada tona de producte fabricat. El creixement de la fabricació d'envasos de vidre a Espanya s'ha impulsat tant per la demanda interna com l'externa, sobretot lligada al sector alimentari i de begudes.



Figura 16. Distribució de la producció (en tones) per subsectors de la indústria del vidre a Espanya per a l'any 2019



Fuente: Institut Cerdà a partir de dades de Vidrio España, 2020.

i

Tal com s'ha indicat, els nivells de substitució de matèries primeres per casc de vidre (o vidre triturat) per a la producció d'envasos de vidre s'ha situat al 44% el 2019. D'aquesta manera, per cada tona de vidre recicla, s'evita l'emissió d'uns 580 kg de diòxid de carboni, reduint l'emissió de contaminants atmosfèrics en un 20% i la contaminació de l'aigua en un 50%.

i

L'ús de casc de vidre (o vidre triturat) en la producció d'altres vidres es va situar el 2019 al 29%, arribant a les 46.846 tones de producte reciclat utilitzat. Per la seva banda, per a la fabricació de vidre pla, la incorporació de vidre reciclat es va situar al 32%.

A les Illes Balears hi ha 25 empreses de fabricació de productes de vidre, amb una ocupació d'aproximadament 200 persones. No obstant això, totes elles es consideren petites o mitjanes empreses, ja que gairebé la totalitat d'elles tenen menys de 20 treballadors assalariats.

Institut  Cerdà

Valor 2030: Superació de les barreres a la utilització de matèries primeres secundàries als principals sectors industrials



SECTOR: PRODUCCIÓ DE METALLS

JUNY 2023



Índex del document

1.	El procés de fabricació de metalls.....	3
1.1.	El procés de producció del ferro i acer	4
1.2.	El procés de producció de l'alumini.....	18
1.3.	El procés de producció del coure	30
2.	El sector de fabricació de ferro i acer a les Illes Balears.....	42
3.	El sector de la fabricació d'alumini a les Illes Balears.....	43
4.	El sector de la fabricació de coure a les Illes Balears	44

1. El procés de fabricació de metalls

Els metalls són elements químics (o aliatges d'aquests) que comparteixen una sèrie de propietats comunes, entre les quals destaquen les següents:

- Bona conductivitat de la calor i de l'electricitat.
- Punt de fusió alt, de manera que es troben en estat sòlid a temperatura ambient¹.
- Mal·leabilitat² i ductilitat³, amb la qual cosa es poden conformar productes de diverses formes.
- Tenacitat⁴ i resistència mecànica⁵, que atorguen una gran durabilitat als productes metàl·lics.

Així mateix, els metalls es poden reciclar de forma il·limitada sense perdre les esmentades propietats mitjançant la fosa de la ferralla no barrejada (previ procés de separació i classificació dels diferents metalls), sempre que no es trobi contaminada.

Així, els metalls en general es poden obtenir mitjançant dos processos de fabricació diferents: un procés primari, a partir de minerals metàl·lics extrets de processos miners, i un de secundari, a partir del reciclatge de la ferralla metàl·lica, que presenta una sèrie d'avantatges, entre les quals es destaquen:

- Menor impacte ambiental a l'extracció dels minerals metàl·lics, així com a la gestió dels residus metàl·lics.
- Estalvi en el consum energètic a la fabricació del metall.
- Disponibilitat d'una font alternativa i local per al proveïment de metalls, element estratègic en un context de gran producció forana unit a un creixement sostingut de la demanda, tant global com interna.

Dins de l'ampli ventall de metalls coneguts⁶, en aquest document es descriuen en profunditat els metalls més utilitzats a escala mundial (ferro i acer, alumini, i coure), per als quals es descriuran els seus processos de producció (tant primari com secundari), els seus processos de reciclatge (incloent-ne la recollida, selecció i classificació, i fi de la condició de residu), i els productes més comuns en què s'utilitzen els metalls estudiats.

¹ Llevat d'alguns metalls com el mercuri.

² Capacitat d'un metall per estendre's en planxes o làmines.

³ Capacitat d'un metall per estendre's en filferros o fils.

⁴ Resistència dels materials a trencar-se en rebre forces brusques (impactes).

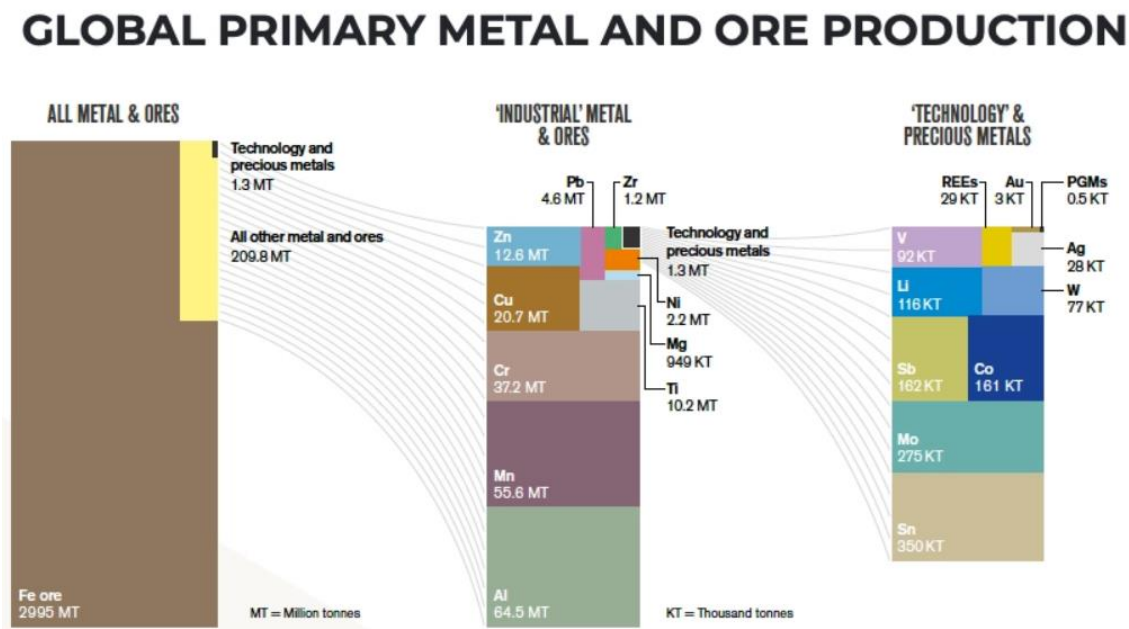
⁵ Resistència dels materials a esforços (de tracció, compressió, torsió, flexió) sense deformar-se ni trencar-se.

⁶ Els metalls suposen la majoria dels elements de la taula periòdica.

1.1. El procés de producció del ferro i acer

El ferro és el quart element més abundant a l'escorça terrestre, amb una proporció lleugerament superior al 5% en pes⁷. És un metall mal·leable, tenaç, de color gris platejat i posseeix propietats magnètiques. A més, el ferro se situa com el principal metall produït a nivell mundial, ja que representa fins al 95% de la producció mundial de metalls primaris i minerals (vegeu Figura 1).

Figura 1. Diagrama de la fabricació de metalls



Font: <https://www.mining.com/wp-content/uploads/2021/04/global-production-of-primary-metals-ores.jpg>.

No obstant això, el ferro pur no té gaires aplicacions, llevat d'usos molt concrets, com l'aprofitament de les propietats magnètiques per a la producció d'electroimants, entre d'altres. Per tant, la major part del ferro es fa servir per a la producció d'acer, sense arribar a formar ferro sòlid.

L'acer és la denominació que es dona als aliatges de ferro i carboni, on el carboni es troba en dissolució sòlida i en una proporció màxima del 2,1%. L'acer també pot contenir altres elements químics que generen aliatge que li modifiquen les propietats, adaptant-lo a les característiques necessàries per a cada ús. Per exemple, en el cas de l'acer inoxidable aquest té un contingut en crom generalment superior al 12%, a més de níquel, cosa que li atorga alta resistència a la temperatura i corrosió.

Adicionalment als compostos d'acer, a partir del ferro també es poden produir els compostos de fosa, formats per aliatges de ferro i carboni amb un percentatge de carboni d'entre el 2% i el 6%.

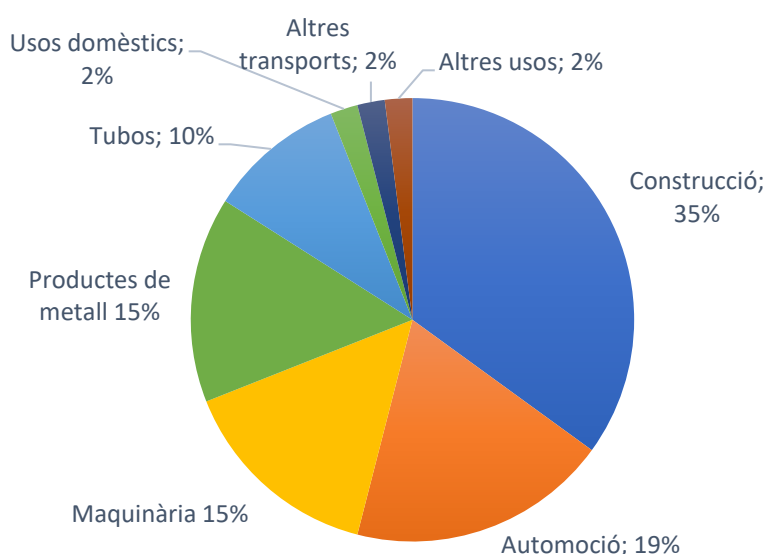
⁷ <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/fe.htm>.

Per a la producció de l'acer hi ha principalment dos tipus de plantes, les plantes de siderúrgia integral i les plantes de siderúrgia no integral (també coneguda com a acereria elèctrica). La principal diferència és que la integral realitza el procés complet de producció d'acer a partir del mineral de ferro, mentre que l'acereria elèctrica utilitza com a matèria primera fonamental la ferralla fèrrica.

Segons dades d'UNESID (associació espanyola que representa els productors d'acer, així com les que realitzen la seva primera transformació), el sector siderúrgic espanyol va produir 13.588 milers de tones d'acer el 2019, el 69% del qual es va produir mitjançant la ruta elèctrica (reciclatge de ferralla fèrrica) i el 31% mitjançant la ruta integral (a partir de mineral de ferro).

Per sectors, el sector de la construcció va representar el sector amb més demanda d'acer a nivell europeu el 2019, concentrant el 35% de la demanda total (vegeu Figura 2).

Figura 2. Consum d'acer per sectors, any 2019



Font: <https://www.eurofer.eu/>

a. El procés d'obtenció del ferro i acer a partir de matèries primeres no reciclades

L'obtenció primària de ferro i acer es desenvolupa a les plantes de siderúrgia integral, en les quals es produeix acer a partir del mineral de ferro, que està formada per òxids de ferro, entre altres compostos. En primer lloc, el mineral de ferro se sotmet a un procés de sinterització⁸ per aconseguir les característiques necessàries per poder introduir-se al forn alt⁹.

⁸ Procés mitjançant el qual es transformen les partícules fines de mineral de ferro, no aptes per a la seva introducció directa al forn alt, en un producte que sí que es pugui utilitzar en el procés industrial (sinter). Per això, al mineral de ferro se li barregen altres substàncies (coc, aigua i fundents), i la barreja s'escalfa a 1.100°C-1.200°C, es refreda, i finalment es tritura i tamisa segons la granulometria desitjada.

⁹ Forn de cuba molt perllongada, destinat a reduir els minerals de ferro mitjançant la utilització d'agents reductors (com el carbó) i aire calent.

El mineral de ferro sinteritzat s'introdueix llavors al forn alt juntament amb coc¹⁰ (tant per les seves propietats com a agent reductor dels òxids de ferro com per les seves propietats com a combustible) i fundents (en general, calcària o dolomia, amb els quals es disminuirà punt de fusió de la barreja). L'objectiu d'aquest procés és aconseguir la reducció i posterior fosa dels òxids de ferro del mineral d'entrada per obtenir lingot d'alt forn, amb una composició aproximada d'un 92% de ferro, 4,5% de carboni, 0,5% de silici, 0,05% de sofre i 0,5% de manganès.

El lingot d'alt forn obtingut és transportat fos a l'acereria o modelat en forma de lingots per al seu ús en foses.

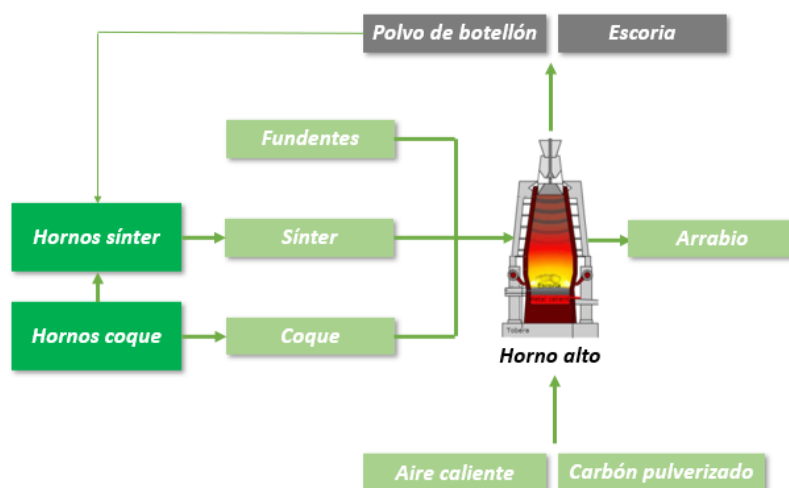
i

A més de lingot d'alt forn, al forn alt es generen unes escòries que contenen les impureses separades durant el procés, que se separen del lingot d'alt forn per diferència de densitat. Aquestes escòries, després d'un procés de refredament que en determina les característiques, poden ser valoritzades materialment en altres sectors industrials, com el de la fabricació del ciment.

i

La pols obtinguda de la depuració dels gasos generats al forn alt pot ser reaprofitada com a matèria primera en la sinterització del mineral de ferro, reduint la generació de residus del procés d'obtenció d'enrenou.

Figura 3. Esquema del procés de producció de lingot d'alt forn en una planta siderúrgica integral



Font: Elaboració pròpia a partir de la Fitxa Sectorial del Sistema Espanyol d'Inventari d'Emissions.

Per a la producció d'acer a partir de lingot d'alt forn, aquest requereix ser refinat per reduir-ne el contingut en carboni i la resta d'impureses. El procés de refinat es realitza mitjançant dues etapes: una primera etapa de reducció del contingut en carboni i d'eliminació d'impureses (en

¹⁰ Combustible sòlid d'alt poder calorífic, compost principalment de carboni i amb un baix grau d'impureses, generalment obtingut del carbó.

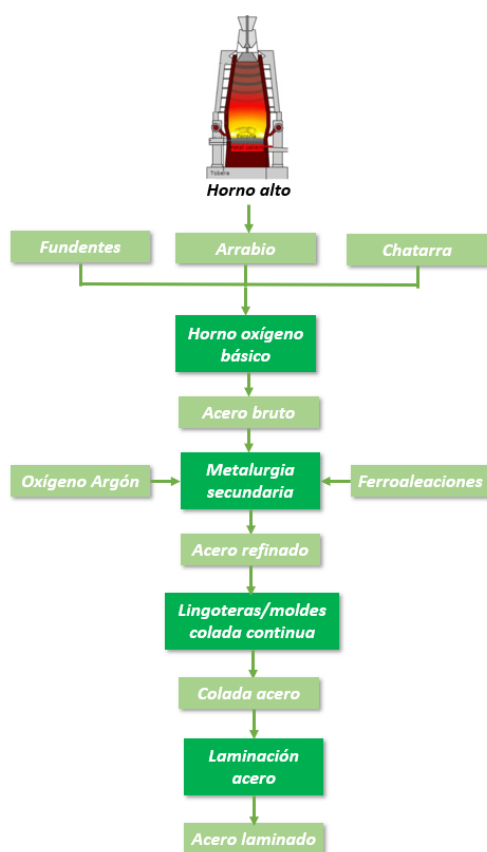
forns d'oxigen bàsic¹¹), i una segona etapa d'addició de ferroal·liatges per obtenir els diferents acers amb propietats específiques (metal·lúrgia secundària).

A la primera etapa del refinat, el lingot d'alt forn s'introdueix en forns d'oxigen bàsic juntament amb ferralla d'acer (en una proporció aproximada del 20%) i fundent (calcari o dolomia). En aquest forn, que no requereix l'ús de combustibles per la naturalesa fortament exotèrmica de les reaccions que s'hi produeixen, s'oxida el carboni present a l'arrel i alhora se n'eliminen el contingut d'impureses mitjançant les escòries generades durant el procés d'oxidació, obtenint un acer en brut encara sense les característiques necessàries.

A la segona etapa del refinat, l'acer en brut es torna a refinar i s'hi afegeixen els additius (clor, bor, coure, níquel, etc.) necessaris per formar els diferents aliatges desitjats. Finalment, als aliatges de ferro creats se'ls realitza un segon cicle de bufat, abans de la seva expedició a les instal·lacions de colada i laminació.

El procés de bugada i laminació de l'acer és el darrer pas en la fabricació d'acer, posterior al seu refinat, i consisteix en la deformació plàstica dels lingots o semiproductes d'acer mitjançant l'acció mecànica de dos corròns als trens de laminació. Aquest procés és comú tant per a l'acer de les plantes integrals com aquell obtingut mitjançant acereria elèctrica.

Figura 4. Esquema del refinat i aliat de l'arrel per a la producció d'acer



Font: Elaboració pròpia a partir de la Fitxa Sectorial del Sistema Espanyol d'Inventari d'Emissions.

¹¹ Cubeta basculant d'acer recoberta interiorment de material refractari de característiques bàsiques, en què mitjançant un procés d'oxidació (per al qual es fa servir oxigen) es redueix el contingut de carboni i s'eliminen les impureses del lingot d'alt forn.

b. El procés d'obtenció del ferro i acer a partir de primeres matèries reciclades

Els residus d'acer al final de la seva vida útil es poden reciclar mitjançant processos siderúrgics en plantes no integrals (també anomenades de ruta elèctrica). Aquest procés de reciclatge es duu a terme mitjançant dues etapes: la fosa de la ferralla d'acer en forns d'arc elèctric, i l'afinament i l'addició de ferroal·liatges a la metal·lúrgia secundària.

A la primera etapa, de fosa de la ferralla, aquesta es transporta fins al forn en cistelles amb obertures a la seva zona inferior, en què també s'inclouen els fundents i agents carbonosos. Després d'un primer preescalfament de la ferralla al forn mitjançant cremadors de gas natural, s'introdueixen uns elèctrodes de grafit que, un cop connectats al corrent elèctric, generen un arc elèctric amb la ferralla que desprèn prou calor per fondre-la. Un cop finalitzada la fusió, es procedeix a l'oxidació d'algunes de les impureses mitjançant la injecció d'oxigen, procés en què es generen escòries (escòries negres) que es retiren per al tractament, i s'obté acer en brut.

A la segona etapa, d'afinament de l'acer i addició de ferroal·liatges, l'acer en brut es tracta al forn-cullera¹², on es cobreix amb una escòria i s'agita contínuament amb el bufat de gas inert, normalment argó, procés pel qual s'aconsegueix la reducció dels òxids metàl·lics presents al bany i la dessulfuració del líquid fos (que es produeix per simple contacte amb la calç existent a l'escòria). A més, s'hi afegeixen els elements d'aliatge necessaris per ajustar la composició de l'acer, i se li aplica el buit per eliminar els gasos que pogués contenir. Al final d'aquest procés es separen les escòries utilitzades (escòries blanques), i l'acer resultant s'envia als processos de colada i laminació, igual que l'acer fabricat en plantes de siderúrgia integral.

i

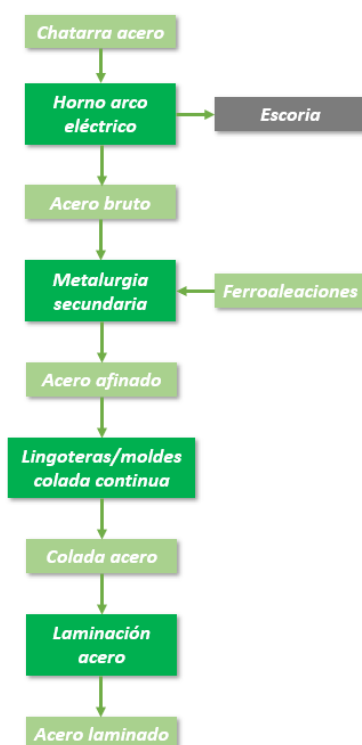
Per cada tona d'acer reciclat, s'estalvia una tona i mitja de mineral de ferro i uns 500 kg del carbó que es fa servir per fer coc. A més, s'estalvia un 70% en energia i un 40% en el consum d'aigua.

i

Les escòries negres i blanques generades durant la fabricació per la ruta elèctrica es poden valoritzar materialment en altres indústries, com per exemple per a la fabricació de ciment.

¹² Cullera de bugada, revestida de material refractari i escalfada per arc elèctric, on s'introdueix l'acer després de la fosa al forn d'arc elèctric; gràcies a l'arc elèctric de la cullera s'aconsegueix evitar el refredament de l'acer i mantenir la temperatura exacta necessària per a l'etapa d'afinament i addició de ferroal·liatges.

Figura 5. Esquema del procés de producció d'acer per via elèctrica



Font: Elaboració pròpia a partir de la Fitxa Sectorial del Sistema Espanyol d'Inventari d'Emissions.

i

A més de l'ús de residus d'acer en substitució del mineral de ferro, hi ha algunes experiències de substitució d'altres matèries primeres diferents del mineral de ferro (com són agents reductors o additius) per residus: és el cas, per exemple, dels residus plàstics, per als quals en cas de presentar limitacions tècniques per al reciclatge per vies convencionals el procés siderúrgic pot representar una opció viable per al seu tractament.

Per al cas concret del reciclatge de residus plàstics en el procés siderúrgic, actualment s'identifiquen dues alternatives:

1. **Ús de residus de plàstic com a agent reductor al forn alt per a l'obtenció de lingot d'alt forn**¹³. Un estudi estimava que el 2012 aquesta via de valorització al forn alt s'aplicava al 2% del plàstic valoritzat a Europa i al 3% del valoritzat al Japó¹⁴.
2. **Ús de residus de plàstic com a additiu en la barreja de carbons per a la producció de coc**¹⁵.

¹³ Prèviament a l'ús del plàstic com a agent reductor al forn alt, aquest ha de ser gasificat per a la seva conversió en gas de síntesi. Aquesta conversió es pot fer en una etapa prèvia a la seva injecció al forn alt, o directament dins d'aquest utilitzant plàstics aglomerats, trossets o pèl·lets

¹⁴ <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3954682>

¹⁵ Per a l'ús dels residus plàstics com a additiu en la producció de coc, es requereixen plàstics amb una composició química i comportament tèrmic específic, ja que alguns tipus de plàstic afecten el desenvolupament de la fluïdesa del carbó, la pressió de coquitació i la mateixa qualitat del coc. En aquest

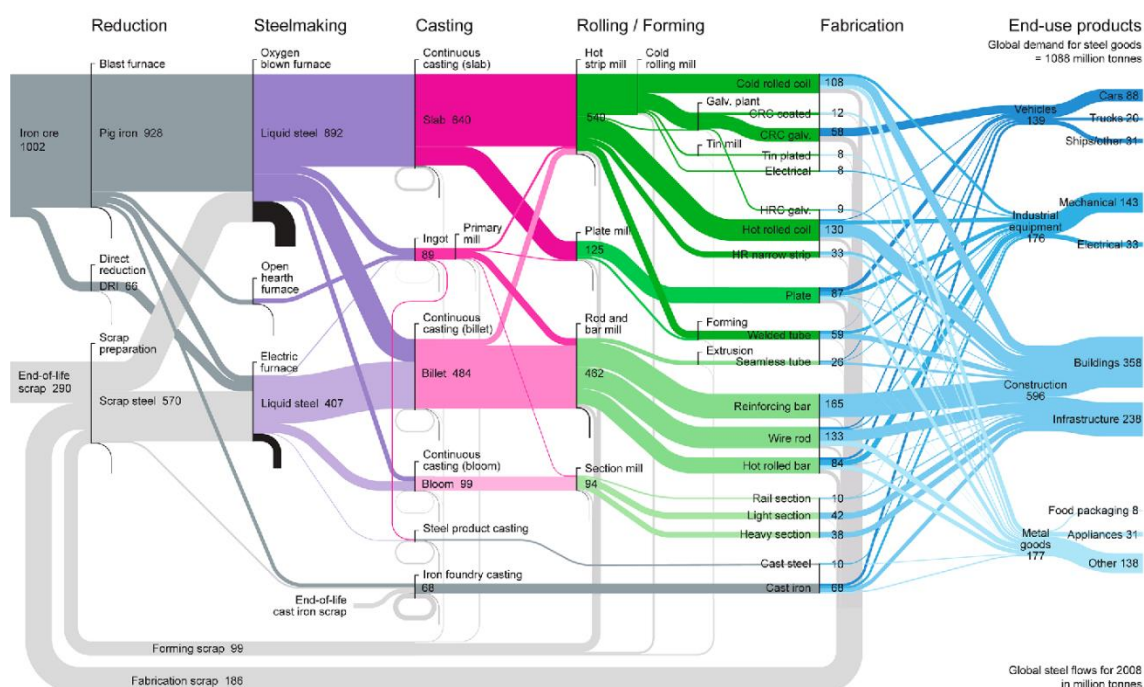
i

En forns alts que utilitzen olis pesats com a combustible complementari al coc, de forma general s'estima que per a la producció d'1 tona d'enrenou calen 370 kg de coc juntament amb 90 kg d'oli. Aquest oli es pot substituir parcialment per uns 70 kg de residus plàstics.

i

Es pot arribar a utilitzar fins a un 2% de residus plàstics sense tenir efectes negatius sobre el procés i qualitat del coc, però sempre tenint en compte una composició òptima al residu plàstic usat.

Figura 6. Esquema dels fluxos del sector de l'acer a nivell mundial el 2008



Font: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es302433p>.

Recollida del residu

Els residus de ferro i acer provenen principalment del procés de fabricació i transformació del metall, així com de productes al final de la seva vida útil amb contingut d'aquest metall. La seva recollida variarà en funció de la procedència del residu, entre els quals destaquen el sector de la construcció, el sector de l'automoció (VFU), el sector industrial (inclòs el sector metal·lúrgic), el sector comercial i els domicilis de particulars.

sentit, el PEAD, el PEBD i el PP poden disminuir la fluïdesa del carbó, mentre que el PS i el PET poden arribar a inhibir aquesta propietat del carbó coquizable que és indispensable per a la formació del coc.

- **Sector de la construcció:** els residus de construcció i demolició (RCD) poden separar-se a l'obra (essent obligada la seva separació si la quantitat de residus metàl·lics supera les 2 tones, d'acord amb el Reial decret 105/2008 d'1 de febrer) o bé enviar directament a una planta de classificació. Posteriorment, els residus s'envien a la planta de reciclatge. Entre ells es pot trobar l'acer, que es pot recuperar després de l'aplicació dels processos de tractament corresponents.

- **Vehicles fora d'ús (VFU):** els VFU s'han de tractar en centres autoritzats de tractament (CAT) per baixar-los i destruir-los. En aquests centres es descontaminen i es retiren els elements que es poden destinar a reutilització. Posteriorment, els VFU es compacten i s'envien a plantes fragmentadores on es trituren. El material triturat se sotmet a processos diferents amb la finalitat de recuperar fraccions reciclables, entre les quals s'inclou l'acer. L'acer degudament separat pot ser destinat a acereries elèctriques per al seu aprofitament.

- **Sector industrial:** la generació de residus d'acer al sector industrial prové de fluxos com retallades, encenalls i altres residus del processament de l'acer (indústria metal·lúrgica i de transformació de metalls), així com maquinària i altres elements al final de la seva vida útil (indústria en general). La ferralla ha de ser lliurada a un gestor autoritzat de residus, i en funció de la quantitat generada o el contracte amb el gestor, aquest pot encarregar-se de la recollida a les instal·lacions productores.

- **Sector comercial:** diferents segments del sector comercial generen importants quantitats de residu d'acer, com ara els tallers mecànics o les empreses de lampisteria i electricitat. Aquests han de lliurar la ferralla generada a un gestor de residus autoritzat, que, en funció de la quantitat generada o el contracte establert, es pot encarregar de la seva recollida a les instal·lacions productores.

- **Domicilis:** als domicilis es produeixen residus d'acer de diferents tipologies. Una de les principals tipologies són els envasos d'acer, com ara llaunes, aerosols, pots o altres envasos domèstics. La recollida la duen a terme els serveis de recollida selectiva municipals amb diferents sistemes (igló, càrrega lateral, càrrega bilateral, porta a porta, contenidors soterrats, etc.). Els consumidors també poden produir altres residus d'acer, com ara residus d'aparells elèctrics i electrònics (RAEE), que han de ser lliurats a deixalleries o recollits per professionals en el moment de substituir-los.

Selecció i classificació dels residus fèrrics ¹⁶

Els residus d'acer recollits dels seus diferents orígens són sotmesos a un procés de classificació (per composició i qualitats) i a la posterior separació dels metalls, per recuperar l'acer per enviar-los a acereries de forn elèctric.

Gràcies a les propietats magnètiques del material, les ferrades d'acer són relativament senzilles de recuperar gràcies a sistemes de separació equipats amb imants. Per garantir l'aplicació dels tractaments adequats i així obtenir la màxima qualitat possible, els productes obtinguts de la separació de les ferrades d'acer es classifiquen segons les característiques fonamentals:

- **Ferro fos:** ferrades de fosa amb una gran quantitat de carboni (2,5-4,0%), silici i altres impureses com sofre, fòsfor i manganès. A la planta de recuperació es tritura i s'envia a foses.
- **Ferro fort:** ferrades d'acer amb un cert gruix (superior a 8 mm). A la planta de recuperació es talla amb cisalla i s'envia a foses.
- **Ferro tou:** ferrades d'acer de petit gruix i/o provinents de la descontaminació i desballestament de VFU. A la planta de recuperació el material es talla i es tritura, per posteriorment sotmetre la ferralla triturada a processos de separació dels diferents tipus de metalls (per magnetisme, granulometria, flotació en dissolucions de silicat de ferro, desestanyat electrolític, etc).

Les ferrades d'acer o fosa recuperades es poden classificar segons les especificacions de la Federació Europea de la Recuperació i el Reciclatge de Metalls Fèrrics (EFR) per a ferrades no aliades per a ús a la indústria siderúrgica, o bé segons les establertes a la normativa UNE 36199 :2013: Classificació de ferrades fèrriques no aliades per a ús general. Ambdues especificacions detallen les característiques i condicions (humitat, composició, contingut metàl·lic, assaigs aplicables) de diferents tipologies de ferrades per reciclar-les en la producció d'acer.

¹⁶ Aquest capítol s'ha elaborat sobre la base dels continguts de la Guia de bones pràctiques per al reciclatge de metalls a Catalunya, desenvolupat per Economia Empresarial i el Gremi de Recuperació de Catalunya per a l'Agència de Residus de Catalunya l'any 2010.

Figura 7. Especificacions del material d'envasos d'acer que es rep a les plantes de recuperació i exemples d'especificacions de material de sortida a les siderúrgiques

		Entrada planta de recuperación	Salida planta de recuperación			
		Especificación. ETMR. Planta de selección de envases ligeros 	European Steel Scrap Specification 	UNE 36199 		ISRI (3) (Steel can bundless) 
Material	Parámetro	Contenido	Contenido (1)	Contenido		Contenido
			Fragmentada E40	Bote recuperado	Bote fragmentado	Code 213
Envases metálicos de acero	Humedad	Incluye humedad	No excesiva humedad	Exenta de agua no metereológica	Exenta de agua no metereológica	-
	Total impropios	<10%	<0,4% (2)	-	-	Puede contener etiquetas de papel
	Observaciones	La especificación incluye otros requisitos aplicables a todas las categorías				Debe estar libre de elementos metálicos (salvo etiquetas de papel). Se incluye información general de limpieza para todas las categorías
	Condiciones de entrega (4)	SI	SI	SI	SI	SI

(1) No hay ninguna categoría definida en esta especificación para residuos de envases metálicos compactados o sin compactar.

(2) En esta especificación los impropios se refieren a estériles.

(3) En el caso de las referencias de material fragmentado de acero en las especificaciones del ISRI se refieren exclusivamente a los procedentes de vehículos al final de su vida útil, razón por la cual no se han incluido en esta tabla.

(4) Existen condiciones de entrega dependiendo de varios parámetros, por ejemplo, tamaño.

Font: Guia de bones pràctiques en la gestió d'envasos domèstics metàl·lics a les plantes de recuperació. FER i ECOEMBES.

Taula 1. Tipologies de ferrades d'acer segons l'especificació europea de ferrades d'acer

Categoria	Especificació
Ferralla vella	E3 E1
Ferralla nova	E2 E8 E6
Ferralla triturada	E40
Encenalls	E5H E5M
Ferralla amb alta quantitat d'impureses	EHRB EHRM
Ferralla incinerada	E46

Font: <https://www.euric-aisbl.eu/facts-figures/standards-specifications>

Final de condició de residu

El Reglament (UE) núm. 333/2011 del Consell, de 31 de març de 2011, estableix els criteris per determinar quan determinats tipus de ferralla deixen de ser un residu d'acord amb la Directiva 2008/98/CE del Parlament Europeu i el Consell, entre les quals s'inclouen les ferrades de ferro i acer.

La fi de condició de residu aporta un valor afegit al material que es lliura a la destinació final, alliberant les acereries de forn elèctric de l'obligació de convertir-se en gestors de residus (pel que fa a la recepció de les ferrades indicades al reglament), i reduint d'aquesta manera les càrregues administratives associades a aquest flux material.

c. Productes obtinguts del procés de fabricació del ferro i acer

El darrer pas en la fabricació de l'acer, la laminació, determina el tipus de productes semielaborats que s'obtenen. Es diferencien dos tipus de laminacions en funció de la temperatura, la laminació en calent i la laminació en fred.

La laminació en calent es realitza a temperatures d'entre 800 i 1250°C: les peces escalfades es passen per un tren de cilindres laminadors que redueixen el seu gruix, transformant-les alhora al perfil desitjat.

Figura 8. Procés de laminació en calent



Font: <https://www.aeether.com/>

Per la seva banda, la laminació en fred es fa a temperatura ambient; es parteix de bobines obtingudes d'acer laminat en calent i a les quals s'aplica un procés de decapat, que s'introdueixen en un tren laminador per reduir-ne el gruix fins als 0,1 mm.

Figura 9. Producció de bobina d'acer mitjançant laminació en fred



Font: <https://ferrosplanes.com/>

Els principals productes semielaborats obtinguts de la laminació en calent són la bobina calenta, la xapa gruixuda, els perfils estructurals i el fil de màquina. D'altra banda, de la bobina en calent que se sotmet al laminat en fred, es pot obtenir bobina en fred si aquesta es comercialitza sense cap recobriments, o bé es pot vendre amb un recobriments a base d'estany (produint llauna) o de zinc (obtenint acer galvanitzat).

A partir d'aquests productes semielaborats d'acer es conformen molts altres productes finals. A continuació, s'enumeren els exemples més significatius de productes que fan servir acer, en funció del sector, indústria o usos en què es fan servir:

- **Sector del transport.** Gràcies a les seves propietats de resistència, durabilitat, flexibilitat, lleugeresa i la seva àmplia disponibilitat a preus competitius, l'acer és àmpliament utilitzat al sector automobilístic; s'estima que, de mitjana, un vehicle modern conté uns 900 kg d'acer, present en diferents formes a la carrosseria, xassís, suspensions, elements mecànics, etc. Així mateix, l'acer s'empra en la fabricació d'altres modes de transport, com ferrocarrils (utilitzat per exemple als bogies), vaixells (utilitzat al casc, per al qual s'utilitza acer resistent a la corrosió), i avions (utilitzat a motors i el tren d'aterratge).

- **Sector de la construcció.** Les propietats de resistència i durabilitat de l'acer li confereixen un gran atractiu per al seu ús al sector de la construcció, estant present en edificacions de tot tipus (residencials, naus industrials), infraestructures (ponts, carrils ferroviaris), xarxes de subministrament (aigua, gas), mobiliari urbà, etc. En general, s'utilitza tant en productes conformades per acer en si mateix (barres, canonades, etc.), com a l'armat del formigó armat (en què les barres d'acer complementen el formigó aportant principalment una major resistència a tracció).

- **Sector energètic.** L'acer s'utilitza en els diversos equips i instal·lacions per a la producció d'energia, com ara energia solar (present com a base dels panells solars o en intercanviadors de calor), energia eòlica (compon la major part dels aerogeneradors), o d'energia a centrals de cicle combinat (les canonades per les quals es transporta la calor residual a reaprofitar es componen d'acer). Així mateix, es fa servir en equips energètics (com a transformadors i generadors elèctrics).

- **Envasos.** L'acer és una de les opcions per a la fabricació de llaunes, utilitzades per a l'envasament d'una gran diversitat de productes, gràcies a la durabilitat, a la protecció que ofereixen al producte, a la lleugeresa, i a les propietats magnètiques (que permeten un procés d'envasament més precís utilitzant equips magnètics). A més del seu ús en envasos petits com les llaunes, la majoria dels contenidors per a transport intermodal estan fabricats amb acer.

- **Maquinària industrial.** L'acer també s'usa extensament en la fabricació de maquinària industrial, com ara peces robòtiques, premses, motlles o grues, o altres equips d'ús industrial com sitges, cubes o tancs. En aquest cas, l'acer emprat sol estar aliat amb certs components per aconseguir unes prestacions més grans que l'acer convencional (més duresa, resistència a la calor, etc), necessàries per a la transformació de matèries primeres en productes elaborats.

- **Productes domèstics.** L'acer també és present en eines i productes d'ús domèstic, com en el cas de la cobrateria, les eines de bricolatge o els aparells elèctrics i electrònics (AEE), com ara frigorífics, microones, ordinadors portàtils o telèfons mòbils, entre d'altres.

Taula 2. Resum dels exemples principals d'ús de l'acer en productes finals

Sector, indústria o ús	Exemples
Transport	Automòbils (material majoritari, 900kg de mitjana)
	Ferrocarrils (bogies)
	Vaixells (ús d'aliatge resistent a la corrosió al casc)
	Avions (material minoritari, motors, tren d'aterratge)
Construcció	Acer estructural en edificacions, infraestructures
	Xarxes de subministrament (aigua, gas)
	Armat en formigó armat
Energia	Base de panells solars
	Aerogeneradors (material majoritari)
	Canonades en centrals de cicle combinat per a transport de calor
Envasos	Llaunes
	Contenidors intermodals

Sector, indústria o ús	Exemples
Maquinària industrial	Peces robòtiques, premses, motlles, grues
	Sitges, cubes, tancs
Productes domèstics	Aparells elèctrics i electrònics (AEE)
	Altres (coberteria, eines de bricolatge, etc)

1.2. El procés de producció de l'alumini

L'alumini és un metall no ferrós que representa el tercer element més comú a l'escorça terrestre, amb una proporció estimada del voltant del 8% en pes. Amb el temps ha anat guanyant rellevància, fins a esdevenir el segon metall més utilitzat; així, el 1900 a nivell mundial només es van produir al voltant de 6.000 tones, xifra que el 2019 havia augmentat fins a 64 milions de tones d'alumini primari produït.

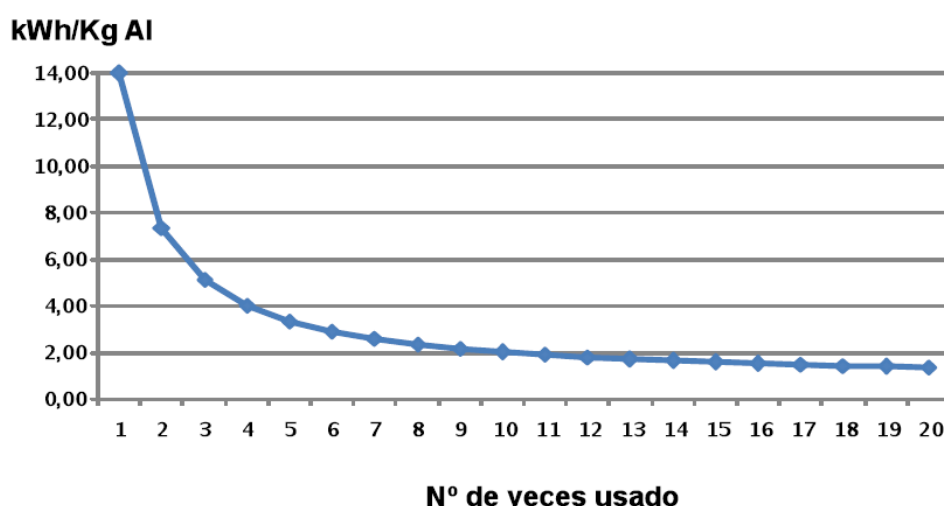
Les raons de l'augment de l'ús de l'alumini són principalment les seves característiques físiques, que permeten el seu ús en un ampli rang d'activitats: és molt lleuger (amb una densitat de 2,7 g/cm³, gairebé un terç de la de l'acer), és resistent a la corrosió, és un bon conductor d'electricitat i calor, no és magnètic, elèctric ni tòxic i és impermeable, inodor i molt dúctil.

L'alumini es fabrica i es recicla mitjançant dues rutes que són complementàries. A la primera, el procés de producció parteix del mineral d'alumini com a matèria primera (donant lloc a l'alumini primari), i a la segona es parteix de residus d'alumini al final de la seva vida útil com a matèries primeres per al procés de producció (donant lloc a l'alumini secundari).

A la producció d'alumini primari, s'utilitza com a font d'alumini l'alúmina (Al₂O₃) present a la bauxita, una roca sedimentària d'origen químic composta majoritàriament per aquest òxid d'alumini en una proporció d'entre el 55% i el 60%, abundant i amb baix cost d'obtenció en extreure's de jaciments a cel obert. Per a la producció d'alumini primari es requereix que l'alúmina estigui fosa, per la qual cosa es requereix un elevat consum energètic (el punt de fusió de l'alúmina és de 2.000°C, si bé hi ha processos com la barreja d'alúmina amb el mineral criolita, que permeten rebaixar el punt de fusió a 900-1.000°C).

A més, l'alumini es pot reciclar infinitament a un baix cost sense perdre cap de les seves característiques físiques mitjançant la producció d'alumini secundari, reduint a cada cicle de reciclatge el consum energètic necessari per a la seva producció (vegeu Figura 10). Aquesta propietat, juntament amb l'elevada vida útil de l'alumini, atorga a l'alumini un balanç energètic més favorable respecte d'altres metalls.

Figura 10. Consum energètic segons el nombre de vegades que es recicla l'alumini



Font: Guia sobre el Reciclat d'alumini d'Arpal, 2013.

Independentment de la ruta per a la producció d'alumini, es pot complementar amb el tractament de l'alumini obtingut, en què s'ajusta la seva composició amb elements addicionals per obtenir diferents aliatges, que es divideixen en dos grans grups, els aliatges per a forja i els aliatges per a fosa.

Figura 11. Especificacions dels principals aliatges comercials d'alumini

UNE	Composició química, % peso	Tratamiento	Resistencia a tracción MPa	Límite elástico MPa	Alargamiento %	Aplicaciones típicas
Aleaciones para forja						
1100	>99Al, 0.12Cu	Recocido (O) Trab. en frío (H14)	89 124	24 97	25 4	Componentes eléctricos, hojas metálicas finas (papel).
3003	1.2Mn	Recocido (O) Trab. en frío (H14)	117 159	34 149	23 7	Recipientes a presión, resistencia a corrosión, hojas metálicas finas.
5052	2.5Mg, 0.25Cr	Recocido (O) Trab. en frío (H34)	193 262	65 179	18 4	Transportes, metal de relleno en soldadura, recipientes, componentes marinos.
2024	4.4Cu, 1.5Mg, 0.6Mn	Recocido (O) Tratamiento T6	220 442	97 345	12 5	Estructuras aeronáuticas.
6061	1.0Mg, 0.6Si, 0.27Cu, 0.2Cr	Recocido (O) Tratamiento T6	152 290	82 345	16 10	Transportes, estructuras aeronáuticas y marinas y otras de alta resistencia.
7075	5.6Zn, 2.5Mg, 1.6Cu, 0.23Cr	Recocido (O) Tratamiento T6	276 504	145 428	10 8	Estructuras aeronáuticas y aeroespaciales.
Aleaciones para fundición						
355,0	5Si, 1.2Cu	Arena (T6) Molde metálico (T6)	220 285	138 -	2.0 1.5	Bombas domésticas, accesorios aeronáutica, cárter aviación.
356,0	7Si, 0.3Mg	Arena (T6), Molde metálico (T6)	207 229	138 152	3.0 3.0	Fundiciones de gran complejidad, ejes portadores de las motoras, ruedas de camiones.
332,0	9.5Si, 3Cu, 1.0Mg	Molde metálico (T5)	214			Pistones de automóviles.
413,0	12Si, 2Fe	Fundición en coquilla	297	145	2.5	Fundiciones complicadas.

Font: <https://www.upv.es/>

La producció d'alumini primari i secundari representen la indústria de capçalera que produeix l'alumini en primera instància, però hi ha una indústria dedicada a la transformació d'aquest alumini, incloent-hi tècniques com la laminació, l'extrusió, la forja i l'emmotllament. Finalment, també hi ha un conjunt d'activitats complementàries destinades a donar un acabat especial a certs productes de l'alumini, incloent-hi processos com l'anoditzat i el lacat.

a. El procés d'obtenció de l'alumini a partir de primeres matèries no reciclades

La producció d'alumini primari es fa en dues fases. Primer es fa l'extracció de l'alúmina (Al_2O_3) de la bauxita mitjançant el procés Bayer, i posteriorment s'extreu l'alumini a partir de l'alúmina mitjançant electròlisi al procés Hall-Herault. De forma general es pot considerar que de cada 4 kg de bauxita es poden generar 2 kg d'alúmina, de la qual es pot obtenir 1 kg d'alumini.

- **Procés Bayer:** aquest procés consisteix en 5 etapes principals, dels quals s'obté l'alúmina a partir de la bauxita. Per això, cal una **preparació prèvia** de la bauxita per disminuir la concentració de fosfats. Posteriorment, la bauxita se sotmet a diversos tractaments: **lixiviació** en hidròxid de sodi, **dilució i separació de residus** mitjançant l'aplicació de processos tèrmics, químics i mecànics (eliminant els llots i sorres continguts a la bauxita), **precipitació** amb trihidrat d'alumini (obtenint cristalls d'hidròxid d'alumini, que es classifiquen per retenir els més grans per a l'última etapa), i finalment la **calcinació** d'aquests cristalls a més de 1.000°C, procés del qual s'obté l'alúmina.

- **Procés Hall-Herault:** Per això, s'afegeix de forma prèvia un fundent a l'alúmina, per rebaixar la temperatura de fusió dels 2.000°C als 900-1.000°C. Posteriorment, la barreja d'alúmina i criolita es posa en contacte amb uns ànodes de carboni, i s'introdueixen en una cisterna electrolítica revestida de carboni que funcionarà com a càtode. En aplicar-li corrent continu, l'alúmina es descompon en oxigen (que es diposita a l'ànode de carboni) i alumini (que es diposita al fons de la cuba). Aquest alumini presenta una puresa del 99,5% al 99,9%, podent presentar petites impureses (principalment de ferro i silici). Per a la seva purificació, l'alumini es passa a forns, on es pot aliar amb altres metalls, segons les característiques desitjades.

L'única planta de producció d'alumini primari a Espanya és Alcoa a San Cibrao (Lugo), actualment sense producció i en procés de venda. La pèrdua d'aquesta planta implicaria la pèrdua d'una indústria estratègica, agreujant així la dependència d'Europa a l'alumini importat, especialment de la Xina.

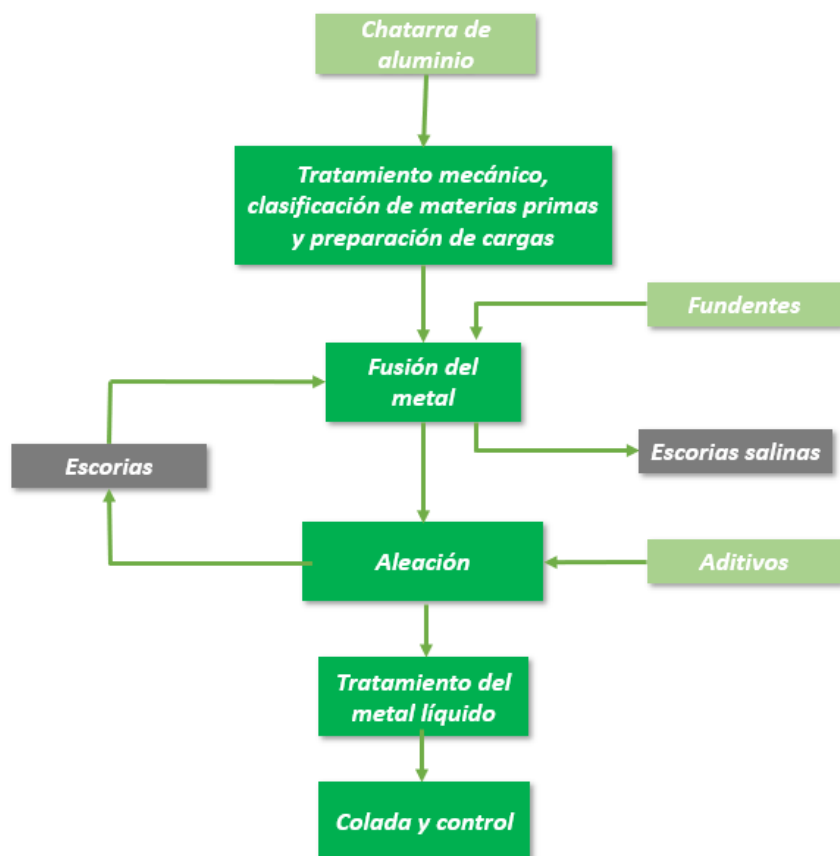
Per contra, tant a curt termini com especialment a llarg termini s'espera un increment en la demanda d'alumini, a causa del creixement del seu ús en determinats sectors, com l'automobilístic (amb un increment previst de l'ocupació d'alumini del 60%) per al 2025) o els envasos (en què les llaunes d'alumini van guanyant quota de mercat davant de les d'acer).

b. El procés d'obtenció de l'alumini a partir de primeres matèries reciclades

La producció d'alumini reciclat, conegut també com a alumini secundari, consisteix en el conjunt de processos que permeten tornar a utilitzar l'alumini al final de la seva vida útil. De manera general, el procés de reciclatge inclou les etapes de recollida del residu, selecció i classificació, pretractament, fusió i tractament del metall líquid.

Destaquen dos processos diferenciats de producció secundària d'alumini, segons el tipus de forn emprat (rotatiu, o altres com el forn de reverber o d'inducció), que alhora es caracteritzen segons l'ocupació (o no) de sals fundents a la fase de fusió de la ferralla d'alumini. L'ús d'aquestes sals, propi dels forns rotatius, permet una recuperació més gran de l'alumini, si bé alhora requereixen un consum energètic més gran (per fondre les sals) i generen una gran quantitat d'escòries salines, que requereixen un correcte tractament per minimitzar-ne l'impacte ambiental.

Figura 12. Esquema general de producció d'alumini secundari



Font: Elaboració pròpia a partir de <http://www.aseral.es/>

El reciclatge d'alumini té com a principal avantatge el seu estalvi energètic, que de manera general s'estima en un 5% del requerit per a la producció d'alumini primari. A més, el seu reciclatge permet evitar l'extracció de matèries primeres com la bauxita, i per tant és un alumini produït amb menor impacte ambiental.

Taula 3. Recuperació d'alumini a Espanya en funció del seu origen

Origen	Quantitats recuperades (t)	Taxa de reciclatge (%)
Vehicles fora d'ús (VFU)	n.d.	95%
Sector de la construcció	n.d.	92-98%
Sector industrial	n.d.	n.d.
Sector comercial	n.d.	n.d.
Domicilis (només envasos)	52.814 (2019)	51,6% (2019)

Font: Elaboració pròpia a partir de ARPAL.

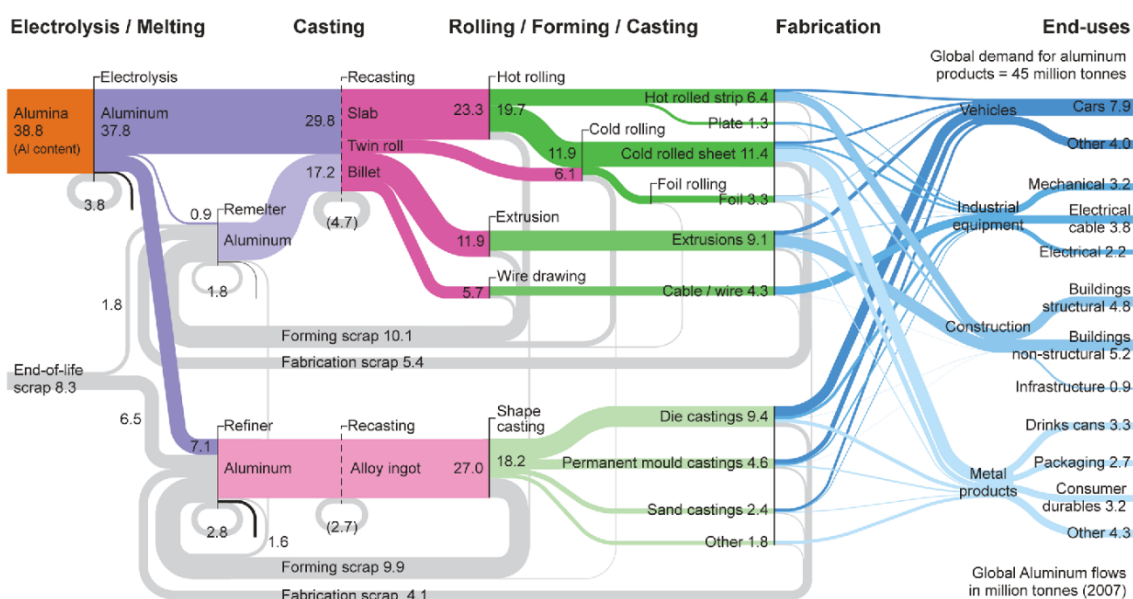
i

Les escòries salines obtingudes de la fosa d'alumini amb sals fundents es poden sotmetre a un procés de valorització material, del qual, per cada tona d'escòria valoritzada¹⁸, es recuperen 50 kg d'alumini metàl·lic (que s'enviarà de nou a fosa), 450 kg de sals fundents (que podran ser reutilitzada de nou com a fundent) i 500 kg d'òxids d'alumini (producte comercialitzat com a PAVAL a Espanya, que es poden valoritzar materialment a la indústria cimentera, entre d'altres).

i

Hi ha projectes de recerca europeus ¹⁸ per a la transformació dels òxids d'alumini obtinguts de les escòries salines en matèria primera alternativa per al seu ús com a material refractari, en substitució de les bauxites de grau refractari. Aquest desenvolupament és estratègic per a la Unió Europea davant l'alta demanda de la bauxita refractària al mercat intern (gran part de la indústria europea requereix aquest material per al seu funcionament) i alt grau de dependència de països extracomunitaris per al seu subministrament (la seva producció es concentra principalment a Xina); en aquest sentit, la bauxita refractària està inclosa a la llista de matèries primeres crítiques publicada el 2009 per la UE.

Figura 13. Esquema dels fluxos del sector de l'alumini a nivell mundial el 2007



Font: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es304256s>

¹⁷ Beneficis de l'ús del PAVAL per a la fabricació de ciments. Guies tècniques de l'IECA.

¹⁸ Projecte Life Bauxal II.

Recollida del residu

La procedència del material recuperat condiona sovint la qualitat d'aquest i, per tant, el seu potencial de recuperació i la necessitat de processos més o menys intensius de selecció. En el cas de l'alumini, els residus al final de la vida útil provenen principalment de cinc grans generadors: els vehicles fora d'ús (VFU), el sector de la construcció, el sector industrial, el sector comercial i els domicilis de particulars:

- **Vehicles fora d'ús (VFU):** els VFU s'han de tractar a centres autoritzats de tractament (CAT) per a la seva baixa i destrucció. En aquests centres es descontaminen i es retiren els elements que es poden destinar a reutilització. Posteriorment, els VFU es compacten i s'envien a plantes fragmentadores on es trituren. El material triturat se sotmet a processos diferents amb la finalitat de recuperar fraccions reciclables, entre les quals s'inclou l'alumini. L'alumini degudament separat podrà ser finalment destinat a fosa per a la producció d'alumini secundari.

- **Sector de la construcció:** els residus de construcció i demolició (RCD) poden separar-se a l'obra (essent obligada la seva separació si la quantitat de residus metàl·lics supera les 2 tones, d'acord amb el Reial decret 105/2008 d'1 de febrer) o bé enviar directament a una planta de classificació. Posteriorment, els residus s'envien a planta de reciclatge. Entre ells es pot trobar alumini, que es pot recuperar després de l'aplicació dels processos de tractament corresponents.

- **Sector industrial:** la generació de residus d'alumini al sector industrial prové de fluxos com retallades, encenalls i altres residus del processament de l'alumini (indústria metal·lúrgica i de transformació de metalls), així com maquinària i altres elements al final de la seva vida útil. La ferralla d'alumini ha de ser lliurada a un gestor autoritzat de residus, i en funció de la quantitat generada o el contracte amb el gestor, aquest pot encarregar-se de la recollida a les instal·lacions productores.

- **Sector comercial:** diferents segments del sector comercial generen importants quantitats de residu d'alumini, com ara un taller mecànic o una empresa dedicada a la lampisteria. Aquests han de lliurar la ferralla generada a un gestor de residus autoritzat, que, en funció de la quantitat generada o el contracte establert, pot encarregar-se de la recollida a les instal·lacions productores.

- **Domicilis:** als domicilis es produeixen residus d'alumini principalment en forma d'envasos, ja que aquest material es fa servir àmpliament en llaunes, pots i altres envasos domèstics. La recollida la duen a terme els serveis de recollida selectiva municipals amb diferents sistemes (igllú, càrrega lateral, càrrega bilateral, porta a porta, contenidors soterrats, etc.). Els consumidors també poden produir altres residus d'alumini, com ara residus d'aparells elèctrics i electrònics (RAEE), que hauran de ser lliurats a deixalleries o recollits per professionals en el moment de substituir-los.

Selecció, classificació i condicionament dels residus d'alumini

El residu d'alumini es pot recollir com un producte mixt o separat fins a un cert grau. En funció de l'origen de l'alumini i el grau de separació, aquest residu ha de ser sotmès a una sèrie de processos previs a la fosa, que de forma general inclouen la separació de l'alumini en plantes de classificació, i la trituració i el condicionament (neteja física i química) dels residus en plantes de recuperació. Tot seguit es descriu el procés de recuperació d'alumini per a les dues principals tipologies de residus:

Ferralla d'alumini: quan la ferralla d'alumini està barrejada amb altres metalls només es pot utilitzar per produir materials de baixa qualitat. Per augmentar el rendiment econòmic del reciclatge i la qualitat del material obtingut, és essencial separar-ne els components, inclosos els aliatges (segons la seva viabilitat de reutilització en processos de colada o d'extrusió) així com altres materials no desitjats.

Per a la separació dels seus components, la ferralla d'alumini se sotmet a un sistema de classificació, entre els quals destaquen la separació per flotació (en plantes de medis densos) o la classificació basada en sensors (processos de separació en sec).

Els processos de separació per flotació permeten separar metalls amb densitats diferents, permetent així la separació de l'alumini d'altres metalls no ferris. Aquestes plantes presenten l'inconvenient que no permeten separar els diferents aliatges d'alumini entre si, a més que requereixen importants inversions inicials, grans quantitats d'aigua i consums d'additius importants, generant a més residus en forma d'aigües residuals i fangs en el procés.

Per la seva banda, la classificació basada en sensors utilitza equips amb diferents tipus de sensors (que poden estar basats en tecnologies de raigs X o làser, entre d'altres) que són capaços de separar els materials de la ferralla en funció de les seves propietats (densitat, color, etc.). Aquests sistemes tenen l'avantatge de poder separar els diferents aliatges d'alumini entre si, a més de requerir unes inversions menors en manteniment i proporcionar uns resultats de puresa consistents.



Envasos d'alumini: a les plantes de classificació se separen els envasos d'alumini a través d'un separador d'inducció, coneguts també com a separadors de Foucault. En funció del flux que es tracti (recollida selectiva d'envasos o fracció resta), aquesta classificació es fa en plantes de selecció d'envasos lleugers o en plantes de tractament de la fracció resta. Un cop separat del flux principal, es constitueix la fracció d'envasos d'alumini, que es premsa, s'emmagatzema i s'expedeix a les plantes de recuperació.

A la planta de recuperació se li apliquen els processos i tractaments necessaris fins a complir les condicions tècniques de qualitat establertes pel Reglament (UE) núm. 333/2011. Aquests processos inclouen com a mínim un tractament de neteja dels residus abans del seu enviament a fosa, i es podran complementar amb altres processos com el fragmentat dels envasos o el seu pas per tromels, bufadors, ciclons i separadors (entre altres) en funció de la qualitat o la puresa dels envasos d'alumini tractats.

i

Un dels principals reptes identificats pel sector del reciclatge de l'alumini és el de la creixent complexitat dels productes finals (en quant a ús d'un nombre més gran de metalls), que es tradueix en unes pitjors qualitats de la ferralla. Això suposa un repte per als processos de separació de l'alumini per flotació, no sempre eficaços a l'hora de separar determinats metalls, i fa necessària una transició cap als mètodes de separació basats en sensors, així com una implementació més gran dels principis de l'ecodisseny entre els fabricants.

Les foneries estableixen les característiques que ha de tenir el residu resultant dels processos de recuperació, que de forma general segueix el protocol d'acceptació de ferralla que marca la normativa UNE-EN 13920:2003 (vegeu exemple de la Figura 14).

Figura 14. Especificacions del material d'envasos d'alumini que es rep a les plantes de recuperació i exemples d'especificacions de material de sortida a les foses

		Entrada planta de recuperació	Salida planta de recuperació		
		Especificación. ETMR. Planta de selección de envases ligeros 	UNE EN 13920-10 	ISRI (taldon) 	ISRI fragmentada (talcred) 
Material	Parámetro	Contenido (1)	Contenido	Contenido	Contenido
Botes de bebida aluminio (UBC)	Humedad	Incluye humedad	< 2%	-	-
	Metales Fe	Libre	Exento de hierro libre	Libre	Libre
	Metales No Fe	< 3%	Libre, por ejemplo plomo	Libre	Libre
	No metales	< 4% (2)	Libre	Libre	Libre
	Finos y otros	< 3%	Libre	-	< 5%
	Total impropios	< 10%	< 5% (3)	Libre (5)	Libre (5)
	Observaciones	Porcentajes referidos sobre el material húmedo	Debe estar exenta de botes quemados u oxidados y de hoja fina de aluminio. Se incluye composición química tras la fusión y material recuperable	No será aceptable aluminio que no provenga de UBC	No será aceptable aluminio que no provenga de UBC
	Condiciones de entrega (4)	SI	SI	SI	SI

(1) Los porcentajes, tanto para el límite total de impropios como para las limitaciones parciales de cada fracción van referidos a material húmedo.

(2) Plásticos, papel/cartón, cartón bebidas/alimentos (brik) y laminados complejos < 2% (en ningún caso estas fracciones podrán superar por separado 2%).

(3) En el caso de la UNE EN 13920-10 se refiere estos impropios a sustancias volátiles totales..

(4) Existen condiciones de entrega dependiendo de varios parámetros, por ejemplo, densidad aparente o tamaño de los paquetes.

(5) Libre de acero, plomo, tapas de botella, botes de plástico y otros plásticos, vidrio, madera, suciedad, grasa, basura, y otras sustancias extrañas.

Font: Guia de bones pràctiques en la gestió d'envasos domèstics metàl·lics a les plantes de recuperació. FER i ECOEMBES.

Final de condició de residu

El Reglament (UE) núm. 333/2011 del Consell, de 31 de març de 2011, estableix els criteris per determinar quan determinats tipus de ferralla deixen de ser un residu d'acord amb la Directiva 2008/98/CE del Parlament Europeu i el Consell, entre les quals s'inclouen les ferrades d'alumini i d'aliatges d'alumini.

La fi de condició de residu aporta un valor afegit al material que es lliura a la destinació final, alliberant les foses d'alumini de l'obligació de convertir-se en gestors de residus (pel que fa a la recepció de les ferrades indicades al reglament), i reduint així les càrregues administratives associades a aquest flux material.

c. Productes obtinguts del procés de fabricació i transformació de l'alumini

Un cop refinat i condicionat per aconseguir les especificacions de cada aliatge, l'alumini es pot expedir en una àmplia gamma de productes semielaborats en funció del mercat objectiu.

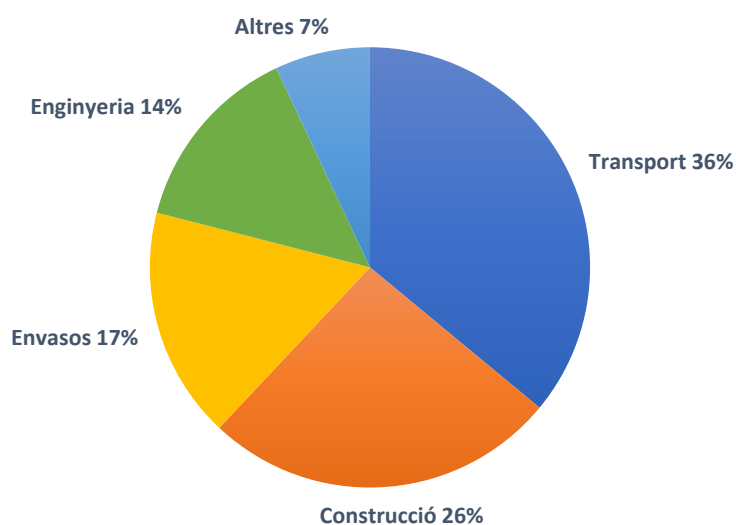
Figura 15. Principals productes del reciclatge d'alumini segons el mercat de destinació

PRODUCTOS	MERCADO
Lingotes pequeños	• Fundiciones de aluminio
Lingotes grandes	• Empresas de aluminio
Metal líquido	• Fundiciones de aluminio
Tochos	• Extrusión del aluminio
Discos	• Extrusión del aluminio
Hilo, granalla, formas	• Desoxidación del acero
Sales	• Fundición de aluminio, carreteras
Polvos metálicos	• Siderurgia
Oxido de aluminio	• Cemento, construcción, siderurgia
Otros	• Chatarras de otros metales

Font: <http://www.aseral.es/>

A partir d'aquests productes semielaborats d'alumini es conformen molts altres productes finals, entre els quals es destaquen els empleats al sector del transport, el de la construcció, i els envasos (vegeu Figura 16).

Figura 16. Consum d'alumini per sectors, any 2013



Font: Guia sobre el Reciclat d'alumini d'Arpal, 2013.

A continuació, s'enumeren els exemples més significatius de productes que fan servir alumini, en funció del sector, indústria o usos en què es fan servir:

- **Sector del transport.** Gràcies a la seva lleugeresa (que contribueix a una major eficiència energètica dels vehicles, així com a més capacitat de càrrega de mercaderies), gran resistència mecànica, resistència a la corrosió, i capacitat per absorbir impactes, l'alumini s'empra en la construcció de diversos vehicles de transport. Al sector de l'automòbil, s'espera que el 2025 el contingut d'alumini als vehicles hagi augmentat en un 60%, arribant a la xifra de 250 kg per vehicle. A més del seu ús en els sectors ferroviaris (en trens d'alta velocitat i de mercaderies) i marítim (en vaixells de càrrega, en què s'utilitzen aliatges especials amb una resistència millorada a la corrosió), es destaca la seva ocupació al sector de la aviació (un avió modern es compon en un 70-80% d'alumini).

- **Sector de la construcció.** L'alumini es prioritza en la construcció d'edificis alts davant l'acer, amb l'objectiu de reduir el pes total de l'edifici i minimitzar així els requeriments de les seves fonamentacions, i en conseqüència el preu total de l'obra. També s'empra en elements de fusteria metàl·lica, com ara sostres, portes, finestres o revestiments, en què la seva maleabilitat permet que adopti formes que no serien possibles amb altres materials com l'acer.

- **Sector energètic.** Tot i la seva menor conductivitat elèctrica respecte a altres materials (principalment el coure, metall de referència al sector elèctric), l'alumini també s'empra com a conductor elèctric en algunes aplicacions que requereixen una línia elèctrica lleugera, com és el cas de les torres i estesa d'alt voltatge, en presentar una ràtio més gran de conductivitat elèctrica per pes que el coure (per passar el mateix corrent elèctric, un cable d'alumini, tot i requerir una secció un 66% superior, pesa la meitat que un cable de coure). Gràcies a aquesta propietat, l'alumini està reemplaçant el coure en altres sectors, com per exemple a l'estesa de baix voltatge a països com els Estats Units i la Xina.

- **Envasos.** L'alumini és una de les alternatives per a la fabricació de llaunes, utilitzades per a l'envasament d'una gran diversitat de productes (aliments, pintures, insecticides, etc.), gràcies especialment a la lleugeresa; els envasos d'alumini permeten transportar més unitats que altres envasos equivalents d'altres materials, més pesats (acer, vidre), tot garantint la protecció dels productes. Així mateix, l'alumini també s'utilitza com a paper d'alumini, que s'empra extensament en la conservació d'aliments, en aplicacions culinàries, en envasos de productes farmacèutics o en envasos compostos (com envasos tetrabrik, als quals aporta les propietats de protecció dels aliments). productes contra olors, llum, o bacteris).

- **Productes domèstics.** L'alumini també es fa servir en productes domèstics, com ara estris de cuina, aparells elèctrics i electrònics (tant per a la construcció dels AEE, gràcies al seu acabat i menor pes, com en elements de dissipació de calor, gràcies a la seva conductivitat tèrmica) o peces de disseny (gràcies a la mal·leabilitat de l'alumini, que permet conformar un rang més gran de formes que altres metalls).

Taula 4. Resum dels exemples principals d'ús de l'alumini en productes finals

Sector, indústria o ús	Exemples
Transport	Automòbils (per 2025, 250kg de mitjana)
	Ferrocarrils, especialment d'alta velocitat i de mercaderies
	Vaixells (ús d'aliatge amb resistent millorada a la corrosió)
	Avions (compon un 70-80% de mitjana)
Construcció	Alumini estructural en edificis alts
	Fusteria metàl·lica (sostres, portes, finestres, etc)
Energia	Esteses elèctriques lleugeres (torres i estesa d'alt voltatge)
Envasos	Llaunes
	Paper d'alumini
Domèstic	Estris de cuina
	Aparells elèctrics i electrònics (AEE)
	Peces de disseny

1.3. El procés de producció del coure

El coure és un metall no ferrós caracteritzat per la seva gran resistència a la corrosió, les seves excel·lents propietats de conductivitat elèctrica i tèrmica (en tots dos casos només superada per la plata) i les seves propietats de ductilitat i mal·leabilitat, que faciliten el treball del metall.

És gràcies a aquestes propietats que el coure és actualment un dels metalls més demandats a nivell mundial (per darrere de l'acer i l'alumini), resultant indispensable en la producció d'un ampli ventall d'aplicacions elèctriques i/o tèrmiques, com ara equips per a la producció d'energies renovables o els vehicles elèctrics; s'estima que la quantitat de coure introduïda al mercat ha augmentat un 125% en el període 1990-2018.

El coure es localitza per tota l'escorça terrestre, amb una concentració de 33 g de coure per tona als 10 km exteriors d'escorça terrestre¹⁹. No obstant això, en certes localitzacions l'activitat volcànica ha propiciat concentracions més grans d'aquest mineral (de més de 2 kg de coure per tona de material), en les quals actualment s'exploten jaciments per a la seva extracció i posterior obtenció del coure a partir d'aquestes matèries cosines (coure primari).

Així mateix, el coure és un element reciclable i que conserva les seves característiques mecàniques després dels processos de reciclatge, oferint així una alternativa a l'extracció de minerals per a l'obtenció final del coure (coure secundari) amb un menor impacte energètic (amb un consum un 85% menor respecte al coure primari) i de consum de recursos²⁰.

Segons estimacions de Copper Alliance, l'ocupació de coure en noves tecnologies verdes (com les energies renovables o els vehicles elèctrics) impulsarà la seva demanda en un 40% per al 2035, i caldrà el desenvolupament de la producció secundària de coure per garantir aquesta major demanda del metall. En aquest sentit, s'estima que actualment el 44% de la demanda de coure a la Unió Europea es cobreix amb coure procedent del reciclatge²¹.

A més de la producció del coure, hi ha una indústria dedicada a la transformació del coure pur per a l'elaboració d'aliatges (com el llautó, aliatge de coure amb zinc, o bronze, aliatge de coure amb estany) i/o productes semielaborats (filferros, tubs, xapes, etc), utilitzant tècniques de fosa, colada, extrusió, trefilat i/o laminat (en fred i calent).

a. El procés d'obtenció del coure a partir de primeres matèries no reciclades

La producció de coure primari pot aconseguir-se a partir de dos mètodes diferenciats, que permeten augmentar la concentració de coure del 0,2% mínim observada als minerals extrets als jaciments miners al 99,99% necessari per a les seves aplicacions industrials. Aquests processos són:

- **Lixiviació:** aquest procés es caracteritza per l'**aplicació d'àcid sulfúric diluït** al mineral de coure per obtenir una solució de sulfat de coure, de la qual posteriorment, i mitjançant **electròlisi**, s'obté el càtode de coure.

¹⁹ <https://copperalliance.es/cobre/cobre-y-sus-aleaciones/procesos/>

²⁰ <https://copperalliance.es/beneficios-cobre/economia-circular/>

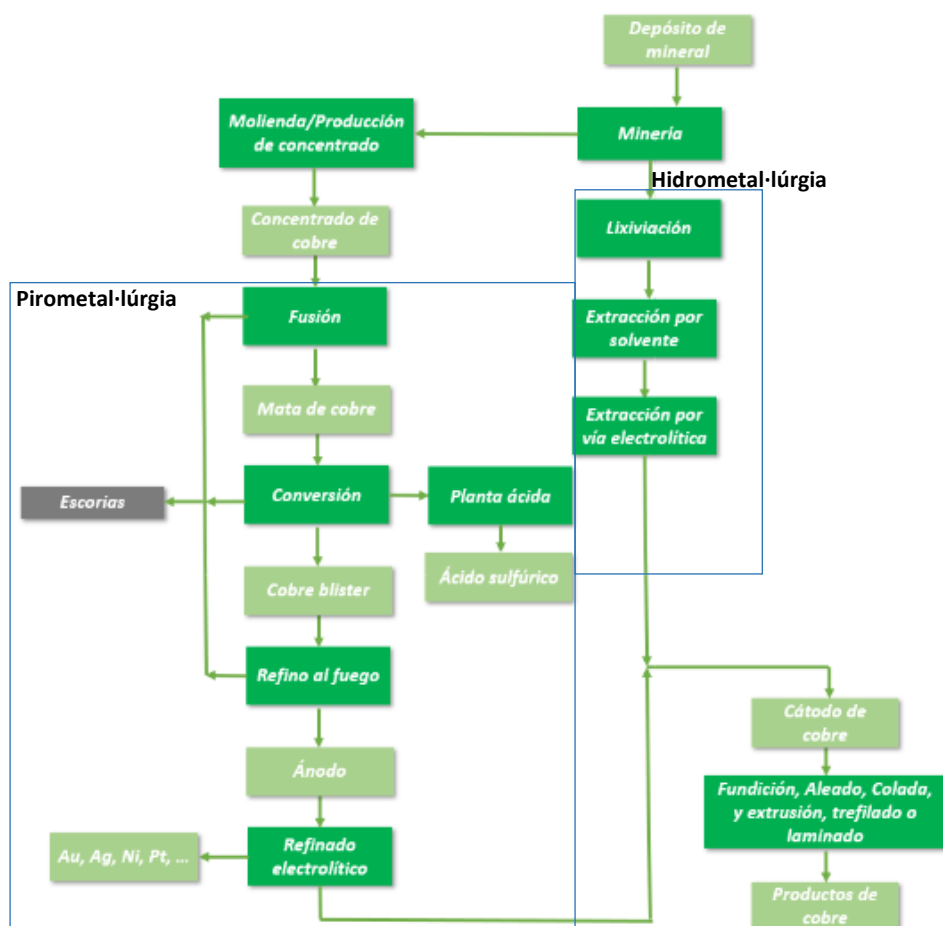
²¹ <https://circulareconomy.europa.eu/platform/en/knowledge/metal-recycling-factsheet-euric>

- **Pirometal·lúrgia:** aquest procés es caracteritza per l'aplicació d'altres temperatures al mineral concentrat de coure (torració, fusió) per a l'eliminació de les impureses presents. Inclou un procés inicial de **concentració** del coure present al mineral extret de la mina (eliminant la ganga, o material sobrant), la seva posterior **torració** a 500-800°C (eliminant part del sofre com a SO_2), la seva posterior **fosa** a 1200°C, la **conversió** del material en coure blíster mitjançant ventilació i productes químics (eliminant sofre i ferro), la **refinació al forn** (de la qual s'obté coure anòdic, amb una puresa del 99,6%) i finalment el **refinat electrolític** del que s'obté el càtode de coure, amb una puresa del 99,99%.

i

De la fosa del concentrat de coure (per a la qual s'utilitza sílice com a material fundent) se n'obté una escòria, de la qual alhora s'obtenen silicats de ferro, que tenen aplicacions en altres indústries, com la cimentera.

Figura 17. Esquema del procés d'obtenció del coure a partir de primeres matèries no reciclades



Font: Elaboració pròpia a partir de Copper Alliance.

b. El procés d'obtenció del coure a partir de primeres matèries reciclades

La producció de coure secundari es realitza pel procés de la pirometal·lúrgia, en què es pot substituir l'insum de concentrat de coure pel de coure obtingut de processos de reciclatge.

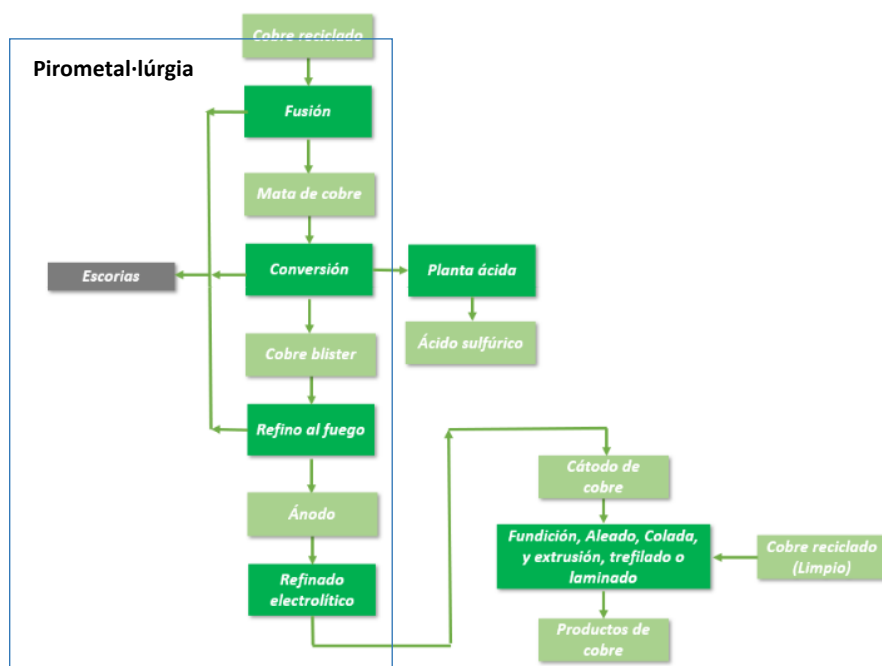
En funció del grau de puresa del coure reciclat (que es comprova mitjançant una anàlisi química durant la fase de fusió del metall, quan aquest es troba en estat líquid) aquest continua per les diverses fases del procés de la pirometal·lúrgia (per eliminar les impureses que pogués contenir) o s'envia directament a fosa (coure net, sense impureses) per a l'elaboració de productes semielaborats

Figura 18. Càtodes de coure sortits de les basses d'electròlisi



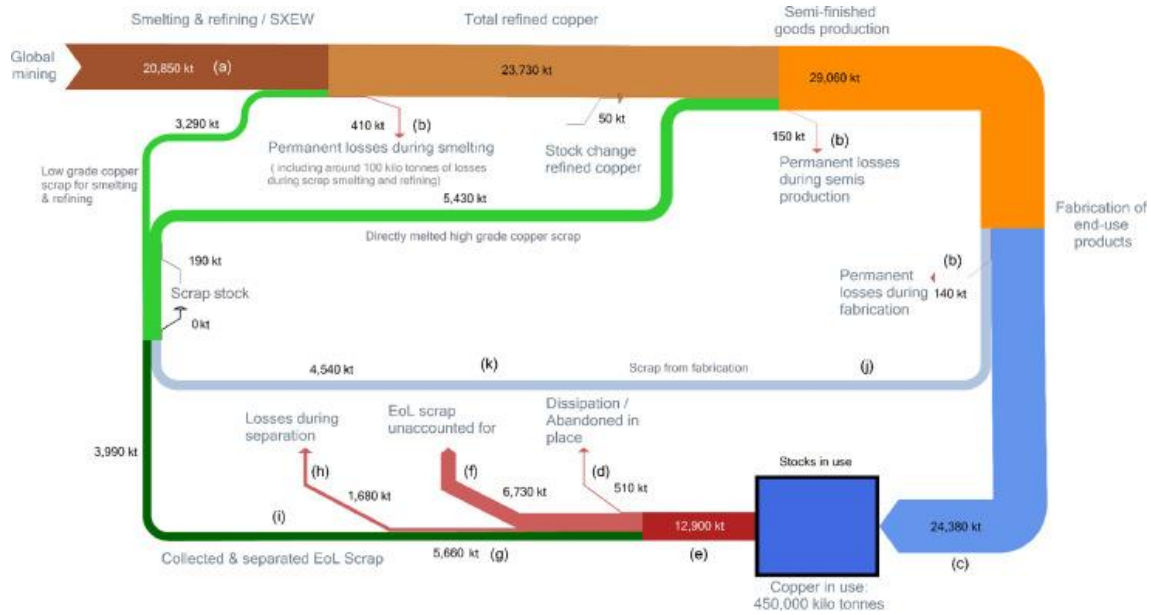
Font: Elconfidencial.com, Atlantic Copper.

Figura 19. Esquema del procés d'obtenció del coure a partir de primeres matèries reciclades



Font: Elaboració pròpia a partir de Copper Alliance.

Figura 20. Esquema dels fluxos del sector del coure a nivell mundial el 2018



Font: <https://copperalliance.org/about-copper/stocks-and-flows/>.

Recollida del residu

Els residus de coure per a reciclatge poden obtenir-se o bé dels propis processos de fabricació i transformació de coure a la indústria (que amb una correcta separació en origen permet obtenir un residu de major puresa) o bé de productes amb contingut de coure al final de vida útil. La seva recollida variarà en funció de la procedència del residu, entre els quals destaquen el sector industrial (inclòs el sector metal·lúrgic), el sector de l'automoció (VFU), el sector de la construcció, el sector comercial i els domicilis de particulars:

- **Sector industrial:** la generació de residus de coure al sector industrial prové de fluxos com retallades, encenalls i altres residus del processament del coure (indústria metal·lúrgica i de transformació de metalls), així com maquinària i altres elements al final de la seva vida útil amb components elèctrics o tèrmics (indústria en general). La ferralla ha de ser lliurada a un gestor autoritzat de residus, i en funció de la quantitat generada o el contracte amb el gestor, aquest pot encarregar-se de la recollida a les instal·lacions productores.

- **Vehicles fora d'ús (VFU):** els VFU s'han de tractar en centres autoritzats de tractament (CAT) per baixar-los i destruir-los. En aquests centres es descontaminen i es retiren els elements que es poden destinar a reutilització. Posteriorment, els VFU es compacten i s'envien a plantes fragmentadores on es trituren. El material triturat se sotmet a diferents processos amb la finalitat de recuperar fraccions reciclables, entre les quals s'hi inclou el coure. El coure degudament separat pot ser destinat a la producció de coure secundari.

- **Sector de la construcció:** els residus de construcció i demolició (RCD) poden separar-se a l'obra (essent obligada la seva separació si la quantitat de residus metàl·lics supera les 2 tones, d'acord amb el Reial decret 105/2008 d'1 de febrer) o bé enviar directament a una planta de classificació. Posteriorment, els residus s'envien a planta de reciclatge. Entre ells es pot trobar coure, que es pot recuperar després de l'aplicació dels processos de tractament corresponents.

- **Sector comercial:** diferents segments del sector comercial generen residus de coure, emprant aparells elèctrics i electrònics (AEE) o equips d'intercanvi de calor amb contingut de coure. Al final de la vida útil d'aquests productes, els establiments comercials han de lliurar la ferralla generada a un gestor de residus autoritzat, que, en funció de la quantitat generada o el contracte establert, es pot encarregar de la recollida a les instal·lacions productores.

- **Domicilis:** als domicilis hi ha residus de coure principalment en forma d'aparells elèctrics i electrònics (AEE) o equips d'intercanvi de calor. La recollida la duen a terme els serveis de recollida selectiva municipals amb diferents sistemes (iglú, càrrega lateral, càrrega bilateral, porta a porta, contenidors soterrats, etc.).

Taula 5. Contingut de coure en diferents tipologies de ferralla i residus

Tipologies de residus de coure	Contingut de coure	Origen
Escòria de coure	1-8%	Subproducte de la indústria de producció del coure.
Pols de coure	1-50%	Subproducte de la indústria de producció del coure.
Ferralla de coure pur	99%	Subproducte de la transformació del coure.
Ferralla de coure	94-98%	Cables al final de la vida útil.
Ferralla de coure lleuger	88-92%	Tubs, calderes, cables al final de la vida útil.
Ferralla de fragmentadora	60-65%	Vehicles al final de la vida útil (VFU).
Ferralla electrònica	5-30%	Residus d'aparells elèctrics i electrònics (RAEE)

Font: <https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/copper-scrap>.

Figura 21. Cables de coure en instal·lació de gestió de residus



Font: <http://www.reciclajesytransformaciones.com/?p=empresa&sb=instalaciones>

i

A causa de l'increment d'eficiència en els processos industrials de fabricació i transformació del coure per a l'elaboració de productes semielaborats, s'espera que les ferrades de coure pur perdin rellevància com a insum en els processos de reciclatge del coure davant de les ferrades de coure procedents de productes al final de la vida útil.



La creixent ocupació de coure en una gran varietat de productes farà que els propers anys s'incrementi la disponibilitat de quantitat de ferralla de coure procedents de productes al final de la seva vida útil.



Des del sector es reclama la relaxació de les barreres al mercat intern europeu per al reciclatge de residus, principalment pel que fa al transport de residus entre Estats Membres, per poder equilibrar l'oferta i demanda de residus per a reciclatge. En aquest sentit, i malgrat requerir de la importació de ferralla de fora de la UE per a la producció de coure secundari al seu territori, la UE és una exportadora neta de ferralla de coure, principalment a tercers països amb normatives ambientals més laxes.

Selecció i classificació dels residus metàl·lics amb coure

Després de la recollida dels residus amb contingut de coure dels diferents orígens, cal sotmetre'ls a un procés de classificació (per tipologies, composició i qualitats) i a la posterior separació dels metalls, per obtenir coure. Aquests processos podran variar en funció de la tipologia d'instal·lació de recuperació, entre les quals destaquen les següents:

- **Instal·lacions sense fragmentació:** el material rebut es classifica per tipologies de metalls, primer mitjançant una classificació manual per després emprar sistemes automàtics de separació, com vibradors o imants, que permeten separar els metalls en ferris i no ferris. Els metalls resultants es premsen i cisallen per obtenir unes dimensions determinades per al seu enviament a foses.

Figura 22. Residus de coure premsats després de separar-los per la via sense fragmentació.



Font: <https://decopper.com/reciclaje-de-cobre/>.

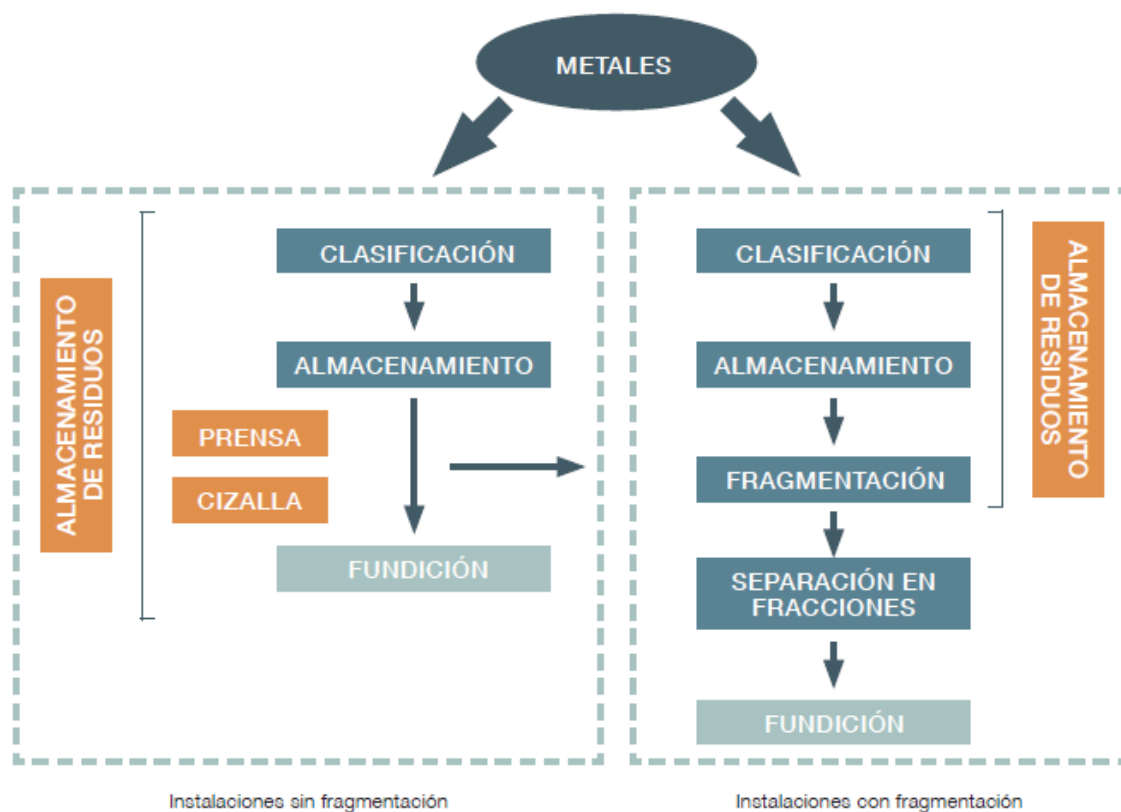
- **Instal·lacions amb fragmentació:** el material rebut també es classifica per tipologies inicialment de forma manual, si bé a continuació és introduït en una fragmentadora, en què el material es divideix en trossos petits per facilitar la posterior separació dels materials. Per a aquesta separació, es compta amb sistemes automàtics d'aspiració (per separar les fraccions lleugeres, com plàstic o cartró, dels metalls), vibradors i imants (per separar els metalls ferris dels no ferris), separador per granulometria (separant alumini de una barreja de metalls no ferris, inclòs el coure) i separació per flotació en dissolució de ferro de silici (del qual també se separa alumini, restant una barreja amb contingut de coure).

Figura 23. Residus de coure triturats i separats per la via amb fragmentació



Font: <http://www.reciclajesytransformaciones.com/?p=empresa&sb=instalaciones>

Figura 24. Diagrama general del procés de recuperació de metalls



Font: Agència de Residus de Catalunya.

i

La creixent importància relativa de les ferrades de coure procedents de productes al final de la seva vida útil (amb una barreja més gran de materials) suposarà nous reptes en la separació del coure per al seu reciclatge, en requerir tècniques més complexes i costoses.

i

Un altre repte identificat pel sector és el de la creixent complexitat i miniaturització dels productes, que incideixen en una dificultat més gran a l'hora de processar-los com a residus i separar correctament el coure de la resta de components. Un exemple d'aquesta tendència s'observa en els aparells electrònics petits, per als quals les tècniques de fragmentació i separació no són vàlides per a la recuperació de coure, i per això requereix la seva incineració i recuperació de material de les cendres. Per pal·liar els efectes d'aquesta tendència, s'està incidint en la incorporació de mesures d'ecodisseny als productes, millorant la separabilitat dels components.



En els darrers anys s'estan desenvolupant noves innovacions per a la separació de coure mitjançant sistemes de sensors, com els basats en la fluorescència de raigs X (XRF) o l'espectroscòpia de plasma induït per làser (LIBS), que permeten la lectura de determinades propietats dels materials (color, forma, fluorescència, conductivitat, etc.) i separar aquells d'interès de forma automàtica mitjançant mecanismes pneumàtics. Per al funcionament òptim d'aquests sistemes, és recomanable la neteja prèvia de la superfície dels materials, per evitar que les impureses que poguessin contenir provoquin resultats erronis en la lectura dels sensors.



La capacitat del sector del reciclatge del coure d'obtenir coure pur a partir de ferrades de diferents qualitats suposa un desincentiu per a la innovació en sistemes de separació, en comparació amb altres metalls com el ferro o l'alumini on l'obtenció del metall pur a partir de ferralla és més difícil.

El coure recuperat de la separació de ferralla metàl·lica ha de complir amb els requisits establerts a la normativa UNE-EN 12861: Coure i aliatges de coure (ferralla), que descriu les característiques i condicions (humitat, composició, contingut metàl·lic, assaigs aplicables) que ha de complir les ferrades de coure per a la seva fosa en els processos de producció de coure.

Aquesta norma divideix les ferrades de coure en 10 tipologies diferents; en funció de la seva qualitat, les ferrades han de sotmetre's a tractament (seguint el mateix procés pirometal·lúrgic que els minerals del coure) o poden ser enviades directament a fosa.



L'aplicació dels sistemes de separació de metalls depèn de la seva relació cost-benefici, podent optar per no obtenir ferrades de coure de més qualitat si els beneficis de la seva obtenció no compensen els costos de la seva separació. En aquest sentit, en el cas dels aliatges del coure (com el bronze o el llautó) se'n prioritza la fosa per a la fabricació de nous aliatges enfront de la seva separació per obtenir coure pur.



Amb l'objectiu d'incrementar la taxa de reciclatge de coure, des del sector es demanen incentius per a la generació de metalls a partir de matèries secundàries, per tal que puguin ser competitives al mercat internacional de matèries primeres i així incrementar el seu atractiu entre el sector de la metal·lúrgia del coure europeu.

Final de condició de residu

En el cas dels residus de coure, el fi de condició de residu ve determinat pel Reglament (UE) núm. 715/2013 de la Comissió, de 25 de juliol de 2013, pel qual s'estableixen criteris per determinar quan la ferralla de coure deixa de ser residu d'acord amb la Directiva 2008/98/CE del Parlament Europeu i del Consell.

Gràcies a aquest reglament es facilita la reutilització d'aquelles ferrades de coure que compleixin amb uns determinats requisits de qualitat, en prescindir de la necessitat que el receptor del material tingui la condició de gestor de residus, reduint així les càrregues administratives associades a aquest flux material

c. Productes obtinguts del procés de fabricació

El coure obtingut tant dels processos de producció primari com secundari pot, després de la fosa, transformar-se en una gran varietat de productes semielaborats (filferros, tubs, xapes, etc.).

A partir d'aquests productes semielaborats de coure es conformen molts altres productes finals. A continuació, s'enumeren els exemples més significatius de productes que fan servir coure, en funció del sector, indústria o usos en què es fan servir:

- **Sector del transport.** El coure és present als circuits elèctrics de tot tipus de vehicles de transport. Així mateix, en un aliatge amb níquel el coure forma un material resistent a la corrosió i a la bioincrustació que s'empra en el sector marítim per al casc dels vaixells (a més d'altres usos en aigües marítimes no relacionats amb el transport, com ara en canonades, plataformes, gàbies per a aquicultura, o energies renovables).

- **Sector de la construcció.** El coure s'utilitza al cablejat de les edificacions per les seves propietats de conductivitat elèctrica i resistència a la corrosió. A més d'aquest ús, el coure s'empra en canonades d'aigua, gas i sistemes tèrmics (per la seva conductivitat tèrmica), teulades (gràcies a la durabilitat i poques necessitats de manteniment), i superfícies de contacte freqüent (com draps de porta, a que les seves propietats antibacterianes permeten reduir la propagació de bacteris).

- **Sector energètic.** El coure es fa servir extensament en sistemes de generació i distribució elèctrica gràcies a les seves propietats de conductivitat elèctrica, especialment en aplicacions que requereixen una alta eficiència energètica (amb el menor material possible). Així mateix, la seva alta conductivitat tèrmica permet que es faci servir també com a superfície per captar energia solar en aplicacions de producció d'energia solar.

- **Sector agrícola.** El coure, com a micronutrient essencial per al creixement dels organismes vegetals, s'empra en fertilitzants per a sòls i cultius agrícoles. Així mateix, també es fa servir en la fabricació d'insecticides i fungicides.

- **Monedes.** El coure es fa servir per a l'encunyació de monedes en major o menor mesura gràcies a les seves propietats antibacterianes, resistència a la corrosió, resistència al desgast i reciclabilitat. A Europa, per exemple, s'utilitzen aliatges amb presència de coure en diferents graus, amb continguts d'un 5% a les monedes d'1, 2 i 5 cèntims d'euro, un 89% a les de 10, 20 i 50 cèntims, i un 75% a les de 1 i 2 euros.

- **Productes domèstics.** Gràcies a la seva conductivitat elèctrica i tèrmica, el coure s'utilitza en aplicacions elèctriques, com ara aparells elèctrics i electrònics, o tèrmiques, com a equips d'intercanvi de calor (aires condicionats, frigorífics, dissipadors de calor).

Taula 6. Resum dels exemples principals d'ús del coure en productes finals

Sector, indústria o ús	Exemples
Transport	Automòbils (20 kg de mitjana)
	Ferrocarrils, vaixells, avions (sistemes elèctrics)
	Vaixells (ús d'aliatge amb níquel resistent a la corrosió i bioincrustació al casc)
Construcció	Cablejat elèctric
	Canonades d'aigua, gas i sistemes tèrmics
	Teulades
	Superfícies de contacte freqüents (draps de portes, etc)
Energia	Sistemes de generació i distribució elèctrica
	Superfície de captació d'energia solar
Agrícola	Fertilitzants (micronutrient essencial)
	Insecticides i fungicides
Monetari	Monedes
Domèstic	Aparells elèctrics i electrònics (AEE)
	Equips d'intercanvi de calor (aires condicionats, etc)

2. El sector de fabricació de ferro i acer a les Illes Balears

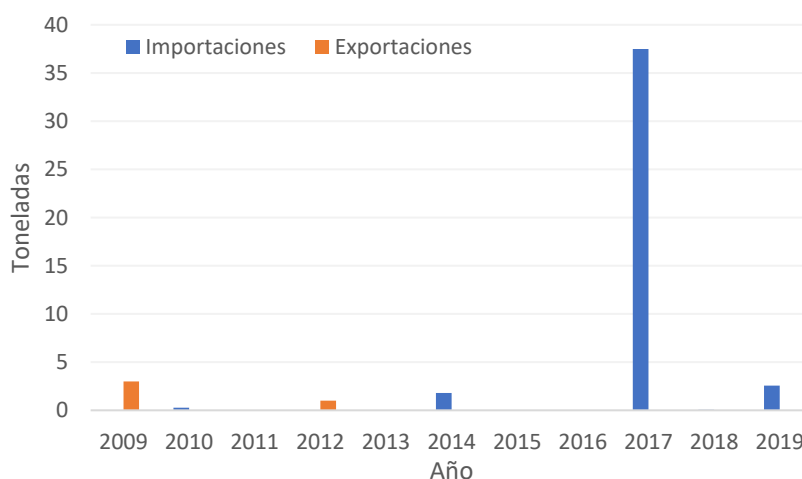
Les Illes Balears no disposen d'una indústria de capçalera per a la producció de ferro i acer, per la qual cosa la totalitat del ferro i acer recuperat a les illes ha de destinar-se a la seva gestió per part dels teixits productius d'altres territoris.

D'altra banda, el comerç exterior de ferro i acer de les Illes Balears reflecteix una major exportació del material (704 t) que importació (233 t)²², resultant en un saldo comercial positiu.

Així, s'estima un consum aparent nul de ferro i acer el 2019 per a les Illes Balears, en el qual s'exporta més material del que s'importa o es fa servir de forma interna en la comunitat.

D'altra banda, s'estima que el 2019 la generació de residus de ferro i acer de les empreses mitjanes i grans en l'àmbit industrial va ser d'aproximadament 2.700 tones. Davant la falta de teixit productiu propi en el qual gestionar aquests residus, ni d'exportacions externes significatives dels mateixos (veure Figura 25), la totalitat de la generació de residus de ferro i acer insular es transporta a altres territoris nacionals per al seu correcte tractament o reutilització en processos de producció secundaris.

Figura 25. Evolució de les importacions i exportacions de deixalles de ferro i acer a les Illes Balears



Font: DATACOMEX (TARIC 7204, de deixalles i residus de ferro i acer, excepte 720421, d'acer inoxidable, i 720429, d'acer aliat).

²² Font: DataCOMEX. S'inclouen els productes de codi TARIC 72, exceptuant els 7202 (ferroaliatges), 7204 (ferralla) i 7205 (granelles i pols).

3. El sector de la fabricació d'alumini a les Illes Balears

Les Illes Balears no disposen d'indústria per a la producció d'alumini primari o secundari, per la qual cosa la totalitat de l'alumini recuperat a les Illes ha de destinar-se a la seva gestió per part dels teixits productius d'altres territoris.

D'altra banda, el 2019 tampoc es van registrar moviments internacionals d'alumini d'importància, sent nul·les tant les importacions com les exportacions²³.

Així, s'estima un consum aparent nul d'alumini el 2019 a les Illes Balears.

D'altra banda, s'estima que el 2019 la generació de residus d'alumini de les empreses mitjanes i grans en l'àmbit industrial va ser d'aproximadament 400 tones. Davant la falta de teixit productiu propi en el qual gestionar aquests residus, ni d'exportacions externes significatives dels mateixos (veure Figura 26), la totalitat de la generació de residus d'alumini insular s'ha de transportar a altres territoris nacionals per al seu correcte tractament o reutilització en processos de producció secundaris..

Figura 26. Evolució de les importacions i exportacions de deixalles d'alumini a les Illes Balears



Font: DATACOMEX (TARIC 7602, de deixalles i residus d'alumini).

²³ Font: DataCOMEX. S'inclou el producte de codi TARIC 760110 (alumini sense aliar brut).

4. El sector de la fabricació de coure a les Illes Balears

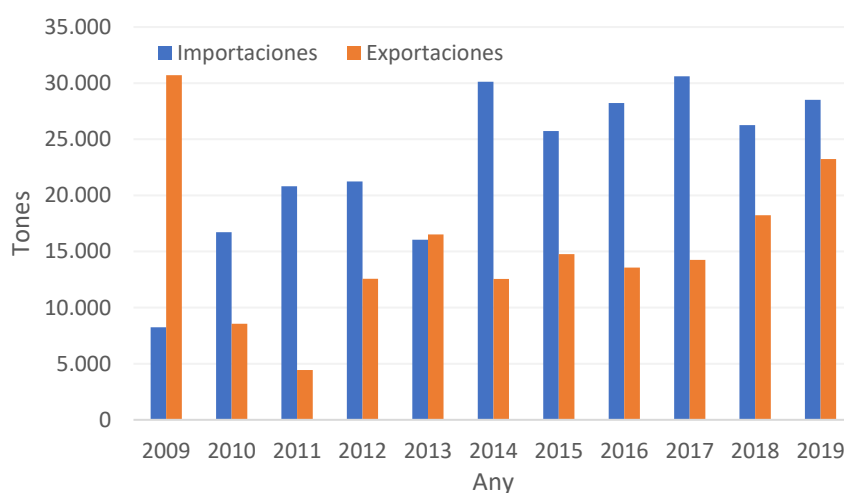
Les Illes Balears no disposen d'indústria per a la producció de coure, per la qual cosa la totalitat de la ferralla de coure recuperada a les illes ha de destinar-se a la seva gestió per part dels teixits productius d'altres territoris.

D'altra banda, el 2019 tampoc es van registrar moviments internacionals de coure refinat d'importància, sent insignificants tant les importacions com les exportacions²⁴.

Així, s'estima un consum aparent nul de coure refinat el 2019 a les Illes Balears.

D'altra banda, s'estima que el 2019 la generació de residus de coure de les empreses mitjanes i grans en l'àmbit industrial va ser d'aproximadament 300 tones. Davant la falta de teixit productiu propi en el qual gestionar aquests residus, ni d'exportacions externes dels mateixos (veure Figura 27), la totalitat de la generació de residus de coure insular s'ha de transportar a altres territoris nacionals per al seu correcte tractament o reutilització en processos de producció secundaris.

Figura 27. Evolució de les importacions i exportacions de deixalles de coure a les Illes Balears

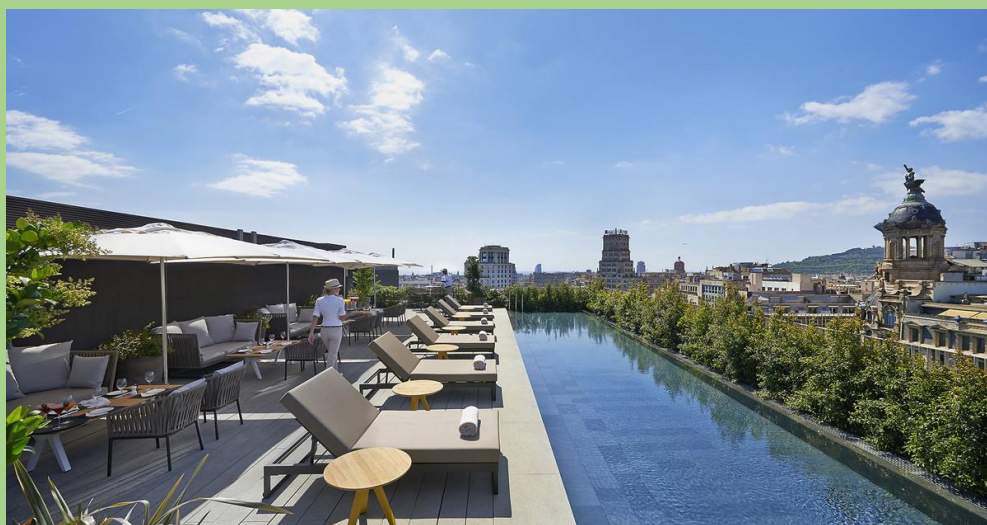


Font: DATACOMEX (TARIC 74040010, de residus i deixalles de coure refinat).

²⁴ Font: DataCOMEX. S'inclouen els següents productes de codi TARIC 7403: 740311 (càtodes de coure), 740312 (barres per a filferro de coure), 740313 (lingots de coure refinat) i 740319 (coure refinat brut).

Institut  Cerdà

Valor 2030: Superació de les barreres en la utilització de matèries primeres secundàries als principals sectors industrials



SECTOR: HOTELER

JUNY 2023



Índex del document

1.	Introducció.....	3
2.	El flux de matèries primeres al sector hotelier.....	4
2.1.	Productes alimentaris	7
2.2.	Productes químics de neteja i manteniment.....	14
2.3.	Productes tèxtils i complements	16
2.4.	Parament	21
2.5.	Mobles i altres accessoris.....	24
2.6.	Equip elèctric i electrònic	28
3.	El sector hotelier a les Illes Balears.....	32



1. Introducció

El sector hotelier és un dels més importants i estratègics d'Espanya, amb una forta contribució al desenvolupament socioeconòmic i a la creació de llocs de treball a nivell estatal. En aquest marc, el sector hotelier constitueix un pilar fonamental del turisme, sent aquest un sector que, al 2021 va suposar un 8% del PIB nacional, amb una aportació de 97.126 milions d'euros¹.

En concret, segons l'Observatori Sectorial DBK d'Informa, la facturació dels establiments hotelers espanyols va ser de 8.000 milions d'euros al 2021, duplicant la xifra de l'any anterior, tot i que encara molt per sota del rècord de 17.250 milions d'euros del 2019. Aquest fet és perquè, encara que hi va haver una recuperació i evolució positiva de l'activitat com a resultat de la reactivació econòmica i progressiu aixecament de les mesures sanitàries i restriccions de mobilitat, al 2021 encara no es van recuperar els valors previs a la crisi sanitària de la COVID- 19. La facturació aconseguida pel sector hotelier al 2021 respon als 11.482 establiments distribuïts per tot el territori nacional, i disposa d'una oferta total de 1.068.086 places hoteleres.

Taula 1. Dades de síntesi del sector hotelier, Espanya (2021).

Nombre d'establiments (mitjana)	11.482
Nombre de places (mitjana)	1.068.086
Facturació (milions €)	8.000

Font: Elaboració pròpia a partir de dades de l'INE i de l'Observatori Sectorial DBK d'Informa.

Realitzant una anàlisi del sector a nivell autonòmic, al 2021, a les Illes Balears el PIB turístic va representar aproximadament un 27,7% de l'economia balear, amb una facturació de 8.373 milions d'euros². Per al mateix any, a la Comunitat Valenciana l'impacte econòmic del turisme va ser de 12.775 milions d'euros i va suposar l'11,3% del total del PIB³ valencià. Finalment, respecte a Catalunya, les darreres dades publicades relatives al pes econòmic del turisme són del 2020, any en què el sector es va veure impactat molt negativament per la crisi sanitària i el pes del sector tan sols va suposar un 1,4% del PIB autonòmic, xifra molt llunyana del 6,4% del 2019 (últim any de referència amb dades prèvies a la pandèmia).

Pel que fa al nombre d'establiments hotelers, segons les dades de l'INE, aquest va ser de 14.059 a nivell nacional al 2022, donant lloc a una disponibilitat total de 1.483.786 places hoteleres, localitzant-se el 15% d'aquests hotels a Catalunya, el 7% a la Comunitat Valenciana i el 5% a les Illes Balears.

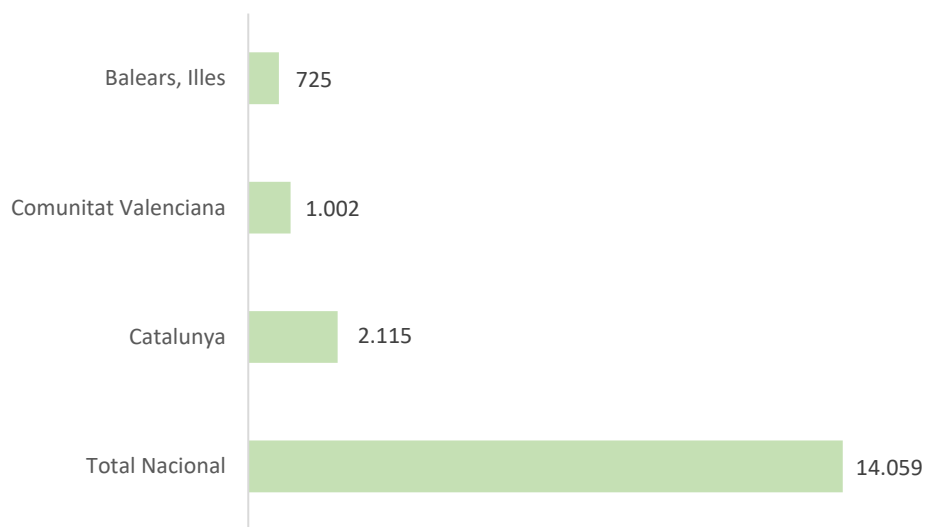
¹ Font: INE

² Exceltur (2021).

³ Estudi de l'impacte econòmic del turisme sobre l'economia i l'ocupació de la Comunitat Valenciana, Impactur (2021).



Figura 1. Mitjana d'establiments hotelers per comunitat autònoma 2022.



Font: Elaboració pròpia a partir de dades de l'INE (2022).

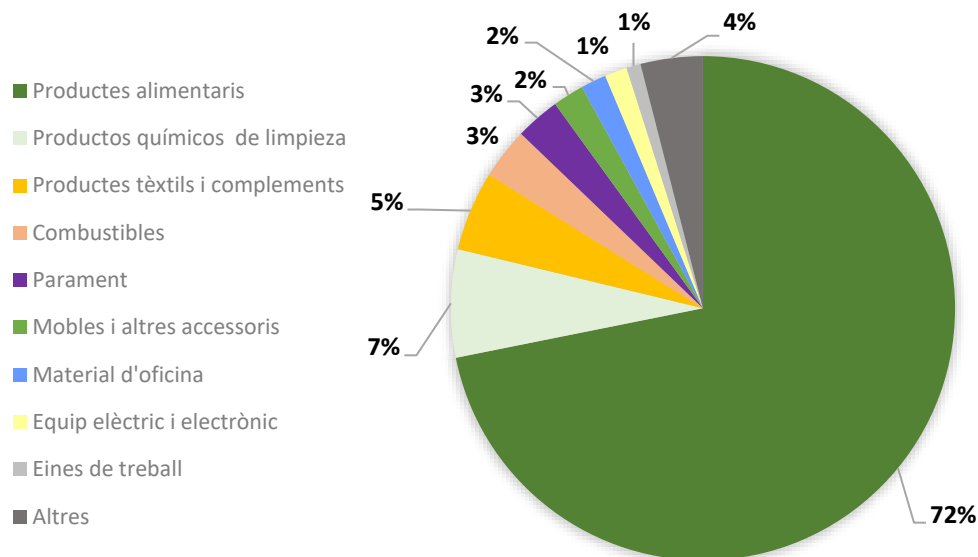
2. El flux de matèries primeres al sector hotelier

Amb l'objectiu d'identificar les principals barreres en la utilització de matèries primeres secundàries al sector hotelier, en primer lloc, s'identifiquen les matèries primeres que aquest consumeix.

En aquest marc, en 2020 a nivell nacional, els productes alimentaris van suposar el 72% de la despesa total de matèries primeres al sector hotelier. Pel que fa al 28% restant, els productes químics de neteja i manteniment (7%) i els productes tèxtils i complements (5%) són els més consumits, seguits amb consums similars entre si, pels combustibles i el parament, representant cadascun un 3% del total, els mobles i altres accessoris i el material d'oficina, sent cadascun un 2% del total, i els equips elèctrics i electrònics i les eines de treball amb un 1% cadascun.



Figura 2. Desglossament de la despesa en matèries primeres del sector hotel·ler a Espanya en milions d'euros, 2020.



Font: Elaboració pròpia a partir de dades de Statista, 2021.

Pel que fa a la generació de residus, la Fundació Deixalles va publicar a l'abril de 2023 un estudi sobre la reutilització al sector hotel·ler de les Illes Balears, emmarcat en el projecte *Fem que Circuli*, amb la finalitat d'obtenir informació sobre els articles potencialment reutilitzables descartats pel sector hotel·ler.

Les conclusions d'aquest estudi, en què van participar 23 allotjaments turístics heterogenis⁴, estimen que la planta hotelera de les Illes Balears genera 10.887,57 tones anuals de residus potencialment reutilitzables (ARPs)⁵ (22,53 kg i 27,74 kg d'ARPs a l'any per plaça turística, a les habitacions d'establiments hotelers i apartahotels respectivament).

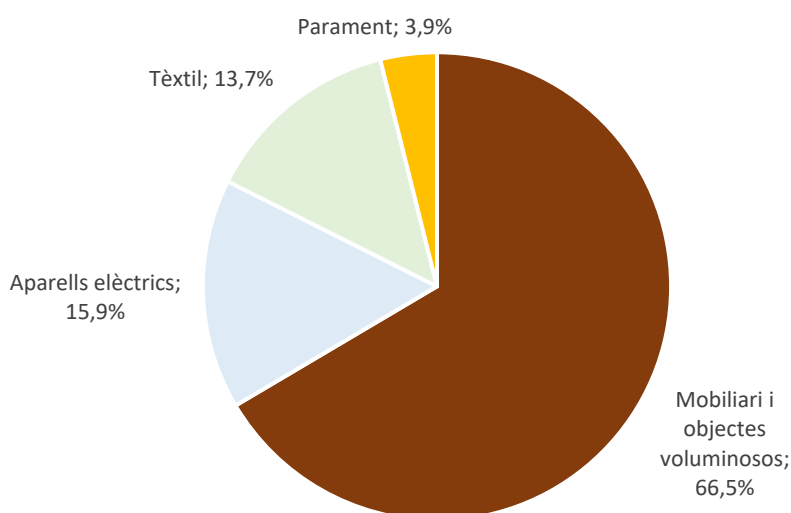
Atenent la tipologia dels ARPs, el 66,51% correspon a mobiliari i altres objectes voluminosos, el 15,91% a aparells elèctrics, el 13,73% a elements tèxtils i el 3,85% a parament.

⁴ 60,9% hotels, 26,1% apartahotels, 4,4% hotels rurals, 4,3% hotels resort, 4,3% hotels boutique.

⁵ Residus potencialment reutilitzables (ARPs): Objectes que, un cop rebutjats pels seus propietaris, són susceptibles de tornar-se a utilitzar, ja sigui a través de la seva reutilització directa o preparació per a la reutilització. A l'estudi realitzat, els ARPs analitzats han estat aquells amb què la Fundació Deixalles treballa: mobiliari i altres objectes voluminosos, aparells elèctrics, articles tèxtils, elements de decoració i parament.



Figura 3. Tipologia de residus potencialment reutilitzables generats pel sector hotelier.



Font: Elaboració pròpia a partir de Fundació Deixalles.

L'estudi conclou que:

- Els establiments hotelers sensibilitzats en qüestions de sostenibilitat, en general, duen a terme accions per reutilitzar els articles que renoven (un 73% afirma separar-los amb aquesta finalitat i, en cas de reforma, destinar aproximadament el 48% d'aquest material a reutilització).
- La traçabilitat del flux del material reutilitzable descartat pel sector hotelier és incompleta. Les empreses no disposen de la totalitat de dades de generació de residus i de les seves vies de gestió.
- Un servei gratuït de recollida i gestió per a reutilització dels articles descartats en allotjaments hotelers seria de gran utilitat per prevenir residus en aquest àmbit.
- S'estima que un gran nombre d'establiments hotelers encara no disposen d'un pla de circularitat (44% no disposen) o d'algun tipus de certificació ambiental (37% no disposen). Cal destacar que, en el cas de les Illes Balears, a partir de l'1 de maig de 2023 és obligatori l'elaboració de plans de circularitat per a tots els allotjaments turístics amb categories mínimes de 4 estrelles, d'acord amb la Llei 3/2022, de 15 de juny, de mesures urgents per a la sostenibilitat i la circularitat del turisme de les Illes Balears.



La manca de sensibilització en matèria de sostenibilitat als establiments hotelers, la baixa traçabilitat del flux de material reutilitzable descartat per aquest sector, i l'absència de serveis gratuïts de recollida i gestió d'aquests residus, així com d'un pla de circularitat als hotels, són alguns dels factors que dificulten l'impuls de la utilització de matèries primeres secundàries al sector hotelier.



Així mateix, les Illes Balears també ha participat al projecte INCIRCLE (Interreg MED), que té com a objectiu provar una nova metodologia basada en l'aplicació dels principis de l'economia circular al sector turístic, amb un enfocament centrat en les particularitats i necessitats específiques de les illes i zones de baixa densitat.

L'enfocament del projecte es fonamenta en els cinc principis següents aplicats a quatre àrees d'actuació.

Figura 4. Principis (esquerra) i àrees d'actuació principals (dreta) d'INCIRCLE.



Font: Elaboració pròpia a partir d'INCIRCLE.

2.1. Productes alimentaris

Els productes alimentaris són la principal matèria primera consumida pels hotels. El 2021, a Espanya, la despesa en aliments i begudes fora de la llar (sector HORECA) va arribar a 28.008 milions d'euros, cosa que equival a 3.187 milions de kg o litres d'aliments i prop de 11.766 milions de consumicions realitzades en hotels, restaurants i cafeteries.⁶

Aquests productes alimentaris generen una gran quantitat de residus procedents de la manipulació dels aliments i preparació del menjar, dels excedents no consumits pels usuaris o restes dels aliments no consumibles (pells, ossos, closques, etc.), així com dels excedents alimentaris derivats dels productes en mal estat o caducats.

Les dades mitges de referència estimen la generació de residus dels hotels de dues a quatre estrelles en 2 kg per pernoctació.⁷ No obstant això, segons una anàlisi realitzada per l'Ajuntament de Barcelona en hotels amb sistemes de gestió certificats EMAS de la ciutat, aquesta es pot reduir a 1 kg per pernoctació.

⁶ Segons dades de l'Informe del Consum Alimentari a Espanya 2021, realitzat pel Govern d'Espanya i el Ministeri d'Agricultura, Pesca i Alimentació.

⁷ Guia per a la implantació de la recollida separada i gestió de bioresidus de competència municipal. Govern d'Espanya (2013).



En aquest marc, tenint en compte el total de pernoctacions hoteleres durant el 2019⁸ a Barcelona (22.353,5), el total de residus generats pels hotels va representar, aproximadament, entre el 2% i el 3% del total dels residus municipals de la ciutat.

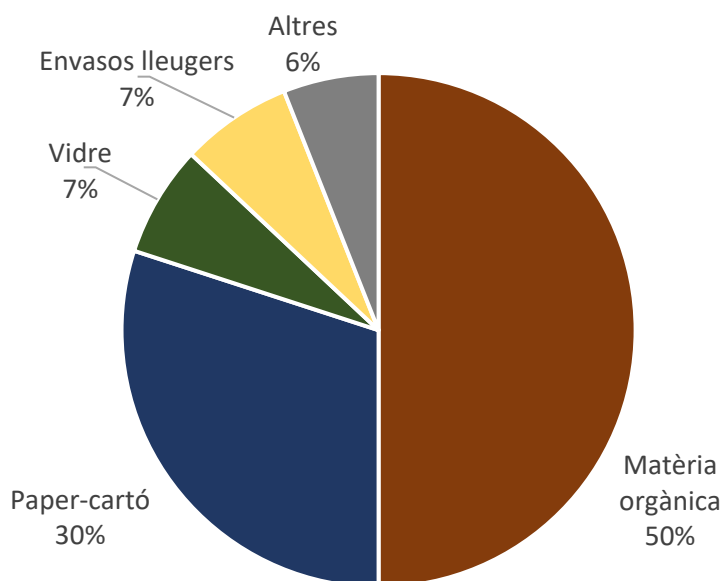
Taula 2. Residus del sector hotelier vs Residus municipals, Barcelona.

	Barcelona (2019)
Pernoctacions totals	22.353.500
Residus totals generats pels hotels ⁹ (tones)	22.353,5
Residus municipals totals (tones)	791.618,42
Residus del sector hotelier respecte al total RM	2,8%

Font: Idescat (2019) i Agència de Residus de Catalunya (2019).

A més, segons l'anàlisi de l'Ajuntament de Barcelona (2009), la composició en pes dels residus generats als hotels és aproximadament la següent:

Figura 5. Borsa tipus dels hotels.



Font: Ajuntament de Barcelona, 2009.

Per tant, tenint en compte que la FORM correspon al 50% en pes de la generació de residus dels hotels, a Barcelona el sector hotelier va generar un total de 11.176 tones de residus de matèria orgànica al 2019. Si es considera que el total d'aquests residus van ser separats en origen com a FORM, aquesta xifra representa el 4,5% del total de residus de matèria orgànica recollits selectivament a Barcelona.

⁸ S'han pres dades prèvies a la crisi sanitària del COVID-19.

⁹ Prenent com a referència el valor aportat per l'Ajuntament de Barcelona; 1 kg de residus per pernoctació.



Taula 3. Residus del sector hotel·er (fracció orgànica) vs Residus municipals (fracció orgànica), Barcelona.

	Barcelona (2019)
Residus totals generats pels hotels ¹⁰ (tones)	22.353,5
Matèria orgànica sector hotel·er (tones)	11.176,75
Matèria orgànica Barcelona (tones) ¹¹	121.988,05
Residus del sector hotel·er respecte al total RM (FORM)	4,5%

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'ARC (2019).

A continuació, considerant les mateixes dades base, es fa el mateix càlcul a nivell nacional:

Taula 4. Residus del sector hotel·er vs Residus municipals, Espanya.

	Espanya (2019)
Residus del sector hotel·er vs Residus municipals	
Pernoctacions totals	342.995.594
Residus totals generats pels hotels ¹² (tones)	342.995,5
Residus municipals totals (tones)	22.761.799
Residus del sector hotel·er respecte al total RM	1,5%
Residus del sector hotel·er (frac. orgànica) vs Residus municipals (frac. orgànica)	
Matèria orgànica sector hotel·er (tones)	171.497,8
Matèria orgànica Espanya (tones) ¹³	10.015.192
Residus del sector hotel·er respecte al total RM (FORM)	1,7%

Font: INE (2019).

Una gran part d'aquests residus orgànics dels hotels es produeix a causa del malbaratament alimentari.

i

A Espanya es van desaprofitar 1.248,88 milions de kg l'any 2021, cosa que correspon al 3,8% del total d'aliments i begudes comprats¹.

*Panell de quantificació del malbaratament alimentari a les llars espanyoles.
Ministeri d'Agricultura, Pesca i Alimentació.*

Per reduir aquest malbaratament alimentari i, per tant, la gran quantitat de residus generats, actualment s'han establert alguns marcs normatius i s'estan implementant cada cop millors processos de gestió dels aliments als hotels.

¹⁰ Prenent com a referència el valor aportat per l'Ajuntament de Barcelona; 1kg de residus per pernoctació.

¹¹ A Barcelona, la fracció orgànica representa el 31% dels residus totals municipals. PRECAT 2020.

¹² Prenent com a referència el valor aportat per l'Ajuntament de Barcelona; 1 kg de residus per pernoctació.

¹³ A Espanya, la fracció orgànica representa el 44% dels residus totals municipals. MITECO.



A nivell estatal, el juny de 2022 el Govern va aprovar una llei contra el malbaratament alimentari per a la seva tramitació parlamentària (el projecte de Llei de Prevenció de les Pèrdues i el Malbaratament Alimentari).

La llei estableix que tots els agents de la cadena alimentària tenen l'obligació de disposar d'un pla de prevenció de les pèrdues i el malbaratament amb l'objectiu de fixar mesures per minimitzar les pèrdues d'aliments i que es destinin a altres usos, per als quals es fixa una jerarquia de prioritats.

Segons aquesta jerarquia, la prioritat màxima és el consum humà, seguit de l'alimentació animal i la fabricació de pinsos, de l'ús com a subproductes en una altra indústria, i de l'obtenció de compost o biocombustibles.

A nivell autonòmic:

- Catalunya va aprovar la Llei catalana de prevenció de pèrdues i malbaratament alimentari el 4 de març de 2020.
- La Llei 8/2019, de 9 de febrer, de residus i sòls contaminats de les Illes Balears inclou a l'article 26 disposicions per reduir el malbaratament alimentari.
- L'article 33 de la Llei 5/2022, de 29 de novembre, de residus i sòls contaminats per al foment de l'economia circular a la Comunitat Valenciana incorpora una línia de treball per a la reducció del malbaratament d'aliments. A més, el gener del 2019 la Generalitat Valenciana va crear i impulsar el Pla Bon Profit, un pla d'acció contra el malbaratament alimentari dirigit als sectors productius, industrials, al comerç, l'hostaleria i al consum, per fomentar uns sistemes productius i un consum responsable amb què es generés menys malbaratament de menjar.

A més de les polítiques de gestió derivades d'aquest marc normatiu, també han sorgit iniciatives per vendre 'excedent de menjar':

i

Els hotels adherits a la plataforma ECO-ONE utilitzen l'aplicació mòbil *Too Good to Go* per vendre el seu excedent de menjar diari a usuaris que poden comprar a preus molt reduïts, a través de packs, evitant el malbaratament de menjar.

Per exemple, un hotel que ofereix diàriament **4 packs**, vendria **1.240 packs anualment**, cosa que suposaria evitar el malbaratament d'uns 1.300 quilos de menjar.

Too Good To Go ja opera a 15 països i compta amb 29 milions d'usuaris i 63.374 establiments. A Espanya són més de 6.000 establiments associats i més de 2 milions d'usuaris.

Eco-one

D'altra banda, una vegada els aliments passen a ser residu, aquests són una matèria primera secundària valoritzable tant energètica com materialment.



i

El **residu alimentari** és un concepte definit a la Llei 7/2022 de residus, procedent de la Directiva Marc de Residus, i és tot aliment que s'ha convertit en residu, sent “residu” qualsevol substància o objecte del qual el seu posseïdor es desprengui o tingui la intenció o l'obligació de desprendre's.

- **Valorització material**

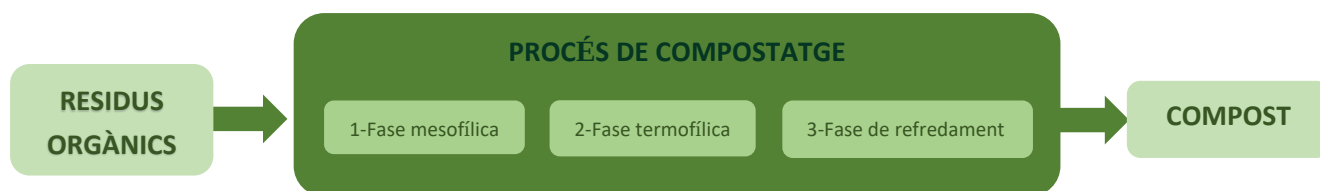
La fracció orgànica, un cop eliminats els elements impropis (com, per exemple, vidre, plàstic o metalls), en general es destina a un procés de compostatge mitjançant descomposició biològica que dona lloc al compost, el qual es pot utilitzar com a adob orgànic a l'agricultura i la jardineria o com a estructurant de sòls per restaurar espais degradats.

El compostatge és un procés biològic aerobi que, sota condicions de ventilació, humitat i temperatura controlades, transforma els residus orgànics degradables en un material estable i higienitzat anomenat compost, que es pot utilitzar com a esmena orgànica, afavorint el retorn de la matèria orgànica al sòl i la seva reinserció als cicles naturals. El procés de descomposició es basa en l'activitat de microorganismes com els fongs i els bacteris i la durada pot oscil·lar entre 10 i 16 setmanes.

El procés de compostatge té tres fases:

1. Mesofílica: els microorganismes s'aclimaten al nou medi (els residus orgànics) i es reproduïxen.
2. Termofílica: s'augmenta la temperatura perquè apareguin els bacteris termofílics. En aquesta fase, es produeix la màxima degradació i estabilització de la matèria orgànica.
3. Fase de refredament: En aquesta fase es produeix un alliberament addicional d'aigua per evaporació, una estabilització de pH i es completarà la formació d'àcid húmic.

Figura 6. Procés de compostatge o digestió aeròbia.



Font: Elaboració pròpia.



No obstant això, la implementació del compostatge a petita o mitjana escala en hotels pot presentar dificultats tècniques i econòmiques, requerint alternatives comercials per l'auto compostatge més viables.

En instal·lacions del sector serveis, l'auto compostatge es porta a terme en compostadores que permeten tractar de manera eficient volums més reduïts de residus orgànics, d'acord amb la generació dels establiments HORECA, i que requereixen un espai físic moderat. D'una banda, les compostadores de descomposició aeròbica biològica requereixen una reduïda inversió econòmica, però el seu ús adequat requereix personal format i la seva eficiència recau en l'activitat biològica (sovint duta a terme per cucs, fongs i altres organismes) que és lenta i de laboriós manteniment. D'altra banda, hi ha màquines compostadores que fan el procés de compostatge emprant calor, abrasió i oxigen en tres fases. Aquestes són més eficaces i ràpides en el tractament de matèria orgànica, però requereixen una inversió econòmica considerable i una instal·lació elèctrica adaptada al seu funcionament.

Figura 7. Màquina compostadora (esq.) i compostadora biològica (dreta)



i

En 2018 l'Hotel Tigaiga de Port de la Creu, un dels cinc associats a Ashotel (Associació Hotelera i Extrahotelera de Tenerife, La Palma, La Gomera i el Ferro), va participar en el projecte Urban Waste (Urban Strategies for Waste Management in Tourist Cities) de la Comissió Europea, adquirint una màquina d'auto compostatge que transforma el 50% de tots els residus orgànics que genera l'hotel en compost. Aquest compost es fa servir posteriorment per abonar els més de 5.000 metres quadrats de jardins de l'hotel. La màquina processa uns 40 quilos de residus diaris (1.200 quilos al mes aproximadament), i el cicle complet de transformació dels residus en compost dura unes tres setmanes.

La instal·lació i la posada en marxa d'aquesta auto compostadora ha estat possible també gràcies a l'acord assolit amb l'Ajuntament de Puerto de Cruz i l'empresa de gestió de residus Valoriza.



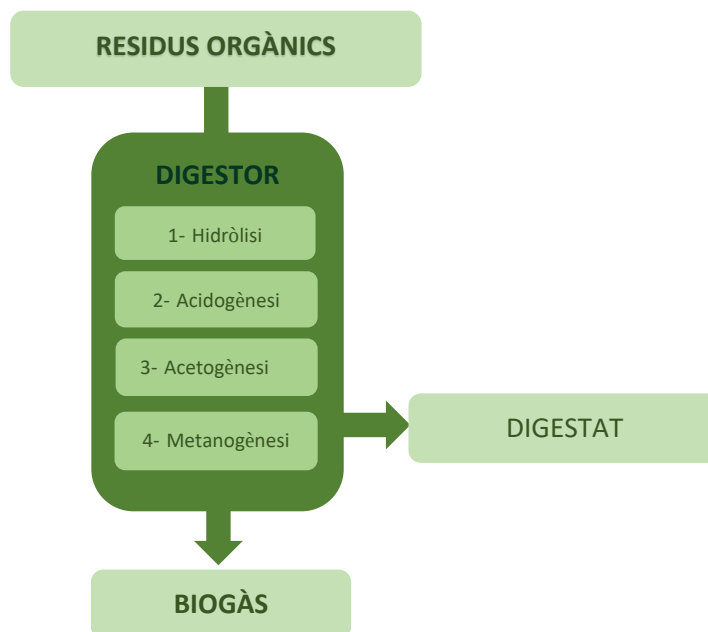
Una altra de les iniciatives d'Ashotel, juntament amb la Càtedra de Turisme Caja Canarias-Ashotel-ULL i l'Ajuntament de Puerto de la Cruz, ha estat el disseny d'un sistema tarifari de pagament per generació de residus per al sector hotel·ler del municipi, amb el objectiu de la millora dels resultats de la recollida selectiva de residus. Aquesta iniciativa es tracta d'un incentiu per reduir els residus que es generen i millorar-ne el reciclatge, alhora que actua de palanca per introduir innovació tecnològica en els sistemes de gestió de residus municipals.

- **Valorització energètica - biometanització**

Una alternativa per a la valorització de la matèria orgànica és la producció de biogàs, una energia alternativa composta principalment per diòxid de carboni i metà generats per la biodegradació de biomassa, obtinguda de la matèria orgànica en un ambient desproveït d'oxigen. Aquest biogàs és una font d'energia renovable que es pot fer servir com a combustible o per generar energia elèctrica o tèrmica.

Aquest procés es pot fer a gran escala en plantes de biogàs específiques o directament en complexos per a la gestió de residus. El procés d'obtenció del biogàs té lloc en quatre etapes diferenciades (hidròlisi, acidogènesi, acetogènesi i metanogènesi). En aquestes etapes intervenen diversos microorganismes (principalment bacteris) capaços de descompondre la matèria orgànica en molècules i compostos de diversa índole, alliberant a més gasos com l'hidrogen o el metà.

Figura 8. Procés de biometanització o digestió anaeròbia.



Font: Elaboració pròpia.



Tot i això, l'aplicació de la tecnologia de biodigestió a petita escala per a l'auto abastiment energètic pot presentar dificultats de viabilitat tècnica i econòmica.

En aquest marc, han sorgit projectes pilot com el de l'Hotel Bahía del Duque que, juntament amb la Universitat de La Laguna, ha estudiat la viabilitat (tècnica i econòmica) de l'obtenció i utilització de biogàs a partir dels residus orgànics produïts a la pròpia instal·lació hotelera, amb l'objectiu d'aconseguir l'auto abastiment energètic de les instal·lacions.

L'estudi revela que, a causa de la gran afluència d'hostes, el complex hotelier és capaç de produir quantitats suficients de matèria orgànica perquè la inversió sigui rendible, aconseguint l'aplicació de la tecnologia de biodigestió a petita escala.

Universitat de la Laguna

Per tant, davant la dificultat de executar aquest processos a petita escala, la clau per assegurar la correcta gestió de la fracció orgànica dels residus produïts al sector de l'hostaleria és l' **eficàcia dels sistemes de recollida selectiva tant als propis hotels, com als sistemes municipals responsables de recollir i transportar aquests residus a plantes de tractament a gran escala.**

2.2. Productes químics de neteja i manteniment

La segona matèria primera més consumida al sector hotelier són els productes químics de neteja i manteniment, sent els envasos de plàstic el principal residu que aquests generen.

El plàstic que s'utilitza principalment per a la producció d'envasos per als productes de neteja és el polietilè d'alta densitat (PEAD o HDPE).

Figura 9. Codi d'identificació dels plàstics definits per la UE.



Font: Reciclario.

Tot i que els envasos de detergents i altres productes de neteja usats als hotels continguin productes que presenten unes característiques de perillositat, aquests queden fora de l'abast de l'àmbit d'ADR¹⁴, degut principalment al volum del propi envàs i a la baixa-mitjana perillositat

¹⁴ Acuerdo Europeo sobre el Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera.



de les substàncies que conté. És per això que aquests envasos no estan subjectes a una legislació específica, permetent que l'única limitació en l'ús de material reciclat sigui la de complir amb les especificacions tècniques requerides.

Entre aquestes especificacions tècniques requerides hi ha la compatibilitat química del material plàstic amb el producte químic que albergarà.



La **principal barrera** en la utilització de plàstic reciclat als envasos dels productes químics de neteja i manteniment és la compatibilitat química o stress cracking de l'envàs.

L'*stress cracking* o assaig de compatibilitat consisteix a avaluar si l'envàs es pot arribar a veure afectat pel producte que el conté. Per fer-ho, l'envàs s'exposa al producte a contenir o amb un tensioactiu de referència a una temperatura relativament alta durant un temps determinat, amb l'objectiu de forçar l'aparició de tensions residuals al material d'envasament, produïdes per un mal ajustament de les condicions de fabricació¹⁵.



El projecte d'R+D Extrech (juliol 2021 – juny 2022), dut a terme pel centre tecnològic ITENE en col·laboració amb l'empresa Plásticos Guadalaviar, ha millorat el processament i les propietats mecàniques i químiques del polietilè d'alta densitat (PEAD) procedent de reciclatge postconsum, per utilitzar-lo en la fabricació d'envasos de productes de neteja.

Per a això, s'ha aplicat la tecnologia d'extrusió reactiva (modificacions del polímer mitjançant una reacció química) per produir polímers reciclats de més valor afegit.

mundoPLAST



Una alternativa per a la prevenció de residus plàstics d'envasos és la **reutilització d'envasos de productes de neteja o la compra d'aquests a granel**, una mesura que s'està treballant en alguns elements, com el gel i xampú subministrats als clients, tot i que menys en altres productes, com els de neteja.

¹⁵D'acord amb la norma UNE53975:2007 Plàstics. Envasos de polietilè (PE). Determinació de la resistència a l'esquerdament per tensions en medi ambient actiu.



2.3. Productes tèxtils i complements

La producció tèxtil és la quarta categoria que exerceix una pressió més gran en l'ús de matèries primeres i aigua, després dels aliments, l'habitatge i el transport¹⁶. A més, en general, a Espanya els tèxtils encara es dipositen a la fracció resta.

i

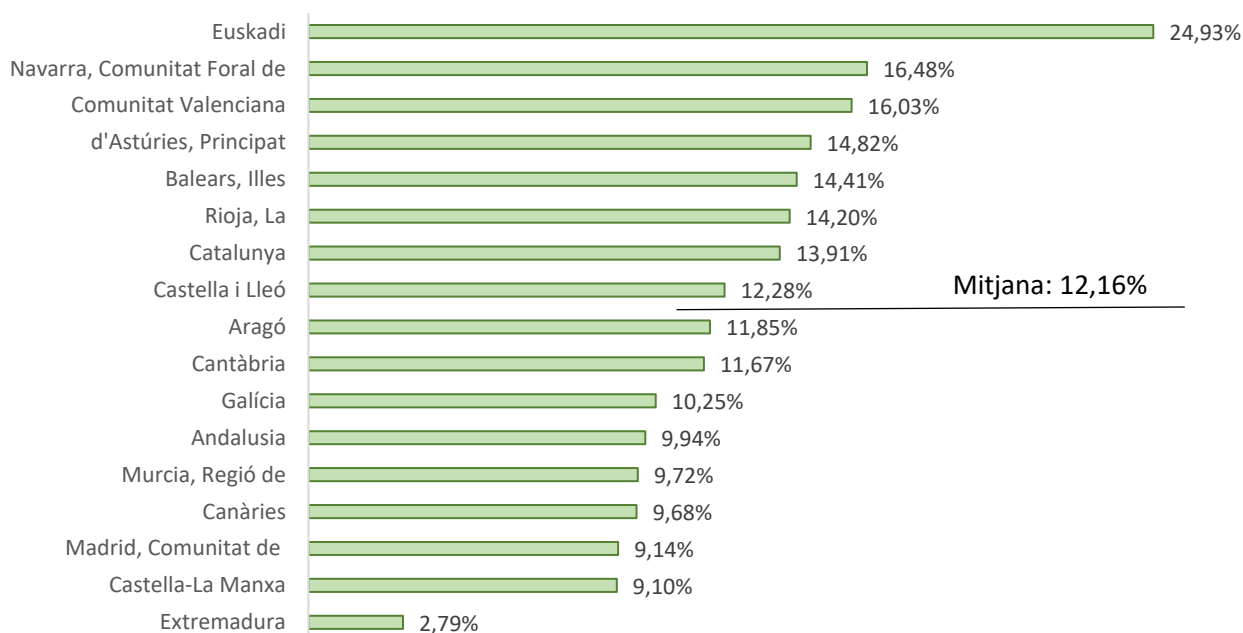
Segons les dades recollides en un estudi realitzat per Moda Re, a Espanya, el 2019 es van generar un total de 890.244 tones de residus tèxtils, dels quals tan sols el 12,16% (108.296 t) es van recollir selectivament.

Moda Re

Cal destacar que la Comunitat Valenciana (16,03%), les Illes Balears (14,41%) i Catalunya (13,91%) se situen per sobre de la mitjana nacional de recollida selectiva de residus tèxtils.

Fins a l'actualitat, la majoria d'aquests residus (aproximadament el 94% de la quantitat total recollida) són recollits mitjançant contenidors situats a la via pública, tenint menys importància altres tipologies de recollida com els contenidors en parròquies, col·legis o centres comercials i les deixalleries fixes i mòbils. D'altra banda, entitats com Càritas, Humana i Aeress són les principals responsables de la recollida d'aquests residus.

Figura 10. Rànquing de CCAA per la seva ràtio de recollida selectiva de residus tèxtils/generació.



Font: Moda Re.

¹⁶ Agència de Residus de Catalunya (ARC).

https://residus.gencat.cat/es/ambits_dactuacio/tipus_de_residu/residus_textils/



La **principal barrera** del reciclatge de tèxtils és el model actual de la indústria tèxtil basat en la linealitat, per la qual cosa tots els materials tèxtils generats i rebutjats pel consumidor, en la majoria dels casos, no són recollits de forma selectiva per ser reutilitzats, reciclats o recuperats, sinó que són portats a tractament finalista (abocador o incineració).

Amb l'objectiu d'incrementar la recollida selectiva dels residus tèxtils, **a nivell estatal**, la nova *Llei 7/2022, de 8 d'abril, de residus i sòls contaminats per a una economia circular*¹⁷ estableix la recollida obligatòria separada dels residus tèxtils, ja siguin d'origen municipal o comercial, per a la seva valorització abans del 31 de desembre de 2024, establint-se també un règim de responsabilitat ampliada del productor per a aquests en el termini dels propers tres anys.



A més, la Llei 7/2022 estableix objectius de preparació per a la reutilització reciclat i valorització de residus municipals per al 2025, 2030 i 2035 del 55%, 60% i del 65% en pes respectivament, corresponent la preparació per a la reutilització, fonamentalment de **residus tèxtils**, residus d'aparells elèctrics i electrònics, mobles i altres residus susceptibles de ser preparats per reutilitzar-los almenys d'un 5%, un 10% i un 15% en pes, respectivament, respecte al total.

En l'actualitat, a **nivell autonòmic**, la llei estatal ha estat traslladada a la Comunitat Valenciana mitjançant la Llei 5/2022, de 29 de novembre, de residus i sòls contaminats per al foment de l'economia circular de la Comunitat Valenciana, establint-les disposicions per als residus tèxtils.

D'altra banda, a Catalunya hi ha un acord voluntari entre els diferents agents de la cadena de valor tèxtil amb la Generalitat de Catalunya, anomenat "Pacte per a la Moda Circular". Els objectius globals del Pacte per al 2024 són reduir entre un 5% i un 10% la generació de residu tèxtil, incrementar el percentatge de recollida selectiva d'aquest residu i incrementar el percentatge de valorització material del residu recollit selectivament.

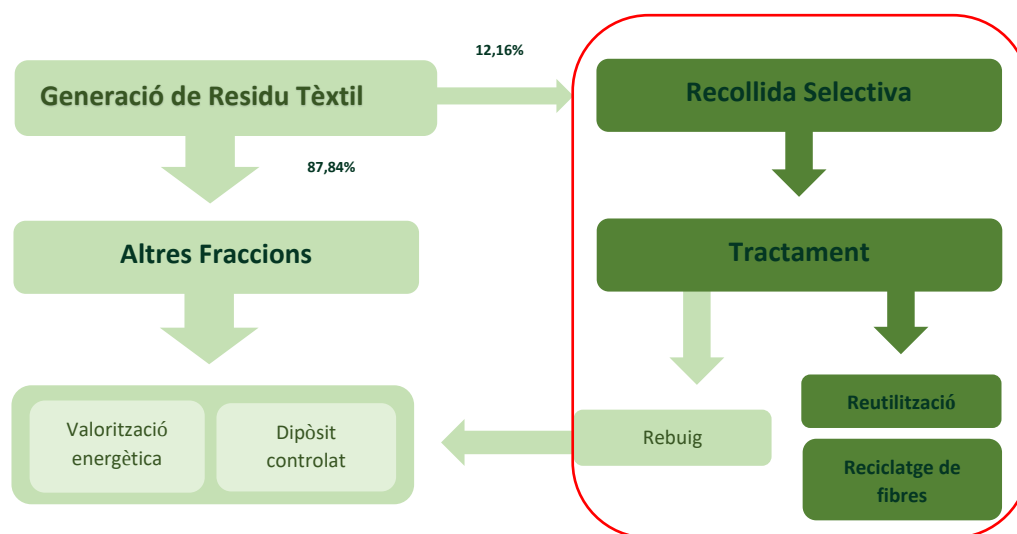
Pel que fa als residus tèxtils que són recollits selectivament, actualment es destina a algun dels cinc grans centres de reciclatge tèxtil que hi ha a Espanya¹⁸. En aquests centres, després d'un procés de classificació que separa els tèxtils reutilitzables dels que no ho són, aquests últims es reciclen per via mecànica o química, per fabricar nova roba o com a aïllant tèrmic i acústic a l'edificació, entre altres coses.

¹⁷ Per la qual es transposen la Directiva (UE) 2018/851, que modifica i regula la gestió dels residus i la Directiva (UE) 2019/904, que tracta la reducció de l'impacte dels plàstics al medi ambient.

¹⁸ Tres instal·lacions integrals que formen part de Càritas i Moda re, gestionades per Koopera a Bilbao, Koopera Mediterrània a València i la de Formació i Treball a Barcelona. Una instal·lació a Solidança a Barcelona i una altra de Humana a Leganés.



Figura 11. Esquema de gestió de residus tèxtils.



Font: Elaboració pròpia a partir de dades de l'Anàlisi de la Recollida de la Roba Usada a Espanya, 2021

- **Reciclatge mecànic**

El reciclatge mecànic consisteix a triturar la fibra per tornar a filar-la de nou. Principalment les tipologies de reciclatge mecànic són dues: la del cotó i la del polièster.

- **Reciclatge mecànic de cotó:** les teles i els materials s'ordenen per color per passar posteriorment per una màquina que esquinça la tela en fils i, posteriorment, en fibra crua. Aquest procés mecànic comporta l'escurçament de les fibres tèxtils i conseqüentment, en la pèrdua de propietats mecàniques de les mateixes.



El reciclatge mecànic del cotó dona lloc a fibres reciclades de baixa qualitat. Per tant, per conservar les propietats originals cal barrejar les fibres reciclades amb fibres verges per aconseguir prestacions similars a les dels tèxtils teixits inicials.

A més, el cost del fil reciclat és generalment més gran que el del fil estàndard amb cotó verge.

cottonworks

- **Reciclatge mecànic de polièster:** el procés consisteix en el triturat del teixit per després fondre'l, filar-lo i extruir-lo de manera líquida. Aquest procés permet utilitzar plàstic d'ampolles (PET) per fer fil nou. Aquest procés és un dels més emprats industrialment a causa del seu baix cost i elevada senzillesa.



Tot i això, aquest procés només és apte per a materials termoplàstics i purs, donant lloc a un material de menor qualitat no apte per a filatura, per la qual cosa s'utilitza per a aplicacions de menor valor afegit, com ara materials de farciment o peces d'injecció.

Aitex

- **Reciclatge químic**

Procés pel qual les fibres es trituren i es redueixen als seus components químics bàsics (monòmers, polímers o cel·lulosa), s'eliminen les impureses, i els components resultants es construeixen per crear fibres de nou. Aquest procés, a diferència del mecànic, manté la qualitat de la fibra original i permet reciclar el material infinitament, tanmateix és més car.



Actualment, el reciclatge químic es troba en una etapa inicial de desenvolupament, sent els reptes a què s'enfronta importants, atès que la roba usada, a més de tenir composicions de fibres molt diverses, conté una àmplia llista de productes químics usats en el procés tèxtil, especialment en els processos de tintura, estampat i acabat.

Aitex

El projecte CHEMUP, desenvolupat per la Generalitat Valenciana i AITEX, estudia la possibilitat d'obtenció de fil a partir de biopolímers compostables (PHB) i de residus tèxtils de PET reciclats químicament mitjançant un procés de despolimerització per glicòlisi i posterior polimerització. Amb això es pretén obtenir fibres tèxtils capaces de ser transformades en productes d'alt valor afegit al final de la vida útil.

Aitex

En aquest marc, el **residu tèxtil dels hotels** es classifica com a residu tèxtil comercial i correspon a les peces de roba, uniformes, complements de seguretat, roba de llit i taula o similars derivats de l'activitat hotelera. Per tant, entre els reptes a què s'enfronta el reciclatge dels residus tèxtils dels hotels es destaquen els següents:



- **Recollida:** taxes de recollida selectiva molt baixes (la mitjana a Espanya és del 12,1%);
- **Classificació:**
 - Manca de mecanització: en general, els processos de separació es realitzen manualment suposant un cost elevat.
 - Dificultat de separar els diferents tèxtils: molts dels tèxtils tenen fibres barrejades.
- **Reciclatge mecànic i químic:**
 - El reciclatge mecànic no permet el reciclatge de fibres mixtes.
 - Les tecnologies de reciclatge químic encara estan en una fase inicial i són difícils d'escalar-se a nivell industrial.
 - La majoria dels reciclatges químics s'han centrat fins ara, en la recuperació de cel·lulosa i PES, però encara cal investigar més profundament la manera de recuperar altres fibres com poliamida (Nylon) i elastà (Lycra).
- Els **costos** del material reciclat sovint són més elevats que el material verge.
- Actualment, la **demanda** de material reciclat per a la fabricació de nous productes és encara escassa.

Entre les possibles solucions per afrontar aquests reptes hi ha l'increment de les taxes de recollida selectiva mitjançant objectius normatius, conscienciació ciutadana i incentius, així com el disseny de productes monomaterial o, si escau, de productes que permetin el desmuntatge i la separació per components per al reciclatge, és a dir l'Ecodisseny tèxtil.

i

Algunes empreses ja fabriquen col·leccions integrals de tèxtils per a hostaleria a partir de materials reciclats. En el cas de l'empresa de Carmela Martí, els tèxtils estan fets amb dos tipus de fibres reciclades: amb polièster procedent d'ampolles de plàstic i envasos (PET) i amb cotó reciclat.

Figura 12. Teixits sostenibles Posidonia, de Carmela Martí.





i

L'empresa Deleite Wear confecciona i comercialitza uniformes a partir de la revaloració del residu tèxtil d'alta qualitat dels establiments hotelers. Un exemple d'això és l'Hotel Jardins de Sabatini, que juntament amb Deleite Wear, ha donat una segona vida als tèxtils dels llençols confeccionant uniformes per als empleats mitjançant la tècnica anomenada "upcycling". Aquesta tècnica dona una segona vida al teixit existent sense reprocessar-lo i sense consumir més matèria primera.

Figura 13. Uniformes fets de peces reciclades de Deleite Wear



Foent: Deleitewear.

2.4. Parament

El parament de l'hostaleria correspon principalment al relacionat amb la cuina, format pel conjunt d'elements de la vaixel·la, la coberteria, les bateries, les paelles i altres estris de cuina o del bufet.

- **Parament ceràmic**

Actualment, la ceràmica i la porcellana són els principals materials emprats en la fabricació de les vaixel·les, constituïts principalment per tres elements bàsics: argila, sílice i feldspat. Els materials ceràmics es caracteritzen per la durabilitat, ja que ofereixen una gran resistència a altes temperatures, a la corrosió i a gairebé tots els agents químics. L'únic inconvenient és la seva elevada fragilitat, atès que es fracturen fàcilment davant d'esforços de tensió.



Actualment, a Espanya, no existeix un sistema de recollida selectiva i procés de reciclatge per a la ceràmica o porcel·lana procedent de residus municipals, de manera que aquests residus són recollits al contenidor gris (fracció resta) o al punt verd i, després de ser triturats, són dipositats en abocadors controlats.

En aquest marc, és imprescindible allargar la vida útil del parament ceràmic a l'hostaleria per reduir la quantitat de residus generats i dipositats a l'abocador.

A més, és molt important no dipositar elements de ceràmica o porcellana al contenidor verd, atès que aquests difereixen en composició del vidre i, per tant, no s'han de barrejar. La presència d'aquests materials al contenidor verd afecta directament el procés de reciclatge del vidre, minvant la seva qualitat final.

Tot i que encara no s'han desenvolupat processos de reciclatge dels materials ceràmics a nivell municipal, hi ha tecnologies pioneres per a la reutilització de materials ceràmics provinents dels residus de la construcció i demolició i de trencaments procedents d'altres fàbriques de la indústria ceràmica.



Grupo Pamesa utilitza trencaments de materials ceràmics procedents d'altres fàbriques de producció de la indústria ceràmica en el procés d'atomització per a la producció d'argila. Entre el 6% i el 8% del pes del producte ceràmic procedeix de material reciclat.

El Mundo

Segons un estudi desenvolupat per investigadors de la Universitat Politècnica de València (UPV) i la Jaume I (UJI) de Castelló, els materials reciclats d'origen ceràmic procedents de residus de la construcció i demolició (deixalles de rajoles buides, ceràmica sanitària i rajoles) poden substituir fins al 25% del ciment Portland.

La Vanguardia

• Parament metàl·lic

Pel que fa a la coberteria, generalment predominen les d'acer inoxidable. Pel que fa a les cassoles, paelles i altres estris usats per cuinar, els materials utilitzats actualment són l'alumini, el ferro, l'acer inoxidable, el tefló i el plàstic.

Pel que fa a les paelles, s'han de dipositar al punt net atès que són reciclables. El procés de reciclatge comença per la separació dels diferents materials que les conformen, distingint materials ferrosos com el ferro i l'acer, de materials no ferrosos com el coure, el plom o l'alumini, mitjançant separació manual, magnètica o cribratges. D'aquesta manera, els diferents metalls



són agrupats atenent criteris de materials i qualitats. Posteriorment, després de passar per una sèrie de transformacions físiques (ex. tall, triturat...), el producte obtingut es transporta a plantes de fosa per tornar a incorporar el material a la cadena de producció.

Les restes de plàstic també s'agrupen i s'envien a plantes de fosa de plàstic, si és reutilitzable.

Les paelles reciclades es **reutilitzen en processos productius** per fabricar objectes com aerosols, llaunes i pots, electrodomèstics, màquines o automòbils.



Encara que les paelles són reciclables, hi ha un ampli desconeixement sobre això i, com a conseqüència, **la seva recollida selectiva a través de les deixalleries és escassa.**

Davant d'això, el fabricant de parament de cuina Inoxibar va començar el 2019 a realitzar campanyes anuals de reciclatge de paelles amb l'objectiu de recollir el màxim possible de paelles al final de la seva vida útil per ser reciclades i poder-ne reutilitzar els components.

A la segona edició van aconseguir recollir i reciclar 15.738 paelles en col·laboració amb 150 comerços distribuïts en 33 províncies de totes les CCAA, aconseguint una correcta gestió d'un total de 24.000 paelles.

D'altra banda, hi han iniciatives d'algunes marques i empreses de parament per a la fabricació de paelles a partir de productes reciclats.

i

El Projecte Planeta d'Illa ha creat una nova línia de productes de cocció, fabricats amb materials reciclats. S'utilitza aliatge d'alumini 100% reciclat a partir d'elements com ara llaunes de beguda o paper d'alumini.

Figura 14. Projecte Planeta d'Illa.



Entre els productes de parament utilitzats als hotels, per a aquells com els ceràmics per als quals no es disposa de sistemes de recollida i reciclatge, és imprescindible allargar-ne la vida útil i fomentar-ne la reutilització. D'altra banda, per als quals si es disposa de tècniques de reciclatge, cal la correcta disposició en punts verds perquè puguin ser tractats correctament.



2.5. Mobles i altres accessoris

Els residus voluminosos són residus de grans dimensions que per les seves dimensions poden ocasionar problemes en la gestió ordinària de la fracció de la resta de residus municipals. Aquest grup de residus està format per mobiliari exterior i interior, llits, cadires, taules, armaris, matalassos i somiers fora d'ús, hamaques i mobiliari de piscina, etc.

En general, la retirada d'aquests residus procedents dels hotels es realitza a través de gestors autoritzats, i és obligatòria la recollida separada abans del 31 de desembre de 2024 sobre la base de la nova Llei de residus i sòls contaminats.

i

La *Llei 7/2022, de 8 d'abril, de residus i sòls contaminats per a una economia circular* estableix l'obligatòria recollida separada dels residus voluminosos, ja siguin d'origen municipal o comercial, per valorar-los abans del 31 de desembre de 2024, establint-se també un règim de responsabilitat ampliada del productor per a aquests en el termini dels propers tres anys.

A més, la Llei 7/2022 estableix objectius de preparació per a la reutilització reciclat i valorització de residus municipals per al 2025, 2030 i 2035 del 55%, 60% i del 65% en pes respectivament, corresponent la preparació per a la reutilització, fonamentalment de residus tèxtils, residus d'aparells elèctrics i electrònics, **mobles** i altres residus susceptibles de ser preparats per reutilitzar-los almenys d'un 5%, un 10% i un 15% en pes, respectivament, respecte al total.

i

Una iniciativa que s'està obrint pas al sector hotelier és el pagament per ús, subscripció per lloguer o rènting de mobiliari, un dels seus principals avantatges és la reutilització de mobiliari per a diferents hotels i la reducció en la generació d'aquests residus.

D'una banda, els elements que són aptes per ser reutilitzats se sotmeten a processos de reparació o restauració, amb l'objectiu d'allargar al màxim la vida útil d'aquests productes. Tot i això, **són escassos els establiments hotelers que utilitzen mobles restaurats de segona mà**. Actualment, com a resultat d'una major conscienciació ambiental, comencen a sorgir algunes iniciatives hoteleres per a la reutilització del mobiliari.



i

Iberostar ha donat mobiliari i aparells elèctrics, un total de 18 tones de material reutilitzable, a la Fundació Deixalles per la reforma integral de dos dels hotels situats a Mallorca, amb l'objectiu de fomentar la recollida, preparació, reparació i reutilització de materials.



La Fundació Deixalles dona una segona vida útil a aquests mobles a les botigues i tallers i, en el cas d'Iberostar, aquesta acció està emmarcada dins de la seva estratègia de Sostenibilitat enfocada a l'economia circular, amb què la cadena hotelera es compromet a deixar de generar residus enviats a abocadors en 2025 com a part de la seva pròpia Agenda 2030.

Palmesana

i

El grup francès Accor ha llançat una nova marca d'hotels anomenada 'greet' que incorpora objectes i mobiliari de segona mà, des de cadires i taules fins a la vaixela.

Figura 15. Menjador amb mobiliari reciclat, Accor.



Per això, Accor ha tancat acords amb organitzacions benèfiques, com Emmaüs, que permet als propietaris dels hotels obtenir mobles i dissenys de segona mà fets amb articles reciclats, o l'organització ecològica Valdelia, que ofereix una solució integral per recol·lectar, reciclar i reutilitzar mobles antics.

Aquesta iniciativa ha començat a França, però el grup espera obrir 300 establiments a tot Europa abans del 2030.

Hosteltur



D'altra banda, els elements que no són susceptibles de tornar-se a utilitzar es reciclen. En primer lloc, se sotmeten a un procés de separació en diferents fraccions conforme als diferents materials valoritzables que els componen (ex. fusta, plàstics, metalls, etc.). En segon lloc, després de ser triturats, els elements resultants es destinen a valorització material mitjançant les diferents vies existents (ex. reciclatge mecànic o químic del plàstic, fosa del metall, etc.).

En el cas de la fusta, essent aquesta en general la matèria primera més abundant als mobles, aquesta s'empra principalment per a la fabricació de taulers aglomerats formats per encenalls de fusta encolats amb resina sintètica, la producció d'energia, la fabricació de compost o l'elaboració de serradures.

Pel que fa als matalassos, aproximadament el 90% dels seus components són reciclables¹⁹. El seu reciclatge consisteix en la separació dels diferents materials que el componen perquè cada material sigui processat de forma separada i reciclat per fabricar nous elements:

- el poliuretà: "l'esponja", es pot esmicolar mecànicament per fabricar farciment, aïllants o per a l'elaboració de subproductes mitjançant la compactació amb adhesiu.
- la fusta s'utilitza per fer estelles i fer-les servir en calefacció, serradures, encenalls per a la cura d'animals, així com també per fabricar taulons d'aglomerat.
- els ressorts de metall poden fondre's i entrar al mercat de matèries primeres com a material reciclat.
- la tela que el recobreix es reutilitza per fabricar tèxtils de baix nivell, també es valoritza energèticament.

Això no obstant, la gran diversitat en la composició material dels matalassos dificulta la correcta separació dels diversos materials que el conformen i, per tant, la seva valorització.

A més, el reciclatge del poliuretà és un procés complex. Per fer-ho Repsol està construint la primera planta d'Espanya de reciclatge químic d'escuma de poliuretà al Complex Industrial de Puertollano. Estarà operativa el 2023 i permetrà recuperar aquest material per utilitzar-lo com a primera matèria i tancar el cercle de l'economia circular.

¹⁹ Serveis Ambientals de València, S.L.



i

Repsol s'ha unit a l'empresa alemanya Rampf Eco Solutions per implementar una solució pròpia basada en el reciclatge químic, un procés on es fa reaccionar el poliuretà en un medi àcid a alta temperatura, obtenint novament poliols circulars. A Puertollano, mitjançant l'ajuda dels gestors de residus que subministraran la primera matèria, s'espera produir 5.000 tones de poliols circulars a l'any, a partir d'uns 200.000 matalassos.

Figura 16. Procés de reciclatge químic de matalassos



Font: Repsol Reciclex, 2023

En línies generals, l'European Environmental Bureau va publicar el 2017 un informe sobre les oportunitats del sector del moble a l'economia circular (Circular Economy Opportunities in the Furniture Sector), en el qual, entre altres aspectes, fa una anàlisi de les principals barreres de la circularitat d'aquest sector i les possibles solucions.



Les principals **barreres** identificades per a la transició cap a la **circularitat i la creació de mobles sostenibles** són:

- Actualment, els mobles es caracteritzen per una **baixa qualitat dels materials i del disseny**, fet que dificulta, des d'un punt de vista tècnic, donar-los un segon ús.
- **Polítiques relacionades amb els productes químics.** Les obligacions per fer front a les substàncies perilloses que contenen els mobles presenten desafiaments i costos addicionals per als recicladors.
- **Sistemes de recollida i infraestructures limitades.** Actualment hi ha una manca d'inversió en la recol·lecció i la logística per a la retirada de mobiliari. Els mecanismes de responsabilitat ampliada del productor encara no estan gaire estesos al sector mobiliari.
- **Elevats costos de reparació i recondicionament**, comparat amb el baix cost relatiu dels mobles nous.
- **Dèbil demanda de mobiliari de segona mà i de materials reciclats.**

European Environmental Bureau



Per superar aquestes barreres, l'informe proposa objectius generals a les estratègies de gestió de residus i l'aplicació de la responsabilitat ampliada del productor (ex. les disposicions de la nova *Llei 7/2022*), així com mecanismes de suport al desenvolupament d'infraestructures, iniciatives d'ecodisseny i una regulació precisa dels materials utilitzats en la producció de mobiliari, que incloguin la reciclabilitat.

En aquest marc, es comencen a desenvolupar normatives, polítiques, estratègies i iniciatives per millorar el reciclatge de residus voluminosos.

i

El projecte europeu Urbanrec, coordinat per l'Institut Tecnològic del Plàstic (Aimplas) i amb la participació de la Diputació de València, desenvoluparà tecnologia i mesures innovadores per impulsar un sistema de gestió de residus voluminosos que promogui la prevenció, la reutilització i el reciclatge. El projecte té previst implantar una planta pilot per al tractament d'aquests residus a la província.

Consorci València interior.

2.6. Equip elèctric i electrònic

Els residus d'aparells elèctrics i electrònics (RAEE) són tots els aparells elèctrics i electrònics que passen a ser residus d'acord amb la definició que consta a l'article 3.a) de la *Llei 22/2011*, de 28 de juliol²⁰. Aquesta definició comprèn tots aquells components, subconjunts i consumibles que formen part del producte en el moment en què es rebutja.

i

El Reial Decret 110/2015, de 20 de febrer, defineix els «**Aparells elèctrics i electrònics**» o «**AEE**» com tots els aparells que per funcionar degudament necessiten corrent elèctric o camps electromagnètics, així com els aparells necessaris per generar, transmetre i mesurar aquests corrents i camps, que estan destinats a utilitzar-se amb una tensió nominal no superior a 1.000 volts en corrent altern i 1.500 volts en corrent continu.

Els RAEE poden contenir substàncies perilloses (ex. cadmi, mercuri, plom, arsènic, etc.) i gasos que afecten la capa d'ozó o contribueixen a l'escalfament global (ex. clorofluorocarbonis (CFC), hidroclorofluorocarbonis (HCFC), hidrofluorocarbonis), hidrocarburs (HC) o amoníac (NH₃). Per això és imprescindible la seva correcta gestió i tractament, amb l'objectiu d'evitar possibles efectes nocius al medi ambient i a la salut humana.

²⁰ *Llei 22/2011*, de 28 de juliol, de residus i sòls contaminats.



En aquest marc, **a nivell europeu**, la Directiva RAEE (2012/19/UE) va introduir un increment dels objectius de recollida²¹ selectiva dels RAEE, sent aquest del 45% a partir del 2016 i augmentant-se fins al 65% a partir del 2019.

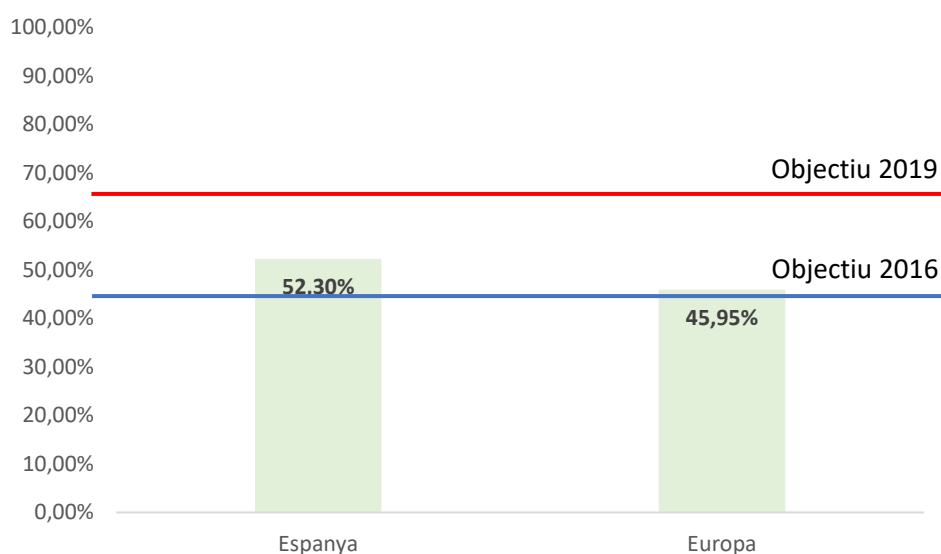
Tot i això, la ràtio de recollida d'Europa al 2020 va ser de 45,95%, únicament aconseguint assolir l'objectiu marcat per al 2016 i situant-se molt per sota de l'objectiu establert per al 2019. Pel que fa a Espanya, per al mateix període, la ràtio se situa per sobre de la mitjana europea, sent aquesta de 52,30%, encara que encara 13 punts percentuals per sota de l'objectiu del 2019.



Tot i que els RAEE representen el flux de residus de la UE de creixement més ràpid, amb taxes de creixement anuals del 2%, la taxa de recollida selectiva europea no arriba al 50% i es reciclen menys del 40%.

Eurostat

Figura 17. Ràtio de recollida de residus d'aparells elèctric i electrònics per a Europa i Espanya el 2020 (% de pes mitjà d'AEE posat al mercat els tres anys anteriors (2017-2019))



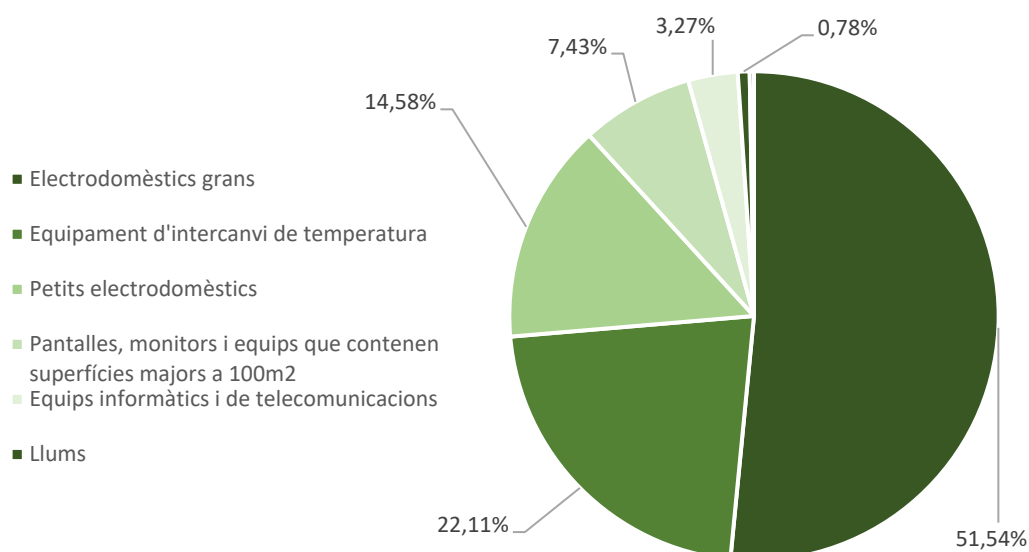
Font: Elaboració pròpia a partir de dades d'Eurostat.

Segons les dades d'Eurostat, del total de residus d'aparells elèctrics i electrònics recollits de manera separada a Espanya (393.798 tones el 2020), la meitat corresponen a grans electrodomèstics (52%). Pel que fa a la meitat restant, corresponen majoritàriament a equips d'intercanvi de temperatura (22%) i petits electrodomèstics (15%). Altres productes com pantalles i monitors de superfícies majors a 100m², equips informàtics i de telecomunicacions i llums representen en conjunt un 11% del total.

²¹ Segons aquesta Directiva, a partir del 2016, l'objectiu anual de recollida de RAEE es defineix com el quocient entre la quantitat de RAEE recollida a l'any de referència i el pes mitjà d'AEE posat al mercat en els tres anys anteriors.



Figura 18. Recollida de RAEE per tipologia de producte, Espanya (2020)



Font: Elaboració pròpia a partir de dades d'Eurostat.



A més de la insuficient recollida selectiva dels RAEE, entre les principals barreres per a la seva reutilització i reciclatge destaca el ràpid canvi de tecnologies i de disseny, la composició dels productes (ex. substàncies perilloses), el disseny del producte que dificulta o impossibilita la seva reparació/reutilització, i l'obsolescència programada d'aquests.

En aquest marc, a **nivell europeu**, el març del 2020, la Comissió Europea va presentar un nou Pla d'Acció per a l'Economia Circular en el marc del Pacte Verd Europeu, que estableix com a prioritat clau la reducció de RAEE. El Nou Pla d'Acció d'Economia Circular també va anunciar l'adopció per part de la Comissió Europea d'una **iniciativa sobre Electrònica Circular**.



i

Entre les actuacions principals d'aquesta iniciativa destaquen:

- Mesures regulatòries per a l'electrònica i les TIC (Directiva d'Ecodisseny) perquè el disseny dels dispositius es base en l'eficiència energètica i la durabilitat, la reparabilitat, l'actualització, el manteniment, la reutilització i el reciclatge;
- L'electrònica i les TIC com a sector prioritari per implementar el “dret a reparar”, incloent-hi un dret a actualitzar programari obsolet;
- Carregador comú per a tots els telèfons mòbils i dispositius similars, millora de la durabilitat dels cables i incentius per desvincular la compra de carregadors de la compra de nous dispositius.
- Millora de la recollida i tractament dels RAEE, fins i tot explorar opcions d'un pla de recuperació a tota la UE per tornar o vendre telèfons mòbils vells, tauletes o carregadors.
- Revisió de les normes de la UE sobre restriccions de substàncies perilloses en aparells elèctrics i electrònics.

Pla d'acció per a una economia circular.

A nivell estatal, el Reial Decret 110/2015, de 20 de febrer de 2015, sobre residus d'aparells elèctrics i electrònics, el qual regula la gestió dels RAEE i pel qual es transposa la normativa comunitària contemplada a la Directiva 2012/19 /UE i incorpora al mateix temps el que estableix la Llei 22/2011 de residus i sòls contaminats, estableix com a línies d'actuació fonamentals la prevenció de la generació d'aquests residus i la preparació dels aparells per reutilitzar-los.

i

Per això, el Reial decret estableix **la responsabilitat ampliada del productor** amb l'objectiu de vincular al fabricant en el finançament de la gestió dels residus i aconseguir així l'incentiu de millors dissenys dels AEE que facilitin el seu desmuntatge, reparació, reciclatge o augment de la seva vida útil, evitant així l'obsolescència programada.

A més, la normativa europea i estatal ha imposat restriccions a la utilització de determinades substàncies perilloses als AEE, com ara plom, mercuri, cadmi, crom hexavalent, etc.

D'altra banda, la Llei 7/2022 estableix objectius de preparació per a la reutilització reciclat i valorització de residus municipals per al 2025, 2030 i 2035 del 55%, 60% i del 65% en pes respectivament, corresponent la preparació per a la reutilització, fonamentalment de residus tèxtils, **residus d'aparells elèctrics i electrònics**, mobles i altres residus susceptibles de ser preparats per reutilitzar-los almenys d'un 5%, un 10% i un 15% en pes, respectivament, respecte al total.

En general, la retirada d'aquests residus procedents dels hotels es fa a través de gestors autoritzats.



i

L'Associació d'Hotels de Sevilla i Província (AHS) van impulsar a finals del 2022 el reciclatge de RAEE en formalitzar un conveni de col·laboració amb l'SCRAP Ecotic. Mitjançant aquest conveni, Ecotic va habilitar contenidors de recollida selectiva d'aquests residus als establiments hotelers designats i es va fer responsable de la seva recollida i adequat tractament.

A més dels serveis de recollida de residus, el conveni contempla iniciatives de comunicació i sensibilització per promoure i difondre l'economia circular al sector hotelier.

Ecotic

i

El renting i leasing de maquinària d'hostaleria són dues modalitats de lloguer a llarg termini que han anat prenent força al sector industrial i empresarial per les facilitats d'accés que permeten i la diferència de costos que això suposa: pagaments en terminis fixos i quotes periòdiques que es defineixen segons la comoditat del client, accés a tot tipus de maquinària i equips per a hostaleria amb opció d'adquirir-los un cop el contracte finalitzi.

Drivencapital equip finance

i

“Un mar de possibilitats” és la nova campanya de la Plataforma Europea del Reciclatge (ERP) i AMIAMB per fomentar el reciclatge de RAEE i piles a Múrcia.

La campanya, que es realitza en col·laboració amb la principal Associació d'Empresaris d'Hostaleria i Turisme de la Regió de Múrcia, persegueix establir un projecte pilot d'Hotels Responsables amb el Mar Menor, al qual es podran adherir els establiments interessats.

Plataforma Europea del Reciclatge (ERP)

3. El sector hotelier a les Illes Balears

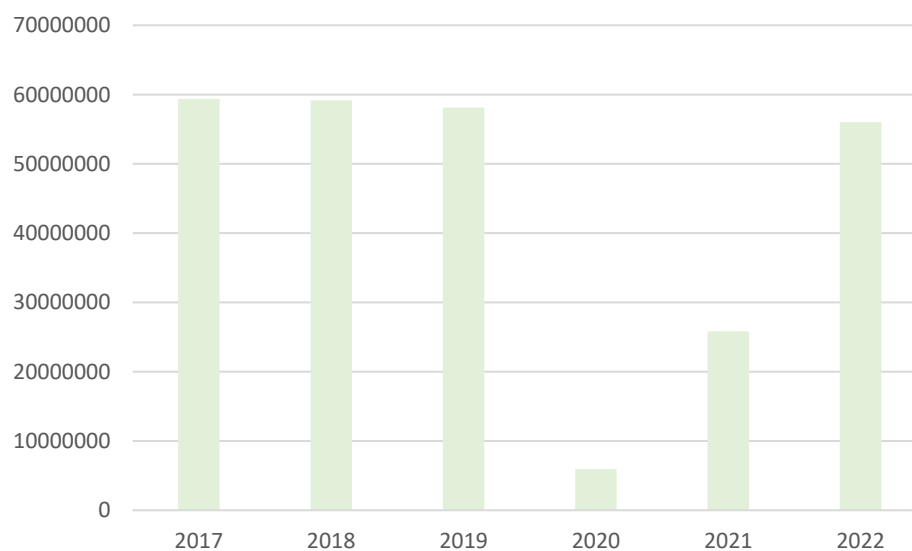
Les Illes Balears és una de les regions que s'ha posicionat a la davantera del turisme espanyol. L'arxipèlag porta diversos anys consecutius mantenint un creixement constant, arribant a superar els 13 milions de turistes i una despesa de més de 14 milions d'euros durant 2019, segons dades ofertes per l'Institut Nacional d'Estadística.

Segons l'enquesta d'ocupació hotelera de l'INE, tot i que en 2020 el turisme balear es va veure fortament afectat per la crisi sanitària de la covid-19, la seva recuperació ha sigut molt ràpida i



en 2022 quasi es va arribar a les mateixes pernoctacions als establiments hotelers que les registrades en els anys anteriors a la crisi.

Figura 19. Pernoctacions en establiments hotelers en les Illes Balears (2017-2022).



Font: INE

En aquest marc, del total transaccionat a Espanya durant 2022, Balears va copar el 27 per cent de les transaccions, acumulant una inversió de més de 800 milions. A més, de les destinacions turístiques espanyoles amb més RevPar (ingressos per habitació disponible), el 40% estan situats a Balears.²²

²² Europa Press.

Valor 2030: Superació de les barreres en la utilització de matèries primeres secundàries als principals sectors industrials



SECTOR: CONSTRUCCIÓ

JUNY 2023



G
O
I
B
CONSELLERIA
MEDI AMBIENT
I TERRITORI

Institut  Cerdà



Índex del document

1. El sector de la construcció	3
2. La reutilització de matèries primeres secundàries al sector de la construcció.....	4
2.1. Matèries primeres al sector de la construcció	4
2.2. Residus de la construcció i demolició (RCDs)	5
2.3. Aspectes clau per a la transició cap a una economia circular al sector de la construcció	10
3. Principals matèries primeres secundàries al sector de la construcció.....	14
3.1. Materials àrids	14
3.2. Materials metàl·lics	18
3.3. Materials ceràmics	21
3.4. Materials d'origen biogènic orgànics.....	23
3.5. Materials plàstics.....	26
4. El sector de la construcció a les Illes Balears	30



1. El sector de la construcció

Les obres de construcció fan referència a projectes que impliquen la creació, modificació o renovació d'estructures físiques, ja siguin edificis, infraestructures o qualsevol altra obra civil. Entre les principals obres de construcció es poden diferenciar:

- **Obra civil:** construcció d'infraestructures a gran escala destinades a un ús públic o col·lectiu, com ara carreteres, ponts, preses, aeroports, ports marítims, entre d'altres.
- **Nova edificació:** creació i construcció d'edificis completament nous, ja sigui en terrenys buits o reemplaçant d'estructures existents. Inclouen la construcció d'edificacions residencials, comercials, industrials o altres estructures des de zero.
- **Reforma integral o reforma d'interiors (petita reforma):** construccions que impliquen una modificació d'una estructura ja existent i que pot variar depenent de l'escala i l'abast del projecte.

En general, totes les obres de construcció tenen una sèrie de fases comunes, les quals impliquen una planificació i disseny, el proveïment de recursos, la fase pròpia de la construcció on es duen a terme els treballs de l'obra, la finalització i manteniment, i la gestió correcta dels residus generats durant la fase de construcció. No obstant això, les quantitats de matèries primeres consumides i residus generats varien en funció del tipus d'obra i de la consideració o no de l'economia circular en aquesta.

Per dur a terme una gestió adequada dels residus de la construcció i demolició, i que es puguin reciclar en altres materials, és essencial una planificació correcta en tots els projectes d'obres de construcció i demolició. En aquest marc, el Consell General de l'Arquitectura Tècnica d'Espanya (CGATE) i el Consell Superior d'Arquitectes (CSCAE) han editat una guia amb l'estimació de les ràtios nacionals de generació de residus de construcció i demolició.

Taula 1. Exemple d'algunes de les ràtios aplicables a la construcció d'edificació residencial i terciari (regió mediterrània litoral)

Codi LER	Tipus de residu	Percentatge	Volum	Pes
		%	m ³	T/m ²
Ràtios globals		100	0,143	0,107
RCD: Naturalesa no pètria				
17 02 01	Fusta	3,14	0,010	0,003
17 04 07	Metalls barrejats	1,41	0,002	0,002
17 02 03	Plàstic	1,40	0,009	0,002
RCD: Naturalesa pètria				
01 04 08	Residus de grava i roques triturades diferents de codi 01 04 07	5,59	0,004	0,006
17 01 01	Formigó	26,29	0,020	0,028
17 01 03	Teules i materials ceràmics	31,40	0,032	0,034

Font: Consell General de l'Arquitectura Tècnica d'Espanya (CGATE) i el Consell Superior d'Arquitectes (CSCAE)



2. La reutilització de matèries primeres secundàries al sector de la construcció

El sector de la construcció és, a nivell europeu i estatal, un dels que més recursos consumeix i més residus genera.

i

La construcció i l'ús dels edificis a la Unió Europea representa al voltant del:

- 50% dels materials extrets.
- 37% dels residus generats.

Eurostat (2020)

2.1. Matèries primeres al sector de la construcció

Els materials de construcció són els productes, subproductes i primeres matèries emprats en la fabricació d'edificacions i obres civils. Atenent la matèria primera utilitzada per a la seva fabricació, els materials de construcció es poden classificar en els següents grups:

Taula 2. Principals matèries primeres emprades en la construcció

Àrids



Inclou, entre d'altres, calcària, sorra i grava, granit, dolomia, marbre, pissarra o margues.

Les principals aplicacions dels àrids en la construcció són la producció de formigó, morters, capes de rodament, bases i subbases (carreteres), balast de ferrocarril o esculleres.

En concret, el sector de la construcció va consumir a nivell europeu, aproximadament, un 63% (1.501.282 tones) de la demanda total d'àrids¹ a la Unió Europea (2.388.223 tones).

Ceràmics



Els principals productes ceràmics utilitzats en el sector de la construcció són el maó emprat per aixecar parets, envans o murs, les teules emprades per a sostres, armadures i cobertes d'edificis, rajoles per a la pavimentació de voreres, patis, terrats o recobriment de sostres, i rajoles per a usos ornamentals.

Metàl·lics



Els més utilitzats són ferro i alumini. El primer s'alia amb carboni per formar acer, que es fa servir en estructures per si sol o amb formigó (formigó armat). Altres metalls emprats en construcció són: alumini (empleat en finestres, sostres, parets i cobertes), coure (empleat en

¹ Considerant marbre, granit, gres, pòfir, basalt, altres pedres ornamentals o de construcció (exclosa la pissarra) i sorres i graves.



recobriments de façanes i cobertes, així com per a la conducció d'aigua) i titani (utilitzat en sistemes de calefacció i refrigeració).

A Europa, el 2021, el sector de la construcció va ser el que més acer va consumir, representant un **37%** del total.²

Sintètics



Principalment plàstics derivats del petroli o sintètics que són utilitzats des de coles i resines, fins a taulers, finestres, tubs de sanejament, aïllaments, etc.

Els edificis i el sector de la construcció a Europa consumeixen aproximadament 10 milions de tones de **plàstic** a l'any (el 20% del consum total de plàstics a Europa), situant-lo a la segona major aplicació de plàstics després de l'embalatge.³

Origen biogènic



Principalment fusta i els seus derivats, utilitzats en biguetes de forjats, pilons de fonamentació, tancats, pals de senyalització, elements estructurals, etc.

El sector de la construcció utilitza al voltant del 50% del total de **fusta** extreta globalment (aproximadament 40 bilions de tones d'aquest recurs).⁴

Font: Elaboració pròpia.

2.2. Residus de la construcció i demolició (RCDs)

D'acord amb la normativa vigent, els residus de la construcció i demolició (RCDs) són aquells residus que es generen en una obra de construcció o demolició, podent ser inerts, perillosos o no perillosos i, procedeixen principalment, d'activitats de demolició, de nova construcció, reformes i petites obres menors, obres públiques i activitats d'excavació i anivellament.

² Font: Eurofer.

³ Font: Plastics Europe.

⁴ Font: European Forest Institute.



i

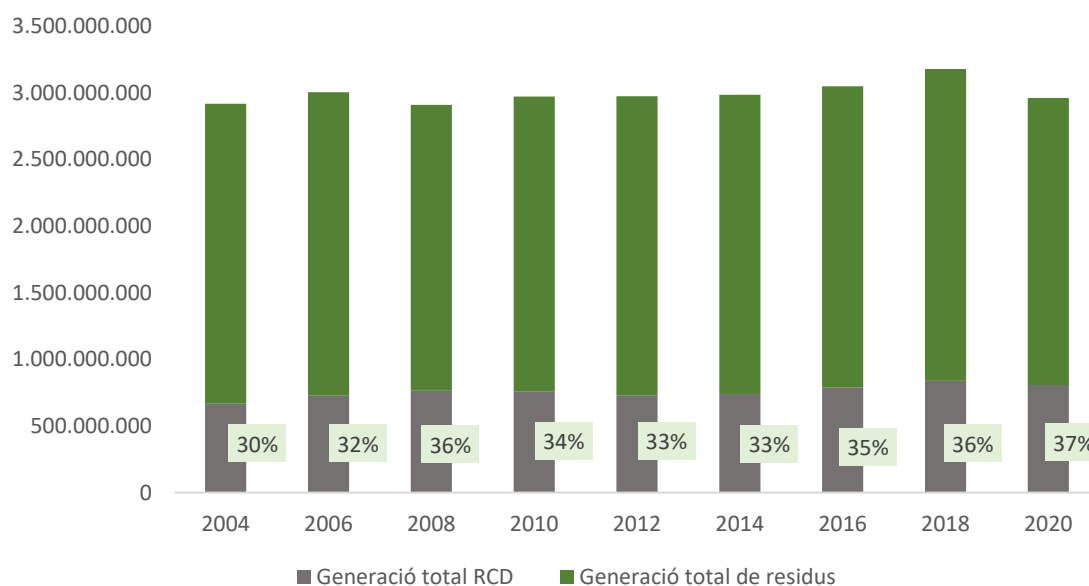
Residus inerts: residu no perillós que no experimenta transformacions físiques, químiques o biològiques significatives, no és soluble ni combustible, ni reacciona físicament ni químicament ni de cap altra forma, no és biodegradable, no afecta negativament altres matèries amb les que entra en contacte de manera que pugui donar lloc a contaminar el medi ambient o perjudicar la salut humana.

Residus perillosos: aquells que suposen un risc elevat per a la salut o els ecosistemes, com ara pintures, dissolvents, etc. habitualment els diferents estats de la UE defineixen a la seva normativa els residus que són considerats perillosos.

Residus no perillosos: aquells residus no inclosos a la definició de residus perillosos, com plàstics, cartrons, vidre, metalls, etc.

El sector de la construcció suposa un dels principals focus de generació de residus a molts dels països del món. A causa del seu volum, els residus de la construcció i demolició (RCDs) són el flux de residus més gran de la Unió Europea (UE), representant aproximadament 806 milions de tones el 2020, més d'un terç dels residus generats a la Unió.

Figura 3. Generació total de residus vs Generació de RCD a la UE (2004 -2020)

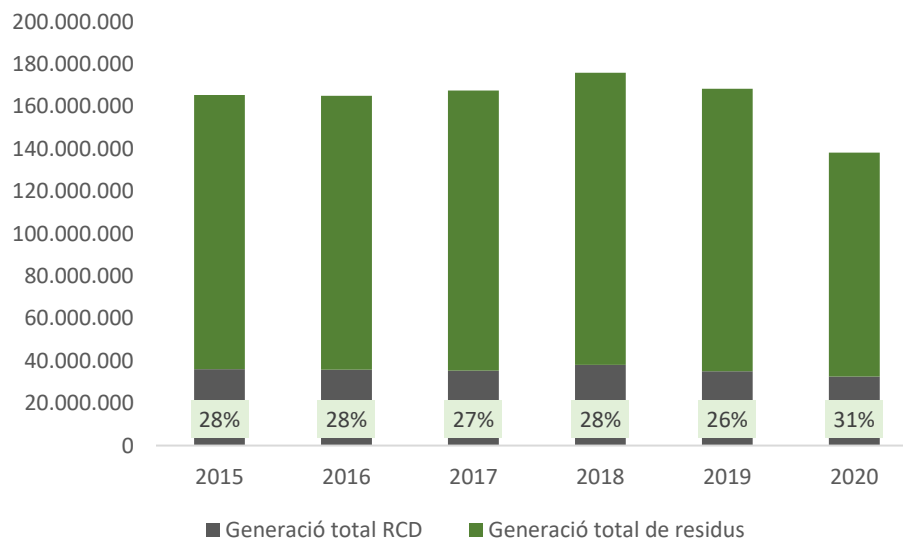


Font: Elaboració pròpia a partir de dades d'Eurostat.

Així mateix, el 2020, el 31% dels residus totals generats a Espanya van procedir de l'activitat d'aquest sector.



Figura 4. Generació total de residus vs Generació de RCD a Espanya (2015 -2020)



Font: Elaboració pròpia a partir de dades de l'INE.

2.2.1. Marc normatiu europeu

L'impuls a la correcta gestió dels RCDs i el foment de la recuperació per part de la Comissió Europea per al conjunt del territori de la Unió es va produir el 1975 amb la introducció de la primera Directiva Marc de residus que establia per primera vegada la jerarquia segons aquests havien de ser gestionats. L'aparició d'aquesta directiva va suposar que als diferents països es desenvolupessin, en primera instància, xarxes d'abocadors amb les condicions adequades per gestionar aquests residus i evitar la proliferació de punts d'abocament inadequats i il·legals i, en segona instància, xarxes d'instal·lacions de reciclatge d'aquests residus.

La successiva legislació desenvolupada per la Unió Europea ha tendit a fomentar el desenvolupament del model de gestió, prioritzant la prevenció de la generació d'aquests residus, la reutilització i el reciclatge. En aquest sentit, l'actual Directiva Marc (2008/98/CE) va establir com a objectiu assolir el **2020 un 70% de de reciclatge dels residus de construcció i demolició respecte a la generació anual d'aquests residus.**

En aquest context, cal destacar que, gràcies a l'impuls comunitari, **la taxa de valorització dels residus de construcció i demolició generats al conjunt de la Unió Europea va assolir el 2020 un 89%⁵ dels residus generats**, si bé amb importants diferències entre països i divergències en relació amb com cada país calcula i estima els seus nivells de valorització.

⁵ Font: Eurostat.

i

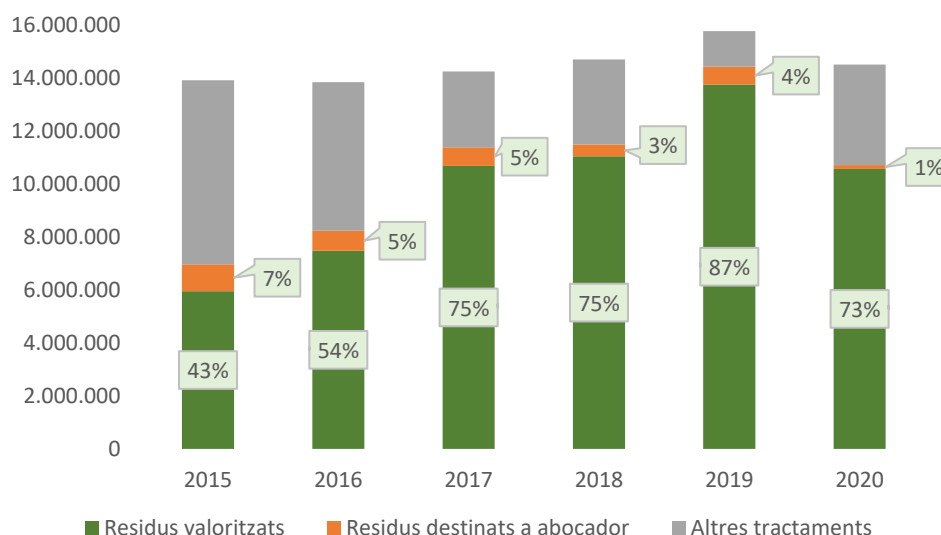
Directiva 2008/98/CE marc de residus:

- Estableix la **jerarquia de gestió dels residus**, prioritzant-ne la prevenció, la reutilització i el reciclatge per sobre de la seva eliminació en abocador.
- Confirma el principi de **qui contamina paga**, segons el qual el generador dels residus de construcció i demolició s'ha de fer càrrec dels costos de gestió dels residus generats.
- Estableix que la gestió dels residus s'ha de fer sense produir impactes **sobre el medi natural**.
- Estableix que els productors o posseïdors de residus els han de tractar ells mateixos o fer que siguin tractats per un **operador oficialment reconegut**.
- Les autoritats nacionals competents han d'establir plans de gestió de residus i programes de prevenció de residus.
- Estableix, com a objectiu que l'any 2020, un nivell **mínim del 70% de valorització** de residus a la Unió Europea respecte a la generació total d'aquests residus.

2.2.1. Marc normatiu estatal

Pel que fa a Espanya, la **taxa de valorització al 2020 va ser del 73%** i es va complir amb l'objectiu marcat per la UE.

Figura 5. Tractament dels RCD no perillosos a Espanya, en tones (2015-2020)



Font: Elaboració pròpia a partir de dades de l'INE.



En aquest marc, la nova Llei 7/2022, de 8 d'abril, de residus i sòls contaminats per a una economia circular té com a objectiu prevenir la generació de RCDs, garantir-ne la gestió correcta i incentivar la valorització material d'aquests establint, entre altres aspectes, impostos a l'eliminació a l'abocador.

i

Principals novetats de la Llei 7/2022 pel que fa als RCDs:

1. La **quantitat de RCDs no perillosos** (excloent el LER 170504) **destinada a la reutilització, reciclatge i una altra valorització** ha d'aconseguir com a mínim el **70% del pes dels residus produïts**.
2. Ha de retirar-se, **prohibint-se la seva mescla amb altres residus** i manejant-se de manera segura les els **RCD que es classifiquin com a perillós**, en particular, l'amiant.
3. **Obligatorietat de la classificació dels RCD no perillosos** en les seves diferents fraccions (fusta, fraccions de minerals -formigó, maons, taulells, ceràmica i pedra-, metalls, vidre, plàstic i guix) a partir de l'1 de juliol de 2022. Així mateix, es classificaran aquells elements susceptibles de ser reutilitzats com ara teules, sanitaris o elements estructurals. Aquesta classificació es realitzarà de manera preferent in situ i sense perjudici de la resta de residus que ja tenen establerta una recollida separada obligatòria.
4. Serà obligatòria una **demolició selectiva a partir del 2024**.
5. Obligació de disposar de **llibres digitals** de materials emprats a les noves obres de construcció.
6. **Impost sobre el dipòsit de residus a l'abocador:**
 - RCD dipositats en abocadors de residus no perillosos: 10 eu/t amb caràcter general. Però si es tracta de residus amb un component de residu inert superior al 75%, es calcularà a raó d'1,5 euros per tona de residu inert i la resta a 10 eu/t.
 - RCD que es dipositin a abocadors de residus perillosos: a 3 eu/t els residus que hagin estat eximits de tractament previ en els termes que estableix l'article 7.2 del RD 646/2020, de 7 de juliol i a 5 eu/t la resta de residus no perillosos.
 - RCD inerts dipositats a abocadors: a 3 eu/t, els residus que hagin estat eximits de tractament previ en els termes que estableix l'article 7.2 del RD 646/2020, de 7 de juliol i a 1,5 eu/t, la resta de residus inerts.

A més, el nou Reial decret 1055/2022, de 27 de desembre, d'envasos i residus d'envasos amplia la Responsabilitat Ampliada del Productor (RAP) a envasos comercials i industrials, fins ara només aplicable a envasos domèstics. Per això tots els productors de producte, inclosos els del sector de la construcció, hauran de tenir un sistema individual o col·lectiu per finançar els costos de recollida, gestió, tractament, etc, respecte dels envasos que comercialitzin.



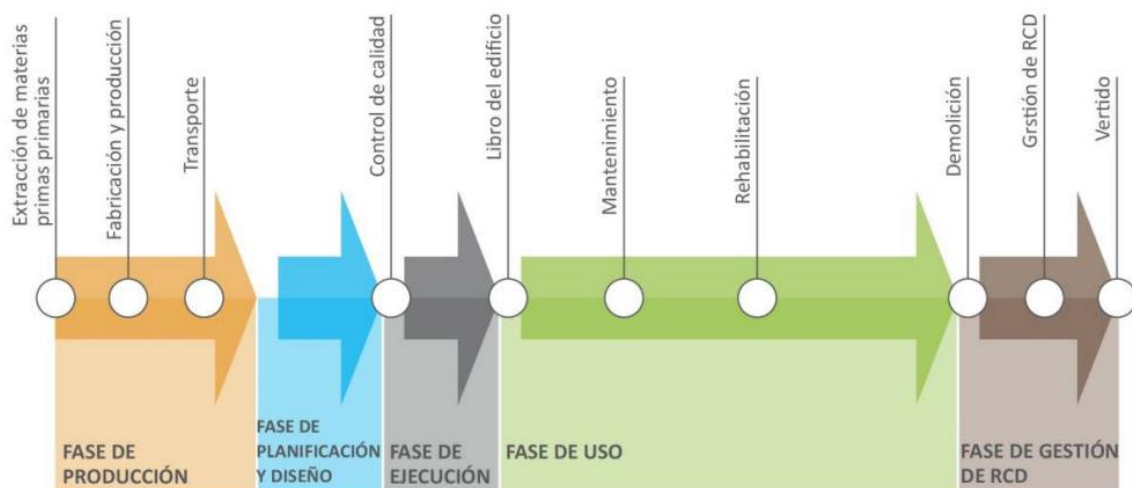
2.2.1. Marc normatiu de les Illes Balears

La Llei 8/2019, de 19 de febrer, de residus i sòls contaminats de les Illes Balears ja estableix l'objectiu d'augmentar, abans de l'any 2021, com a mínim un 70% del pes, la preparació per a la reutilització, el reciclatge i la valorització material dels residus no perillosos de la construcció i la demolició, amb exclusió del material en estat natural definit a la categoria 17 05 04 de la Llista europea de residus. Aquest percentatge haurà de ser del 80% el 2030.

2.3. Aspectes clau per a la transició cap a una economia circular al sector de la construcció

Actualment, en línies generals, el procés productiu del sector de la construcció és lineal. Aquest model es basa en l'extracció de matèries primeres del medi ambient, les quals es processen per convertir-se en materials de construcció i s'assemblen al lloc de construcció de manera que no es poden desconstruir, quedant obsoletes al final de la vida.

Figura 6. Esquema simplificat del procés actual del sector de la construcció

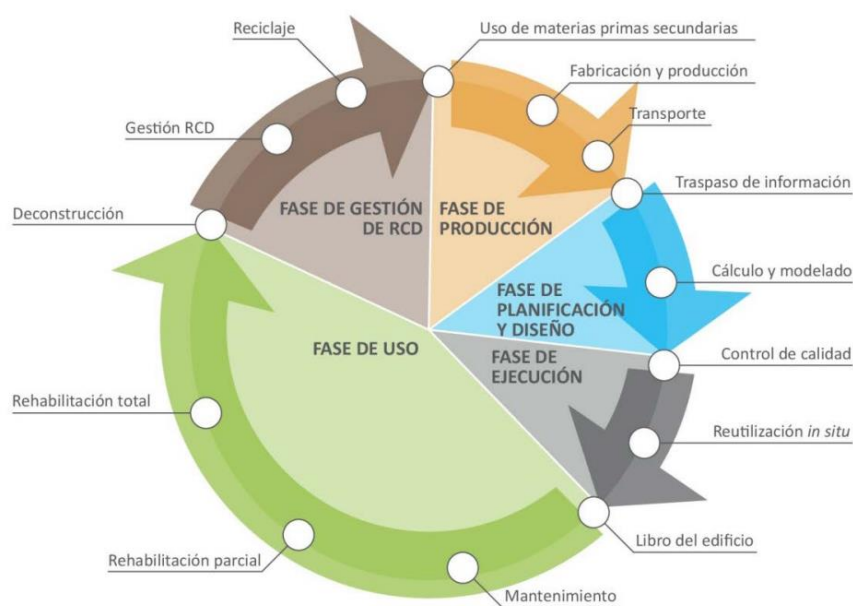


Font: Economía circular al sector de la construcció, Conama 2018.

Altrament, el model circular al sector de la construcció implica, principalment, allargar la vida i el valor dels materials emprats, la reutilització de materials i, per tant, aconseguir així minimitzar la generació de residus.



Figura 7. Esquema simplificat del procés futur del sector de la construcció, basat en l'economia circular



Font: Economía circular al sector de la construcción, Conama 2018.

En aquest marc, **millorar i incrementar la correcta separació dels RCDs, així com la seva reutilització, reciclatge i valorització, són actuacions clau per aconseguir un model circular al sector de la construcció.**

Com hem vist a l'apartat 2.2 Residus de la construcció i demolició (RCDs), actualment les taxes (a nivell europeu, estatal i autonòmic) de valorització dels RCD són elevades. Malgrat, aquestes taxes corresponen principalment a l'ús de residus en pràctiques de rebliment i altres aplicacions de recuperació de baix valor (ús de residus d'àrids reciclats a la construcció de carreteres).

Per aconseguir incrementar tant les taxes com la qualitat de la reutilització i el reciclatge dels residus de la construcció i demolició cal fer front a les barreres següents:



- **La superació de preus poc competitius:** en alguns casos el preu de materials verges és menor que el de materials reciclats, així com la disposició dels residus en abocador té un cost inferior a la preparació per a la reutilització, reciclatge o valorització.
- **La manca de confiança en la qualitat dels materials secundaris:** es tendeix a utilitzar materials la qualitat dels quals està assegurada a través de sistemes de garantia i estàndards.
- **La manca d'informació sobre la composició dels materials utilitzats als edificis existents.**
- **La baixa qualitat dels residus de la construcció i demolició:** actualment la majoria dels fluxos de materials que sorgeixen dels treballs de demolició i renovació no són aptes per a la reutilització o el reciclatge.
- **La demora entre la implementació d'accions en nous edificis i el seu efecte en la gestió de residus diverses dècades després.**

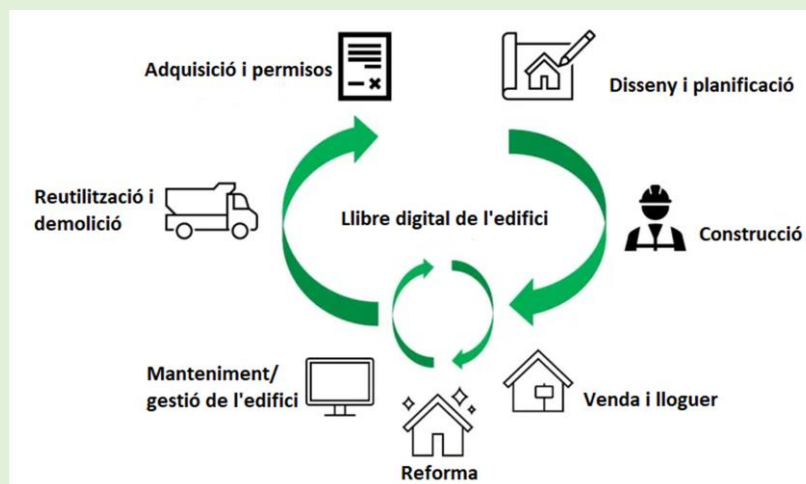
Agència Europea de Medi Ambient

- ✓ Obligatòria segregació dels residus per tipologies in situ (a la mateixa obra). En particular, retirada selectiva dels residus perillosos.
- ✓ El reaprofitament dels residus a la pròpia obra (reutilització i reciclatge in situ).
- ✓ Desenvolupament de suficients instal·lacions de valorització que assegurin la gestió correcta de tots els residus generats amb l'objectiu d'aconseguir la màxima puresa del residu a reutilitzar o reciclar.
- ✓ Establiment d'un cànon a la deposició de residus de la construcció i demolició a abocadors.
- ✓ Desenvolupament d'incentius per al desenvolupament d'un mercat per als àrids reciclats obtinguts.
- ✓ Disseny de productes de construcció que siguin fàcils de separar i reciclar.
- ✓ Establiment de sistemes de dades que continguin informació sobre el tipus i la quantitat dels materials dels productes utilitzats a la construcció (Llibre digital de l'edifici).



i

Un **llibre digital de registre de l'edifici** és una eina dinàmica que permet una varietat de dades, informació i documents a registrar, accedir, enriquir i organitzar sota diferents categories. Representa un registre dels principals esdeveniments i canvis a la vida d'un edifici, cycle de vida, com a canvi de propietat, tinença o ús, manteniment, renovació, així com altres intervencions. Com a tal, podeu incloure documents administratius, plànols, descripció del terreny, de l'edifici i els seus voltants, sistemes tècnics, traçabilitat i característiques dels materials de construcció. Les dades de rendiment, com ara ús operatiu d'energia, qualitat de l'ambient interior, construcció intel·ligent i emissions en el cycle de vida, i enllaços o informació sobre les qualificacions i certificats de construcció. Com a resultat, també permet la circularitat a l'entorn construït.



Comissió Europea

Finalment, un altre aspecte clau per a la transició cap a una economia circular al sector de la construcció és el desenvolupament d'iniciatives de pagament per ús i servitització. La servitització consisteix en la transformació dels productes en serveis, reduint així el consum de materials i augmentant-ne la traçabilitat, ja que els consumidors de productes passen a ser usuaris de serveis, per la qual cosa el promotor és custodi dels materials i el consumidor no és propietari.

i

Segons un informe d'IFS, el 25% de les companyies del sector de la construcció ja ofereixen el servei, el manteniment i la gestió d'instal·lacions com a part de la seva oferta, i s'espera que la xifra augmenti el 50% el 2025 com a resultat de la tendència del sector a la servitització del cycle de vida dels actius.



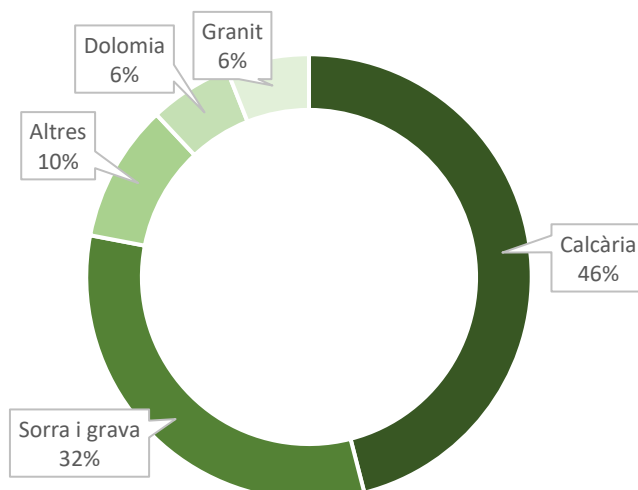
3. Principals matèries primeres secundàries al sector de la construcció

A l'apartat anterior s'han identificat algunes de les principals barreres en la utilització de matèries primeres secundàries al sector de la construcció. Tot seguit, s'analitzen les barreres per a cadascuna de les principals matèries primeres secundàries d'aquest sector.

3.1. Materials àrids

Les principals roques emprades per a la producció d'àrids per a la construcció són la calcària (46,4%), les sorres i graves (31,9%), el granit (5,6%) i la dolomia (5,6%), representant entre totes aquestes el 89,5% del consum d'àrids naturals a la construcció.

Figura 8. Roques emprades per fabricar àrids per a la construcció, 2021



Font: Associació Nacional d'Empresaris Fabricants d'Àrids.

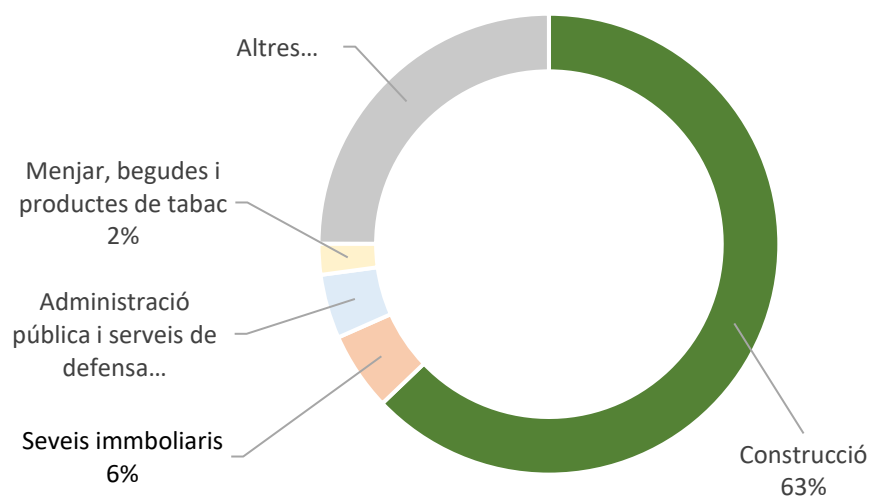
El sector dels àrids és el principal subministrador de matèries primeres per al sector de la construcció, incloent-hi la construcció d'infraestructures, l'edificació, la indústria i per a la protecció del medi ambient.

A nivell europeu, entre les indústries extractives no energètiques, el sector dels minerals per a la construcció és el més important, representant la major quantitat de minerals extrets respecte a altres sectors. Així, doncs, el sector de la construcció suposa, aproximadament, un 63% (1.501.282 tones) de la demanda total d'àrids⁶ a la Unió Europea (2.388.223 tones).

⁶ Tenint en compte marbre, granit, gres, pòfir, basalt, altres pedres ornamentals o de construcció (exclosa la pissarra) i sorres i graves.



Figura 9. Consum dels àrids⁷ per sector a la Unió Europea⁸, 2020



Font: Eurostat, 2020.

A nivell nacional, en 2021, el consum total d'àrids per a la construcció va arribar als 142,1 Mt, el 76,7% del mercat total d'àrids.

Taula 10. Consum d'àrids en 2021 en Espanya (milions de tones)

ÀRIDS PER A LA CONSTRUCCIÓ		
Àrids naturals	136,9	73,9 %
Àrids reciclats	3,5	1,9 %
Àrids artificials	1,7	0,9 %
Total àrids per a la construcció	142,1	76,7 %
ÀRIDS INDUSTRIALS		
Àrids industrials	43,1	23,4 %
Total àrids industrials	43,1	23,4 %
TOTAL ÀRIDS	185,1	100 %

Font: Associació Nacional d'Empresaris Fabricants d'Àrids.

⁷ Considerant marbre, granit, gres, pòfir, basalt, altres pedres ornamentals o de construcció (exclosa la pissarra) i sorres i graves.

⁸ Dades per a UE27 (no s'inclou Regne Unit).

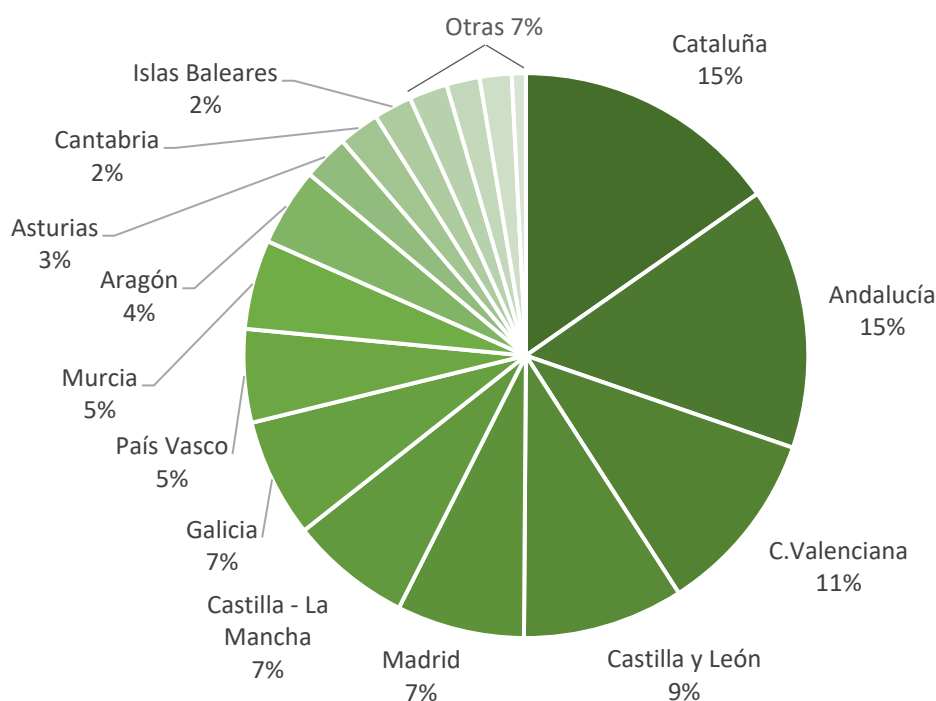
i

El 2021, cada espanyol va consumir uns 2.890 kg anuals d'àrids, és a dir uns 7,9 kg diaris.

Associació Nacional d'Empresaris Fabricants d'Àrids

Pel que fa a la distribució per comunitats autònomes, Catalunya (19,8 Mt) i el País Valencià (12,1 Mt) se situen en primera i tercera posició de consum d'àrids naturals per a la construcció amb un 15% i un 11% respectivament, respecte al total nacional. El consum d'àrids naturals a les Illes Balears el 2021 va ser de 3 milions de tones, un 2% respecte del total.

Figura 11. Consum d'àrids naturals per a la construcció per comunitats autònomes, 2021

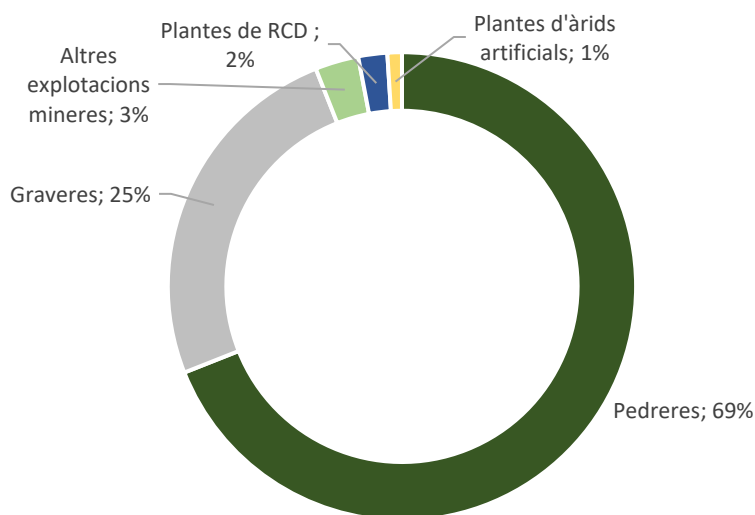


Font: Associació Nacional d'Empresaris Fabricants d'Àrids.

Respecte a l'origen dels àrids consumits al sector de la construcció, aquests procedeixen majoritàriament de pedreres (69%) i graveres (25%), essent àrids reciclats únicament el 2% del total



Figura 12. Origen dels àrids el 2021 (milions de tones)



Font: Associació Nacional d'Empresaris Fabricants d'Àrids.



Hi ha una escassetat de residu mineral per cobrir la demanda total d'àrids destinats a la construcció. Encara que es reciclessin el total de residus minerals procedents de les activitats de construcció i demolició produïts a Espanya (13.434.566 t el 2020)¹, únicament es cobriria un 10,8% de la demanda total d'àrids naturals (123,6 Mt a 2020)².

¹Eurostat.

²Associació Nacional d'Empresaris Fabricants d'Àrids.

Tot i això, la taxa nacional de consum d'àrids reciclats és del 2%, situant-se molt per sota de la màxima que es podria assolir (10,8%), per la qual cosa és necessari fomentar projectes que integrin l'ús d'àrids reciclats.

En aquest marc, a Catalunya, l'article 147.2 de la Llei 5/2020, de 29 d'abril, de mesures fiscals, financeres, administratives i del sector públic i de creació de l'impost sobre les instal·lacions que incideixen en el medi ambient estableix que **els projectes de construcció d'obra pública i d'obra privada han de determinar l'ús d'àrids reciclats procedents de la valorització de residus de la construcció i la demolició en un percentatge mínim del 5% en pes sobre el total d'àrids previstos.**

Per facilitar l'aplicació dels àrids reciclats a les obres, l'Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya (ITEC) va publicar la Guia per complir l'ús del 5% d'àrids reciclats als projectes de construcció.



A més, l'Ordre ACC/9/2023, de 23 de gener, per la qual es regula la utilització dels àrids reciclats procedents de la valorització de residus de la construcció i demolició té com a objectiu regular la utilització dels àrids reciclats obtinguts de residus de la construcció i demolició de l'obra pública i privada executada a Catalunya i fixa els usos admesos i els requisits per utilitzar els àrids reciclats i la seva composició, les categories i la granulometria.

3.2. Materials metàl·lics

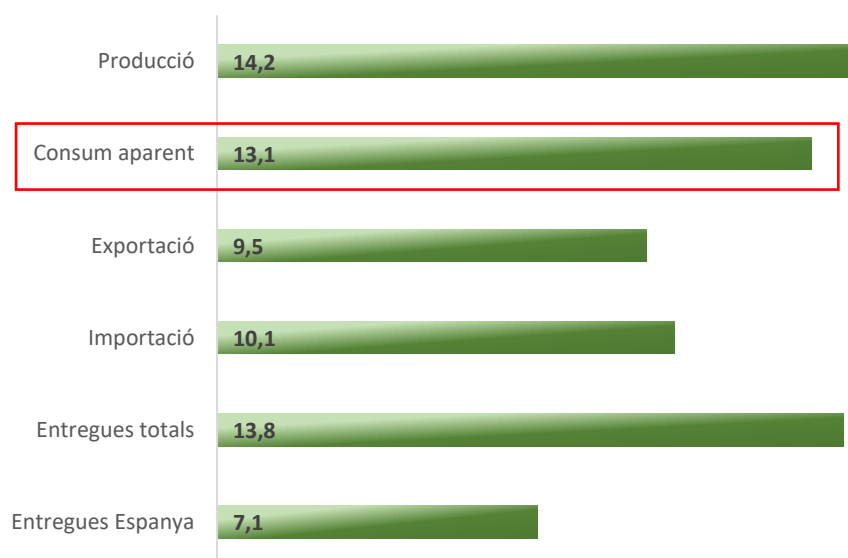
Els metalls més utilitzats al sector de la construcció són el ferro i l'alumini.

▪ Acer

El ferro s'alia amb carboni per formar acer, que s'empra en estructures per si sol o amb formigó (formigó armat), estant present a les estructures d'edificis i altres construccions civils.

D'una banda, segons les dades d'UNESID (Associació de les empreses productores d'acer i de productes de primera transformació de l'acer a Espanya), el sector siderúrgic espanyol va produir 14,2 milions de tones d'acer el 2021, el 68% de les quals es van produir a partir del reciclatge de ferralla d'acer (ruta elèctrica) i el 32% a partir del mineral (ruta integral). A més, considerant les importacions i exportacions, la demanda de productes siderúrgics (consum aparent) va ser aproximadament de 13,1 milions de tones per al mateix any.

Figura 13. Resum de les principals xifres del sector siderúrgic a Espanya (2021), en milions de tones.

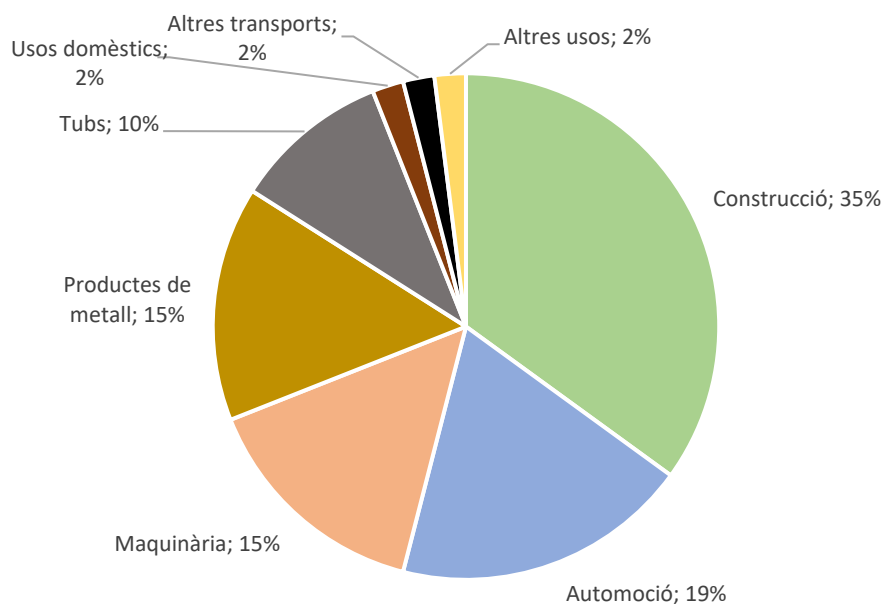


Font: UNESID, 2021.



D'altra banda, pel que fa al consum, el 2021 el sector de la construcció va ser el principal consumidor d'acer, suposant el 35% de la demanda total.

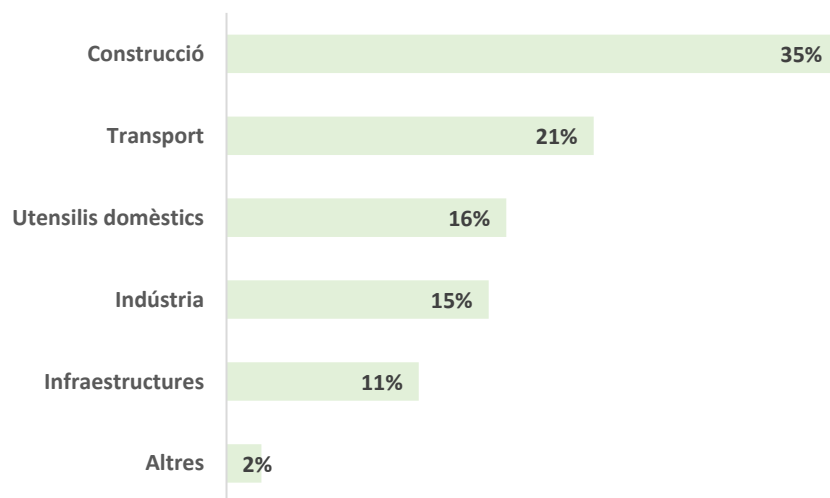
Figura 14. Consum d'acer per sectors, Espanya (2021)



Font: Elaboració pròpia a partir de dades de l'European Steel In Figures 2022, Eurofer.

Per últim, pel que fa a la distribució del consum de l'acer reciclat, el sector de la construcció se situa en primer lloc, seguit del transport.

Figura 15. Consum d'acer reciclat a Espanya per sectors



Font: EuRIC



Considerant les dades presentades per a l'any 2021, del total d'acer reciclat a Espanya (11.137 milions de tones⁹), un 35% es destina a la construcció, és a dir, aproximadament 3,9 milions de tones. Per tant, considerant que la demanda total d'acer de la indústria de la construcció és de 5,2 milions de tones, **el 75% de l'acer consumit al sector de la construcció prové d'acer reciclat.**



Encara que la major part de l'acer utilitzat en el sector de la construcció prové d'acer reciclat, **hi ha una insuficiència de ferralla disponible per aconseguir que la totalitat de l'acer consumit a la construcció procedeixi únicament de ferralla.** Això es deu principalment al fet que la majoria dels béns de consum que contenen acer estan concebuts per durar llargs períodes de temps, fet que produeix una insuficiència de ferralla disponible per satisfer la producció de nous productes que contenen acer i, a més, el consum de aquest acer reciclat està molt diversificat entre diferents sectors de producció.

▪ Alumini

El darrer informe “Informe de Circularitat” publicat per l'Associació Espanyola d'Alumini i Tractaments de Superfície situa el valor de circularitat mitjà de l'alumini al 70%, per sobre del de la fusta (39%) i el PVC (19%)¹⁰.

En aquest marc, aquest valor podria semblar baix considerant l'alta taxa de recuperació i l'eficiència en el reciclatge d'aquest material. **El fet que aquest valor no sigui més elevat és perquè, actualment, la demanda d'alumini és superior a la quantitat de ferralla disponible.**



L'any 2019 es van produir 33 milions de tones d'alumini reciclat i 64 milions de tones d'alumini primari.

S'espera que la demanda d'alumini s'incrementi un 80% el 2050 com a resultat del ràpid creixement econòmic i de la població. **Aquesta demanda podrà ser satisfeta amb un balanç 50/50 d'alumini reciclat i alumini primari, segons les taxes de recollida de 2019 per a productes al final de la seva vida.**

International Aluminium

⁹ Unesid, 2021.

¹⁰ Atès que encara no hi ha un sistema d'avaluació unificat, el valor mitjà de circularitat s'ha obtingut a partir de l'ús de diversos indicadors provinents de tres mètodes prestigiosos: la Puntualització de Reutilització de Material (PRM) de la certificació “Cradle to Cradle”, l'Indicador de Circularitat Material (ICM) proposat per la Fundació Ellen MacArthur, i l'Índex de Circularitat (IC) proposat pel professor Cullen de la Universitat de Cambridge.



3.3. Materials ceràmics

La ceràmica té una àmplia gamma d'aplicacions, essent els productes per a la construcció i l'edificació la principal. Els principals productes ceràmics de la construcció i l'edificació són els maons, les teules, les rajoles i les rajoles, així com els articles sanitaris (lavabo, bidet, piles), canonades d'argila vitrificada per al drenatge d'aigües residuals i l'argila expandida¹¹.

Figura 16. Principals productes ceràmics de la construcció i edificació



Font: The European Ceramic Industry Association.

Tot i que el sector consumeix una gran quantitat i varietat de productes ceràmics, no s'han trobat dades públiques, a nivell europeu, nacional o autonòmic, sobre la quantitat recollida i tractada de residus ceràmics procedents de les activitats de construcció i demolició.



Fins a l'1 de juliol del 2022 la recollida separada dels residus ceràmics procedents de les activitats de la construcció i demolició no era obligatòria. **Per tant, malgrat que hi ha processos de reciclatge de residus ceràmics, actualment, aquests s'apliquen principalment als residus ceràmics interns resultants del procés de fabricació de productes ceràmics i, es considera que aquestes tècniques encara no estan àmpliament esteses a la fracció ceràmica dels RCD.**

¹¹ Grànuls de diverses mides, cadascun amb una coberta de ceràmica dura que envolta un nucli central. De baixa densitat i alta resistència, té una àmplia gamma d'aplicacions al sector de la construcció, com per exemple per crear formigó porós lleuger i aïllant.



Algunes de les tècniques i processos de reciclatge de residus ceràmics es resumeixen a continuació:

Figura 17. Tècniques i processos de reciclatge de residus ceràmics

Maons

- Reintroducció de la pols generada a partir de la mòlta de maons a la barreja de la matèria primera per a la producció de nous maons.
- Els maons trencats també es poden triturar i utilitzar els grans resultants com a agregat lleuger en el procés de producció de blocs de formigó.



Teules

- Reutilització de teules.
- Reciclat de teules per a la creació de subproductes que són emprats en altres aplicacions com farcits de pedreres i mines, material agregat per a la capa superficial en la construcció de carreteres, capa de coberta en pistes de tennis i camps esportius, com a substrat per a sostres verds...



Taulells i rajoles

- Reciclat de residus procedents del procés de producció de rajoles, reintroduint-los com a matèria primera secundària en la fabricació de noves rajoles ceràmiques.



Articles sanitaris

- Els motlles de guix es poden utilitzar com a subproducte a la indústria extractiva del guix per a la restauració de pedreres.



Font: The European Ceramic Industry Association.



Un dels principals problemes del reciclatge de productes ceràmics com taulells i rajoles procedents dels residus de la construcció i demolició és la dificultat de separar la ceràmica dels productes d'adhesió com són el ciment i el morter.

En aquest marc, s'ha desenvolupat un nou sistema de col·locació en sec que permet enrajolar paviments sense ciment ni morter gràcies a peces ceràmiques que s'encaixen entre si. Aquest sistema permet la possibilitat de reutilitzar el material en no fer servir ciment ni morter i, a més, la seva instal·lació no genera residus ni enderrocs.

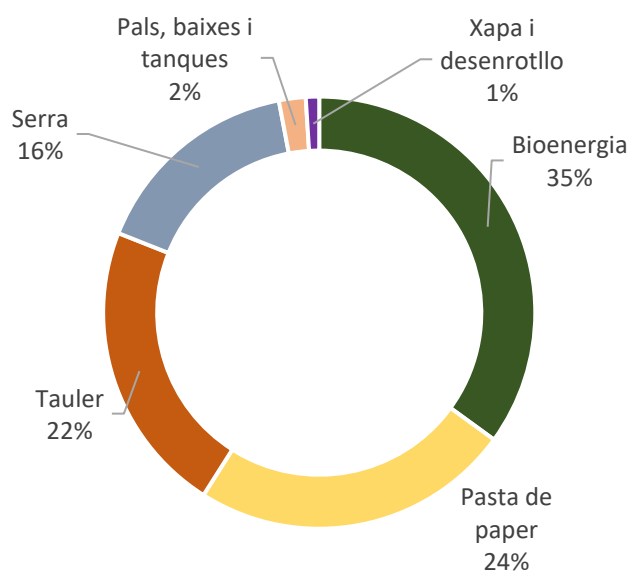
3.4. Materials d'origen biogènic

Actualment, el material orgànic més utilitzat a la construcció és la fusta. Altres materials, com el suro, la palla, el bambú, el lli, el rotang, el vímet i el cuir van ser utilitzats en el passat en construccions tradicionals, però actualment es fan servir de manera limitada, generalment amb finalitats arquitectòniques i decoratives avantguardistes.

Segons la Comissió Europea, al voltant del 70% de la fusta a la UE s'utilitza en la construcció i la fabricació de mobiliari.

A nivell estatal, sobre la base de les dades de l'Anuari d'Estadística Forestal¹², el 2020 es van consumir 24,22 milions de m³ de fusta, sent la bioenergia i la producció de pasta de paper les principals destinacions de consum. La resta del consum (41%) es va destinar a indústries que, entre altres coses, manufacturen productes de fusta per al sector de la construcció.

Figura 18. Consum aparent de fusta per sector, 2020



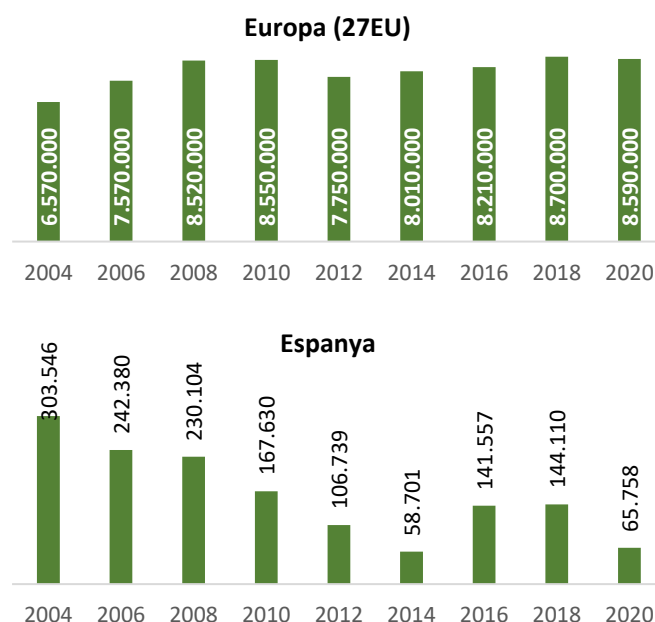
Font: Anuari d'Estadística Forestal 2020.

¹² Ministeri per a la transició ecològica i el repte demogràfic (MITECO), 2020.



Figura 19. Residus de fusta generats pel sector de la construcció en tones (2004-2020)

Respecte a la generació de residus de fusta procedents del sector de la construcció, encara que a Europa les quantitats s'han mantingut relativament constants en els darrers anys, amb xifres al voltant dels 8 milions de tones, a Espanya, la fracció fusta dels residus de la construcció i demolició ha disminuït considerablement (un 78%), essent el 2020 de 65.758 tones.



Font: Eurostat.

Les principals fonts de residus de fusta procedents de les activitats de construcció i demolició són els palets, taulers de fibra de densitat mitjana (MDF), caixes, bigues, marcs de finestra, marcs de portes i portes, tarimes, encofrats, panells de tanca o restes dels arbres.

Per al tractament correcte, el Ministeri d'Agricultura, Alimentació i Medi Ambient, va publicar el 2012 un informe, "Disseny metodològic per a la classificació de productes recuperables dels residus de fusta, orientat a potenciar enfocaments de gestió, producció i consum més sostenible", amb l'objectiu d'establir una classificació dels residus de fusta per fomentar-ne el reciclatge.

Aquest informe, després d'analitzar les classificacions de residus de fusta existents o proposades a altres estats membres de la UE i tenint en compte els principals tipus de residus de fusta generats a Espanya, proposa la següent classificació de residus de fusta per a Espanya:

Taula 20. Proposta de classificació de residus de fusta.

	Descripció	Origen	Destinació
Categoria 1	Residu de fusta net. Residu de fusta al seu estat natural procedent de treballs mecànics (sense compostos químics).	Residus d'embalatges i retalls de fabricació que no hagin estat pintats ni tractats. Residus de fusta procedents de la tala i mecanitzat. Mobiliari de fusta al seu estat natural.	Es contempla preferentment la recuperació material del residu (reciclatge): indústria del tauler, llits de bestiar, paisatgisme, horticultura, etc.



	Descripció	Origen	Destinació
Categoria 2	Residu de fusta tractat amb compostos no perillosos. Pot contenir compostos orgànics no halogenats i no pot contenir preservants.	Residus, palets, embalatges, taulers, mobiliari, portes i marcs procedents de la indústria de la fusta que no continguin contaminants perillosos.	Es contempla preferentment la recuperació material (reciclatge) del residu davant de la recuperació energètica.
Categoria 3	Residu de fusta que hagi estat tractat amb compostos orgànics halogenats i no contingui preservants.	Pallets amb materials compostos, mobiliari amb compostos orgànics halogenats, residus voluminosos (mixtes).	Recuperació energètica (biomassa), incineració amb recuperació energètica (residus de fusta), incineració sense recuperació energètica (residus de fusta).
Categoria 4	Residu de fusta tractat amb preservants, així com altres residus de fusta que per la seva contaminació no es poden assimilar a cap de les categories anteriors.	Residus de fusta de demolició i restauració com bigues, finestres, portes d'exterior i fusta impregnada per a estructures externes. Travesses de ferrocarril, pals de telèfon i llum, tanques. Mobiliari de jardí impregnat. Residus de fusta d'ús industrial.	Recuperació energètica (biomassa), incineració amb recuperació energètica (residus de fusta), incineració sense recuperació energètica (residus de fusta).

Font: Informe Residus de la Fusta, Govern d'Espanya (2012).

Aquesta classificació es basa en la qualitat del residu i la seva idoneïtat per al mercat, prioritant la reutilització i el reciclatge dels residus de fusta davant la seva incineració o dipòsit en abocador. S'observa que hi ha una gran varietat de destins per als quals es pot utilitzar la fusta reciclada, incloent-hi la fabricació de taulers d'aglomerat, amb fins ramaders, la fabricació de compost o com a font d'energia, però, aquests venen limitats per la qualitat del residu.

En aquest marc, el 2005 el Govern Basc va realitzar un estudi, "Inventari i caracterització de residus de fusta tractada a la Comunitat Autònoma del País Basc", amb l'objectiu d'identificar les possibles vies de gestió per a cada tipus de residu de fusta, de acord amb el potencial de risc associat a la presència d'ingredients actius¹³ en aquestes. Per això es va realitzar una caracterització química dels residus de fusta tractada i, en línies generals, es va concloure que resulten residus perillosos les següents tipologies:

¹³ Substàncies utilitzades en el tractament de la fusta com ara coles i adhesius, pintures i vernissos, productes protectors o productes retardants del foc.



- **Elements de fusteria fora d'ús** procedents de la recollida de voluminosos urbans o dels residus de la construcció i demolició.
- **Encofrats de fusta fora d'ús** procedents dels residus de la construcció i demolició.
- **Fusta creosotada** (travesses, pals de xarxes elèctriques o telefòniques fora d'ús) procedent dels residus de la construcció i demolició.



La principal **limitació** de la valorització material dels residus de fusta procedents de les activitats de construcció i demolició és que, exceptuant la fusta procedent de palets o embalatges i de restes d'arbres, la majoria (ex. mobles fora d'ús, encofrats, travesses i pals), **contenen substàncies perilloses** com a resultat del seu tractament previ i, per tant, no són aptes per a la valorització material.

A més, en general, es **desconeixen les característiques químiques** d'aquests residus de fusta i, per tant, el grau de perillositat, classificant-se, davant del dubte, en categories de residus que únicament es poden incinerar o dipositar en abocador.

3.5. Materials plàstics

A nivell europeu, el sector de l'edificació i la construcció és el segon sector de més consum de materials plàstics després d'envàs i embalatge, amb aproximadament un 20% del consum total. El tipus de material plàstic més utilitzat en la construcció és el PVC¹⁴, usat en marcs de finestres, perfils, canonades i revestiment de parets i terres, seguit del PE-HD-MD¹⁵, utilitzat en materials de construcció d'alta resistència com a cascos protectors o canonades, i el PS-E¹⁶ o PUR¹⁷ presents com a materials aïllants d'edificis.

Figura 21. Demanda de plàstic per sectors i tipus de polímer, Europa ¹⁸



Font: Plastic – The Facts 2021, Plastics Europe.

¹⁴ Clorur de polivinil.

¹⁵ Polietilè de mitjana (MDPE) i alta densitat (HDPE).

¹⁶ Poliestirè.

¹⁷ Poliuretà.

¹⁸ Dades per a EU28 (Inclou Regne Unit).

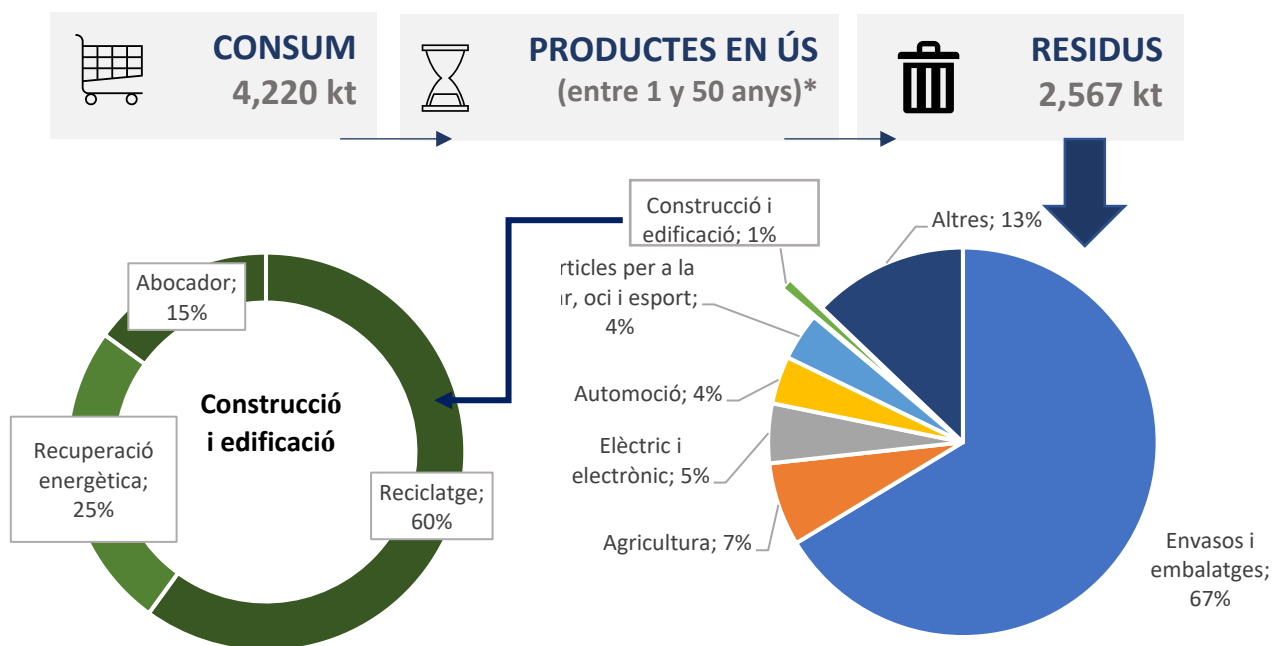


Tot i la importància del sector en el consum de plàstic, la quantitat de residus plàstics procedents del sector de la construcció que són recollits selectivament i tractats tan sols representa un 1% del total de la recollida i tractament de residus plàstics postconsum. No obstant això, una vegada que són recollits, aquests són reciclats majoritàriament (60%), destinant-se un 25% del total a recuperació energètica i un 15% a abocador.



Per tant, tenint en compte la quantitat de materials plàstics que el sector de la construcció i edificació consumeix, i que un cop recollit hi ha un alt potencial de reciclatge, es considera que **implementar la correcta separació in situ de la fracció plàstica dels residus de la construcció i demolició és un aspecte fonamental per aconseguir la circularitat del cicle de vida d'aquest producte al sector de la construcció.**

Figura 22. Residus de plàstic per sectors Espanya (2020)



* El 60% dels productes i components plàstics tenen una vida útil d'entre 1 i 50 anys, i aquest és el temps que triguen a convertir-se en residus. Aquest fet explica que la quantitat de residus per a un determinat any sigui considerablement més baixa que el total de productes i peces de plàstic posats al mercat el mateix any.

Font: Plastics Europe.

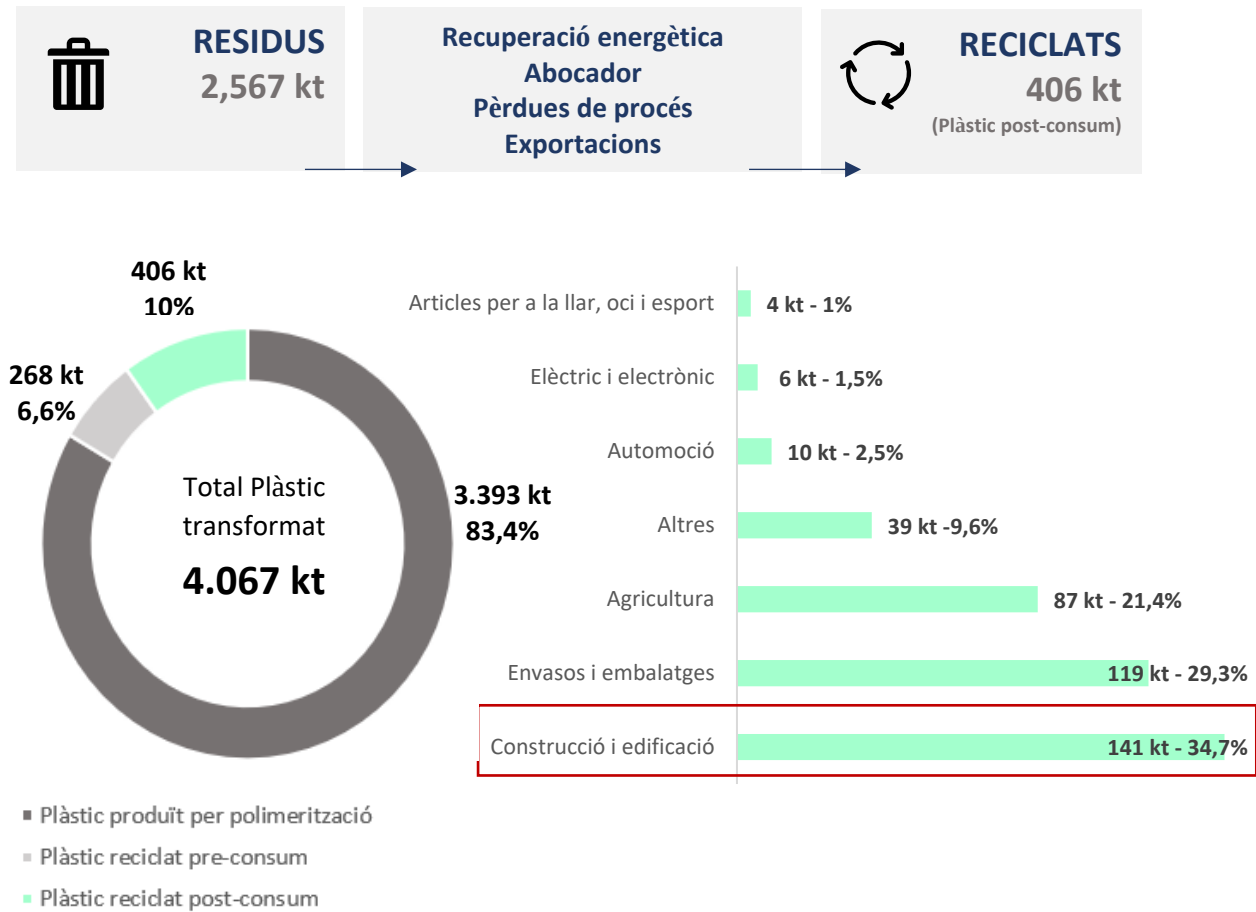


D'altra banda, dels 2,567 milions de tones de residus recollits, 406.000 t corresponen a plàstic reciclat postconsum¹⁹ que es van transformar en nous productes. Aquesta quantitat de plàstic reciclat post-consum representa el 10% del total de plàstic posat al mercat (plàstic transformat).

Del total del plàstic reciclat postconsum (406 kt), 141 quilotonades es destinen a la fabricació de nous productes per al sector de la construcció i edificació, quantitat que representa un 34,7% d'aquest total i un 3,47% del total de plàstic transformat (plàstic produït per polimerització, plàstics reciclat preconsum i plàstic reciclat postconsum).

Per tant, **es considera que la demanda de productes plàstics reciclats al sector de la construcció és significativa, atès que es destina més d'un terç del plàstic reciclat postconsum, a nivell nacional, a aquest sector.**

Figura 23. Plàstics reciclats post-consum en nous productes (2020)



Font: Plastic Europe.

En aquest marc, per continuar impulsant la utilització de plàstic reciclat en productes de la construcció i demolició s'estan desenvolupant diversos projectes d'innovació en aquest aspecte:

¹⁹ Xifra restant després de considerar que part dels residus es destinen a recuperació energètica o abocador. A més, dels enviats a reciclatge una part s'exporten per ser reciclats a altres països i altres es perden en el procés de reciclatge. Finalment, dels plàstics postconsum que finalment són reciclats, una part també s'exporta.



i

Desenvolupament de nuclis de poliuretà (PUR) reciclat a partir de matalassos fora d'ús (CFU) per a una construcció sostenible d'alt valor afegit.



Aimplas

i

FOAM2FOAM

Desenvolupament i implantació d'un procés viable de reciclatge químic a residus de poliuretà que fins ara acabaven a l'abocador o es reciclaben mecànicament per obtenir productes de valor escàs afegit, per obtenir productes de qualitat (pol·liols verds) que es poden incorporar a la fabricació de noves peces de PU per a aïllament acústic.



Aimplas

D'altra banda, per donar resposta al Reial Decret 1055/2022, de 27 de desembre, d'envasos i residus d'envasos, s'estan desenvolupant Sistemes Col·lectius de Responsabilitat Ampliada del Productor (SCRAPs), com el d'ENVALORA o Implica, per a envasos plàstics industrials i comercials que inclou el sector de la construcció. Mitjançant aquests sistemes es pretén incrementar les taxes de recollida, circularitat i reciclatge dels envasos i embalatges plàstics de la construcció, entre d'altres sectors industrials.



4. El sector de la construcció a les Illes Balears

En base a dades de l'Observatori Fundació Laboral de la Construcció, el nombre mitjà d'afiliats a la Seguretat Social en el sector durant 2022 va registrar 57.324 persones treballadores, la qual cosa suposa un increment en relació amb 2021 d'un 4,8% i una variació positiva, més alta que la registrada a nivell nacional.

Taula 24. Nombre mitjà d'afiliats a la Seguretat Social en el sector de la construcció (2022)

	Total afiliats	% Var. anual
Balears	57.324	4,8
Nacional	1.333.189	3,5

Font: Estadístiques construcció. Observatori Fundació Laboral de la Construcció.

Per altra banda, les empreses del sector de la construcció inscrites en la Seguretat Social en 2022 van augmentar un 7,3% respecte a l'any anterior. En aquest marc, la indústria de la construcció suposa el 16,8% del total d'empreses de la comunitat autònoma.

Taula 25. Empreses del sector de la construcció inscrites en la Seguretat Social (2022)

	Total Sectors	Empreses construcció	% Var. anual	% Sobre total d'empreses
Balears	38.183	6.413	7,3	16,8
Nacional	1.329.897	136.224	2,5	10,2

Font: Estadístiques construcció. Observatori Fundació Laboral de la Construcció.

Per últim, pel que fa al mercat de treball, en 2022 es van registrar 48.825 contractes, un 7,6% més que en 2021. Durant 2022 es van incrementar totes les activitats, però les corresponents a construcció especialitzada van registrar el creixement més alt.

Taula 26. Principals xifres del mercat de treball al sector de la construcció (2022)

CNAE	Contractes	% Sobre el total	% Var. anual
41. Construcció d'edificis	29.488	60,4	4,6
42. Enginyeria civil	998	2,0	7,8
43. Activitats de construcció especialitzada	18.339	37,6	12,9
TOTAL	48.825	100,0	7,6

Font: Estadístiques construcció. Observatori Fundació Laboral de la Construcció.

Institut  Cerdà

Valor 2030: Superació de les barreres en la utilització de matèries primeres secundàries als principals sectors industrials



SECTOR: PRODUCCIÓ DE VEHICLES

JUNY 2023



Índex del document

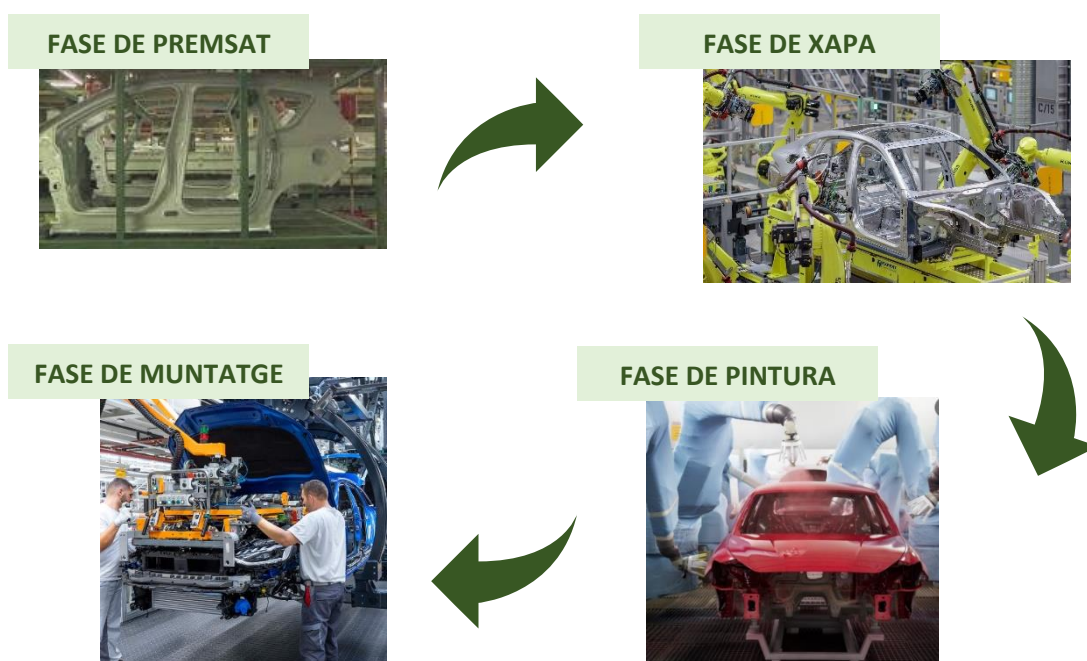
1. El procés de fabricació de vehicles.....	3
1.1. Composició material dels vehicles.	9
1.2. Quantitat de matèries primeres utilitzades a la indústria automotriu.	13
2. Ús de matèries primeres secundàries en la fabricació de vehicles.....	14
2.1. Acer	14
2.2. Alumini	21
2.3. Plàstic.....	28
2.4. Cautxú.....	37
2.5. Vidre	46
3. El sector de la producció de vehicles a les Illes Balears	51



1. El procés de fabricació de vehicles

Actualment, en general, els vehicles es fabriquen mitjançant la producció en línia. Si bé és cert que, depenent de la fàbrica, el procés de construcció d'un vehicle pot variar lleugerament pel que fa a la realització de determinades tasques dins de cada fase, hi ha quatre fases bàsiques per les quals tot vehicle passa en el procés de producció:

Figura 1. Principals fases del procés de fabricació d'un vehicle



Font: Autocasión.

Aquestes fases es poden realitzar totes en una mateixa fàbrica o en diferents, i és comú la subcontractació de components o d'una part de la fabricació per reduir significativament les despeses de producció.

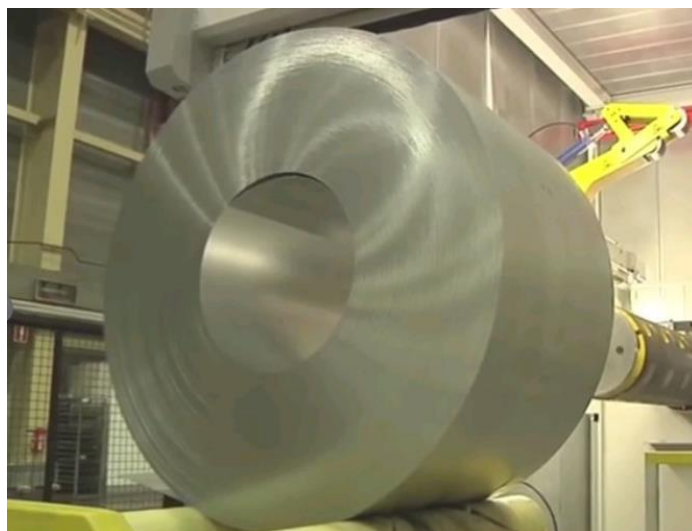
En cas que les fases es realitzin en una mateixa fàbrica, el vehicle es desplaça mitjançant sistemes de cintes transportadores a través de les diferents àrees diferenciades on es duen a terme cadascuna. A més, hi ha una fase prèvia (fase de disseny) i una altra de posterior (fase de verificació i proves) a aquestes quatre etapes principals de construcció.

▪ Fase de premsat

Fase inicial de la construcció del vehicle en què unes bobines d'acer, d'unes 20 tones aproximadament, arriben a la planta de premsa on passen per uns rodets perquè perdin la curvatura i obtenir així làmines planes d'acer. En algunes fàbriques aquest primer pas de premsat no es fa atès que les làmines arriben llistes, és a dir llistes i tallades, per ser estampades.



Figura 2. Bobina d'acer a la planta de premsat



Font: Autocasión.

Posteriorment té lloc el procés d'estampació, on aquestes làmines d'acer passen per unes premses hidràuliques que les tallen, perforen i donen la forma específica i definitiva de la peça que es vol crear (ex. base, laterals o estructura superior). A més, és en aquesta fase on seguidament es realitzen tots els forats necessaris per posteriorment col·locar tots els caragols i altres ancoratges.

Figura 3. Peces obtingudes després de l'estampació



Font: Autocasión.



i

- D'una bobina d'acer es tallen 20 peces per a sostre per minut o 40 per a portes per minut.
- Cada model de cotxe té entre 1.500 i 1.600 forats destinats a una funció específica.

Planta Ford d'Almussafes

Els sobrants de les retallades de les làmines d'acer resultants d'aquesta primera fase s'emmagatzemen en uns contenidors de reciclatge, per posteriorment enviar-se a fosa i servir per fabricar altres peces, com ara discos de fre.

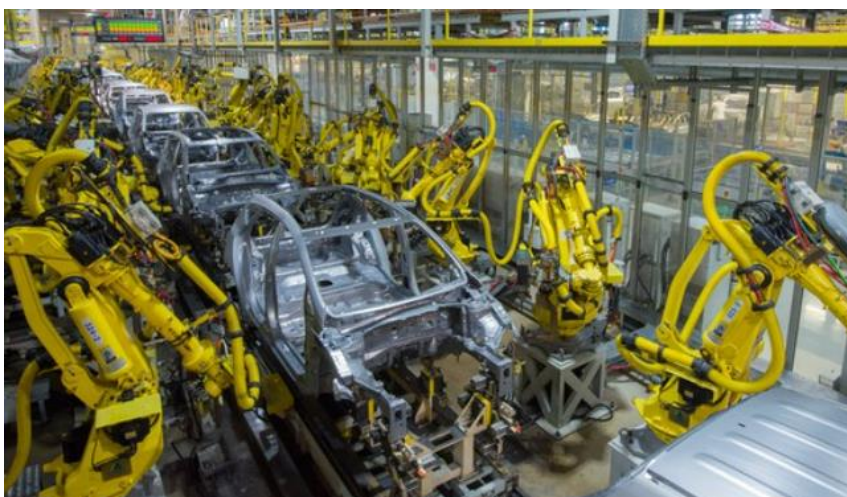
▪ Fase de xapa

Un cop s'han creat totes les peces necessàries per al vehicle, cal assemblear i soldar totes i cadascuna de les parts que donaran forma a la carrosseria. Aquesta fase es porta a terme a la planta de xapisteria, la qual habitualment està altament automatitzada¹. Així doncs, un gran nombre de robots industrials assemblen les peces d'acer (base i laterals de la carrosseria), habitualment mitjançant soldadura per punts i làser, i les peces d'alumini (sostre i portes) mitjançant reblat o clinchado.

Aquest procés es realitza en dues fases i es fabrica en un ordre molt concret, de fora cap a dins i de baix cap a dalt:

1. En primer lloc, s'assembla i solda el terra del cotxe i s'instal·len els passos de roda, la mampara que suporta el tauler de control, el subsòl davanter i del darrere, els laterals i, finalment el sostre.
2. A la segona fase, s'afegeixen les parts mòbils de la carrosseria, com les portes o el capó.

Figura 4. Planta de xapisteria de la fàbrica Volkswagen, a Navarra



Font: Autocasión.

¹ A la planta de xapisteria de la fàbrica de Volkswagen, a Navarra, els robots realitzen el 95% del treball.



Un cop acabat el muntatge dels diferents elements, es realitza un escaneig mitjançant tecnologia làser de tota la carrosseria i es comprova, sobretot, que la folgança entre les peces sigui la correcta.

▪ Fase de pintura

El procés de pintura de la carrosseria del vehicle és el més delicat de tots, és per això que implica diversos passos:

- **Inspecció i neteja:** en primer lloc, la carrosseria passa per un rigorós procés d'inspecció on es verifica al mínim detall que no hi hagi cap tipus d'imperfecció a la superfície a pintar (ex. cops, abonyegaments, marques, etc). Posteriorment la carrosseria se sotmet a una neteja exhaustiva mitjançant un rentat d'alta pressió amb aigua desmineralitzada i diversos tractaments químics (fosfatat² i passivat³), per aconseguir una superfície lliure de qualsevol tipus de brutícia (ex. greix, pols, etc.), que no conduïu l'electricitat i que sigui resistent a la corrosió. Finalment, es duu a terme un assecat mitjançant aire calent per endurir les capes formades.
- **Bany de cataforesi:** després del pretractament d'inspecció i neteja, la carrosseria se submergeix completament en un bany de pintura per cataforesi⁴. Aquest procés consisteix a sotmetre la carrosseria a tensió elèctrica, de manera que la xapa actua de càtode i atrau la pintura amb pigments anticorrosius (partícules carregades) que es diposita sobre la carrosseria. Mitjançant aquesta tècnica s'assegura una gran protecció anticorrosiva ja que la capa de pintura queda aplicada de manera uniforme a la totalitat de l'estructura submergida. En acabar aquest pas, la carrosseria es renta amb aigua desionitzada.

Figura 5. Bany de cataforesi



Font: Autocasión.

² Bany amb àcid fosfòric, fosfats primaris de zinc i additius accelerants per crear una capa de fosfat de zinc per promoure l'adherència.

³ Rentat amb una solució aquosa per millorar l'adherència i la protecció anticorrosiva.

⁴ Tècnica de pintat hidrosoluble o electrodeposició catòdica.



- **Segellat:** a continuació, té lloc el segellat mitjançant l'aplicació de massilles per aconseguir una hermetització total de la carrosseria i evitar així filtracions d'aigua a les zones d'unió, alhora que s'aconsegueix una superfície homogènia per poder aplicar la laca de pintura. Després de ser assecada, la carrosseria està llesta per a la darrera fase de pintat.
- **Pintura d'acabat:** correspon a la darrera fase on s'aplica la pintura que veurà el client final. Primer es pinta l'interior i després l'exterior. Finalment, passa pel forn d'assecatge on la carrosseria se sotmet a una temperatura entre 120 i 160°C durant 10 o 15 minuts.

Figura 6. Pintura d'acabat



Font: Autocasión.

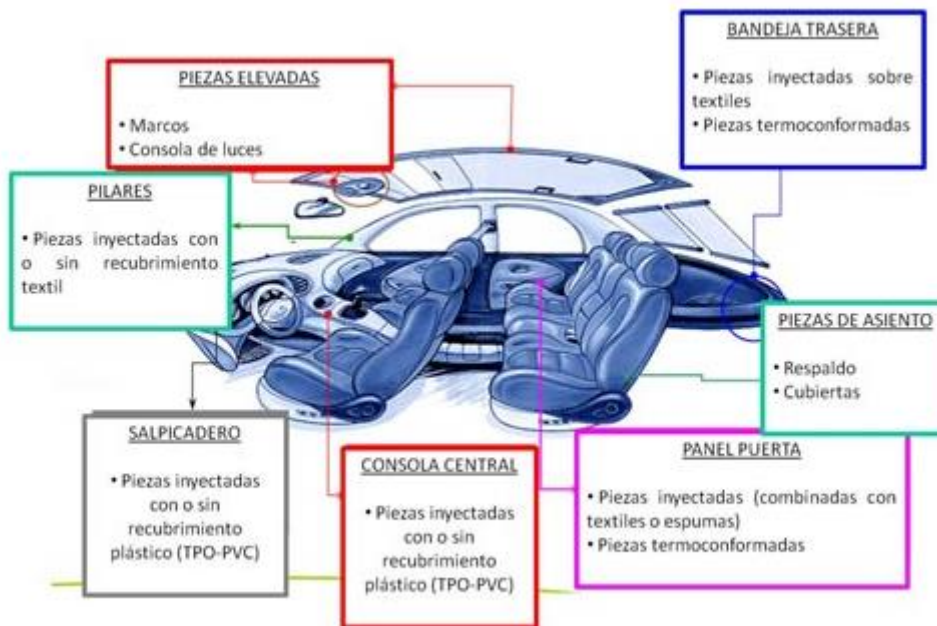
▪ **Fase de muntatge**

Última fase de fabricació del vehicle, duta a terme en combinació entre persones i robots, a la qual s'incorpora a la carrosseria tot l'equipament essencial. En primer lloc, es desmunten les portes per facilitar l'accés dels operaris i poder instal·lar-hi els elements interns.

Cal destacar que són múltiples els requeriments que han de complir els materials emprats en la fabricació de les peces d'interior, d'acord amb les especificacions corresponents a cadascuna, i hi han molts components fabricats amb materials plàstics.



Figura 7. Peces d'interior de vehicles fabricades amb materials plàstics



Font: Interempresas.

A continuació, es realitza l'acoblament de parts mecàniques (ex. motor, suspensions, cablejat, sistema d'escapa, eixos, transmissió, etc.), seguit de l'acabat d'exterior (ex. frontal, sistemes lumínics, llunes, rodes...) i interiors (ex. volant, seients, tauler de control...) i, finalment, es col·loquen les portes de nou.

Figura 8. Fase de muntatge



Font: El Mundo

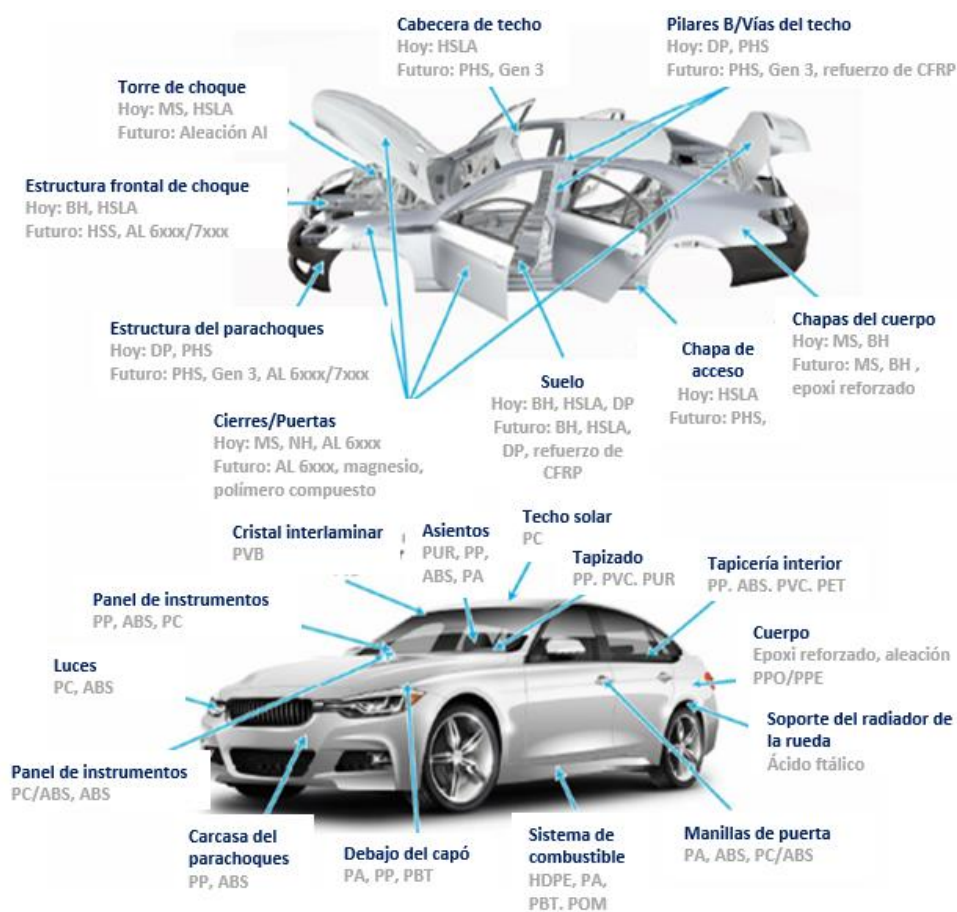
Finalment, quan el vehicle està acabat es duen a terme una sèrie de proves per assegurar la màxima qualitat del producte, tant estàtiques dins de la fàbrica com de rodament a diferents superfícies a l'exterior.



1.1. Composició material dels vehicles.

En general, a nivell mundial, els principals materials utilitzats per fabricar automòbils i les seves parts són, per ordre, **acer, alumini, plàstics, cautxú, coure, vidre, tela/cuir i alguns més**. Mentre que l'acer i l'alumini són els materials principals en la fabricació del motor i la carrosseria, altres components auxiliars del vehicle com seients, catifes, para-xocs o fars estan fets de plàstics o compostos polimèrics.

Figura 9. Materials usats actualment per a la fabricació de les principals peces d'un vehicle



Metalls					
HSLA	Acer de baix aliatge i alta resistència	PHS	Acer endurit a pressió	Gen 3	Acer de tercera generació– Gen 3
BH	Acer endurit al forn	DP	Acer de fase dual	MS	Acer dolç ⁵
Plàstics i compostos polimèrics					
ABS	Acrilonitril butadiè estirè	PPE	Èter de Polifenilè	PUR	Poliuretà
HDPE	Polietilè d'alta densitat	POM	Poliacetal	PVB	Butiral de polivinil
PA	Poliamida	PP	Polipropilè	PVC	Policlorur de vinil
PBT	Tereftalat de polibutilè	PET	Tereftalat de polietilè	CFRP	Plàstic reforçat amb fibra de carboni
PC	Policarbonat	PPO	Òxid de polifenilè		

Font: Modi, S., Vadavkar, A. (2019). *Technology Roadmap: Intelligent Mobility Technologies*. Center for Automotive Research, Michigan.

⁵ Mild Steel, també conegut com a acer al carboni, metall que no posseeix més de 2% de carboni.



La carrosseria d'un vehicle mitjà als EUA té un 65% d'acer, un 13% d'alumini, un 6% de plàstic i compostos polimèrics, i la resta es compon d'altres materials com ara vidre, adhesius, segelladors i escuma.

Els components del tren motriu són al voltant del 58% de ferro i acer, el 29% d'alumini, el 8% de plàstic i cautxú i la resta d'altres materials. Els motors són majoritàriament d'alumini.

Modi, S., Vadhavkar, A. (2019). Technology Roadmap: Intelligent Mobility Technologies. Center for Automotive Research, Michigan.

La composició dels vehicles ha anat variant al llarg del temps. Això es deu principalment a una sèrie de factors que afecten el disseny i l'enginyeria del vehicle i, com a conseqüència, a la selecció de materials usats per a la fabricació dels automòbils. Actualment, el sector de l'automoció s'enfronta a reptes estratègics importants com el canvi climàtic, la digitalització, els canvis en les preferències de mobilitat, els costos, etc., aspectes que condicionen directament i indirectament la composició material d'un vehicle.

Figura 10. Principals aspectes condicionants de la composició material d'un vehicle

Regulacions	Tipus de vehicles	Altres
• Ambientals • Seguretat	• Vehicle elèctric de bateria • Vehicles autònoms	• Mobilitat compartida • Costos

Font: Elaboració pròpia.

En primer lloc, la indústria automotriu es veu afectada per les **polítiques orientades a la reducció de gasos amb efecte d'hivernacle**, alhora que s'insta a augmentar la seguretat dels passatgers. Per aconseguir la disminució de les emissions de carboni cal, entre altres coses, reduir el pes del vehicle. S'estima que la reducció del pes en un 10% millora entre un 6 i un 7% el consum de combustible⁶.

En aquest marc, és complicat trobar el balanç entre l'ús de materials més lleugers com el plàstic, però igual de robusts que l'acer. La línia de treball que ha resultat més eficaç fins ara ha estat utilitzar nous tipus d'acer d'alta i molt alta resistència, en combinació amb alumini i nous tipus de plàstics més lleugers i resistents, per a la fabricació del xassís i la carrosseria, part que suposa gairebé el 40% del pes total del cotxe.

⁶ Direcció General de Trànsit, Ministeri de l'Interior.



i

Segons la nova normativa europea, a partir del **2021** les emissions dels turismes nous **no han de superar els 95 g CO₂/km**, reduint-se aquest valor en un 15% més per al 2025 i en un 37,5% per al 2030.

Reglament (UE) 2019/631 del parlament europeu i del consell de 17 d'abril del 2019 pel qual s'estableixen normes de comportament en matèria d'emissions de CO₂ dels turismes nous i dels vehicles comercials lleugers nous, i pel qual es deroguen els Reglaments (CE) núm. 443/2009 i (UE) núm. 510/2011

A més, per altra banda, la implementació de l'economia circular a la indústria automobilística insta a reduir la generació de residus en aquest sector i a tancar el cicle de vida dels materials utilitzats en la fabricació dels vehicles. Fet que afecta el disseny dels vehicles, el qual ha d'incrementar l'ús de materials reciclats, així com la facilitat del desmuntatge de peces per a la reparació, i fomentar la valorització material dels residus dels vehicles al final de la seva vida útil.

i

Alguns dels punts clau del Reial decret 265/2021, de 13 d'abril, sobre els vehicles al final de la seva vida útil, són:

1. Els agents econòmics compliran, en l'àmbit de la seva activitat, els objectius de preparació per a la reutilització, reciclatge i valorització següents:

- a) el percentatge total de preparació per a la **reutilització i la valorització** serà almenys del **95% del pes mitjà per automòbil i any**, i
- b) el percentatge total de preparació per a la **reutilització i el reciclatge** serà almenys del **85% del pes mitjà per automòbil i any**.

2. Els Centres Autoritzats de Tractament (CAT), a més:

- c) Recuperaran per a la seva preparació per a la reutilització, i comercialitzaran components, parts o peces dels automòbils que suposin, almenys, un 10% del pes total dels automòbils que tractin anualment.
- d) A partir de l'1 de gener de 2026 recuperaran per preparar-los per a la reutilització, i comercialitzaran components, parts o peces dels automòbils que suposin, almenys, un 15 % del pes total dels automòbils que tractin anualment.

Reial Decret 265/2021, de 13 d'abril, sobre els vehicles al final de la seva vida útil i pel qual es modifica el Reglament General de Vehicles, aprovat pel Reial Decret 2822/1998, de 23 de desembre

El segon aspecte que està condicionant el tipus de materials utilitzats en la fabricació de vehicles és l'**augment de vehicles de bateries elèctriques** constituïdes principalment per metalls com el níquel, coure, alumini, liti i cobalt, i la dotació d'un contingut tecnològic més gran als vehicles



per incrementar la seva autonomia (ex. la incorporació de nous sistemes avançats d'assistència al conductor (ADAS).

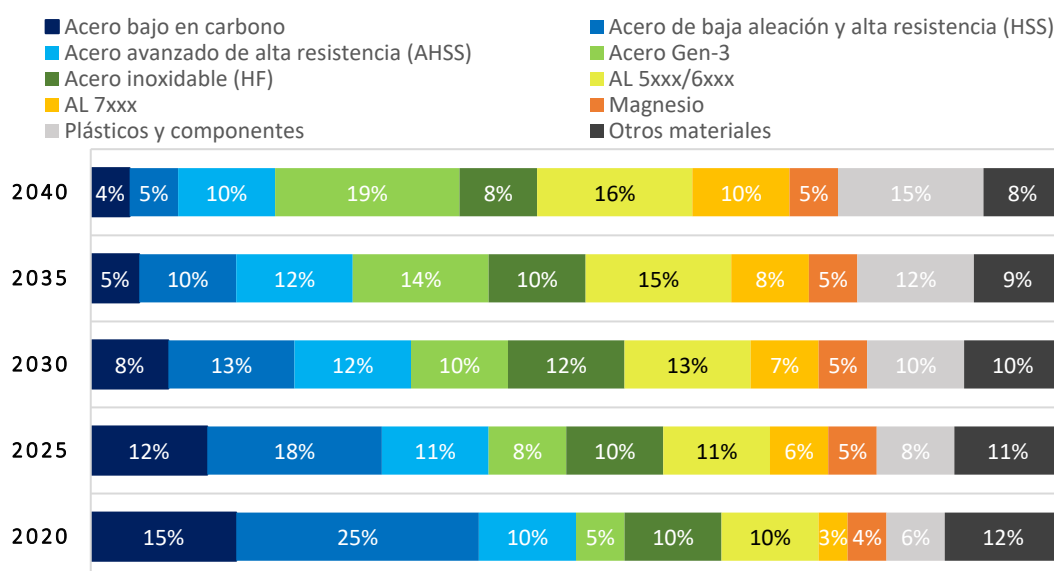
Finalment, hi ha altres aspectes com el **canvi en les preferències de desplaçament** per part dels consumidors i els **costos dels materials** que també tenen un paper important en el tipus de material emprat.

Les dificultats de mobilitat amb cotxe privat a les ciutats a causa de l'escassetat d'aparcament gratuït o la implantació de zones de baixes emissions, així com l'increment en el preu del combustible, donen lloc a una tendència creixent a l'ús compartit de vehicles. L'increment en la demanda de cotxes d'ús compartit donarà lloc a nous requisits en la seva fabricació (ex. més durabilitat estructural i dissenys d'unions més robustes) que exigiran materials amb més vida útil.

Finalment, la disponibilitat de materials i, per tant, els seus costos fluctuen constantment a causa de la situació políticoeconòmica global. Igualment, la indústria automotriu és molt competitiva i el cost és un criteri important en la selecció de materials.

Considerant aquests factors, es preveu una reducció en la quantitat total d'acer emprat als vehicles en els propers 20 anys. Cal destacar que mentre s'espera que la quantitat total d'acer disminueixi, es preveu que s'incrementi la utilització de nous tipus d'acer d'alta i molt alta resistència. Aquesta reducció de la utilització de l'acer es veurà compensada per un increment de l'ús de la resta de materials principals, incloent-hi l'alumini i el plàstic.

Figura 11. Evolució del percentatge mitjà de composició material d'un vehicle



Nota: El 100% inclou la carrosseria i tancaments, no està inclòs el xassís, els interiors, el parabrisa ni els segelladors dinàmics. Altres materials inclouen amortidors, segelladors estàtics, adhesius i vidre.

Font: Modi, S., Vadhavkar, A. (2019). *Technology Roadmap: Intelligent Mobility Technologies*. Center for Automotive Research, Michigan.

Així doncs, s'espera que el contingut de metall ferrós disminueixi i sigui reemplaçat per alumini, materials a base de plàstic i acer de baix aliatge d'alta resistència. En aquest marc, es preveu que



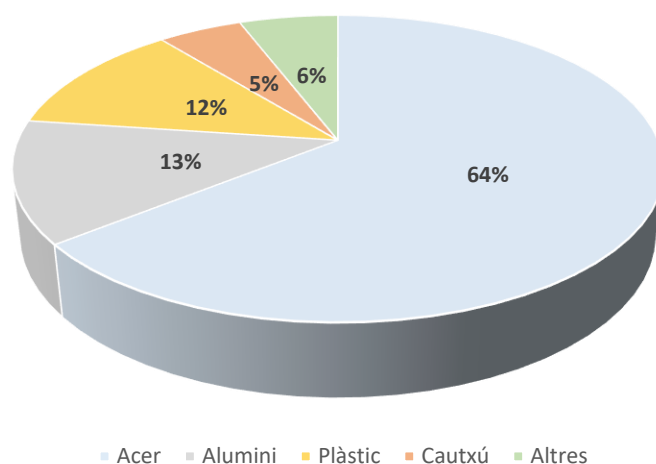
l'alumini substitueixi l'acer com a component principal per a la fabricació de portes, sostres i altres parts del cos de la carrosseria. D'altra banda, es preveu un increment de l'ús de compostos polimèrics com a reforç dels components estructurals i elements de l'interior del vehicle, a causa dels avantatges que presenta aquest material quant a lleugeresa i personalització. Per acabar, cal destacar que, a causa de l'increment de la producció de vehicles híbrids i elèctrics, es preveu un increment de l'ús de coure, liti i cobalt.

1.2. Quantitat de matèries primeres utilitzades a la indústria automotriu.

Un cop analitzada la composició material dels vehicles i la seva potencial evolució en els propers anys, a continuació, es realitza un estudi del consum de les principals matèries primeres utilitzades a la indústria automotriu a nivell nacional i a nivell autonòmic, per a Catalunya i la Comunitat Valenciana⁷.

Per això, en primer lloc, s'ha definit la quantitat de les matèries primeres utilitzades en la fabricació d'un vehicle estàndard. Així doncs, s'estima que el pes mitjà d'un vehicle europeu és d'1,4 t⁸, del qual aproximadament 900 kg són d'acer⁹, 180 kg d'alumini¹⁰, 168 kg de plàstic¹¹, 70 kg de cautxú¹² i 82 kg d'altres materials (ex. vidre).

Figura 12. Quantitat de les matèries primeres principals utilitzades en la fabricació d'un vehicle.



Font: Elaboració pròpia.

Posteriorment, a partir de l'estimació percentual de la composició de les principals matèries primeres que constitueixen un vehicle, i considerant la quantitat de vehicles produïts l'any

⁷ Les Illes Balears no compten amb producció de vehicles.

⁸ Calculat a partir de les dades estadístiques del Port de Barcelona.

⁹ World Steel Association.

¹⁰ Aluminum content in European Passenger Cars, prepared for European Aluminium by DuckerFrontier, 2019.

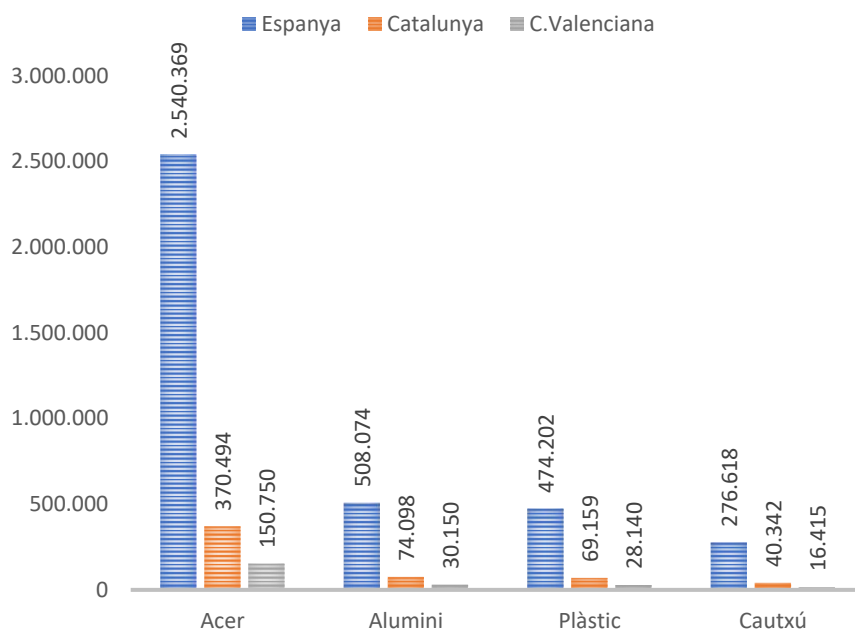
¹¹ EuRIC call for recycled plastic content in cars – Position paper – EuRIC, 2020.

¹² European Tyre and Rubber.



2019¹³ a Espanya, Catalunya i el País Valencià, s'ha obtingut el consum d'acer, alumini , plàstic i cautxú a la indústria automotriu.

Figura 13. Consum de les principals matèries primeres a la indústria automotriu. Espanya, Catalunya i C. Valenciana, 2019 (tones)



Font: Elaboració pròpia.

2. Ús de matèries primeres secundàries en la fabricació de vehicles.

2.1. Acer

▪ Principals tipus d'acer utilitzats en la fabricació de vehicles

L'acer és un aliatge de ferro i carboni en un percentatge d'aquest darrer element variable entre el 0,008% i el 2,11% en massa de la composició. A més, l'acer també conté altres elements químics aleants (fins a 30 diferents) entre els quals destaquen el manganès, el crom, el níquel, el silici, el molibdè, i el vanadi, que modifiquen les seves propietats per permetre adaptar-lo a les necessitats dels seus diferents usos.

Hi ha una gran varietat de tipus d'acer, les propietats del qual varien segons les diferents composicions i tractaments aplicats, sent els principals tipus utilitzats en la fabricació de vehicles, atenent al seu límit elàstic¹⁴, els següents:

¹³ S'han utilitzat dades del 2019 atès que la producció de vehicles durant l'any 2020 i 2021 es va veure afectada per la situació de la COVID-19 i, per tant, les dades d'aquests anys no són representatives.

¹⁴ És la tensió màxima que pot suportar un material sense patir deformacions permanents.



Tabla 1. Principals tipus d'acer utilitzats en la fabricació de vehicles

Nom	Principals característiques	Usos en vehicles
Acers convencionals		
–	Acer dolç no aliat. Baix contingut en carboni i laminat en fred.	Peces de baixa responsabilitat estructural: aletes, panells de portes, portes del darrere.
Acers d'alta resistència – Es classifiquen en funció del mecanisme d'enduriment.		
Acers endurits al forn (Bake-Hardening - BH)	Acer amb un límit elàstic augmentant significativament.	Empleats en peces exteriors i estructurals.
Acers Microaliats o Acers ALE	Bona resistència a la fatiga i el xoc.	Reforços de la suspensió.
Acers Refosforats o Acers Aleats al Fòsfor	Acer amb alts nivells de resistència.	Peces exposades a col·lisions: travessers, travessers o reforços pilars.
Acers de molt alta resistència – Acer que es sotmet a un tractament tèrmic (temper, revingut, normalitzat) que els transforma en un altre.		
Acers de Fase Doble (DP)	Bona aptitud a la distribució de les deformacions i alta resistència mecànica.	Peces amb responsabilitat estructural alta: estreps i corredisses de seients.
Acers de Plasticitat Induïda per Transformació (TRIP)	Bona capacitat d'absorció d'energia.	Empleat en peces d'estructura i seguretat.
Acers de Fase Complexa (CP)	Acer amb baix percentatge de carboni (menor 0,2%).	Evitar la intrusió d'elements a la zona de passatger, habitacles, motor i maleter.
Acer d'ultra resistència – Es caracteritza per l'alta rigidesa, l'absorció de grans energies i l'alta capacitat per no deformar-se.		
Acers Martensítics (Mar)	Posseeix una microestructura composta de martensita amb límits elàstics molt alts.	Reforços de la carrosseria.
Acers al Boro o Acers Boron (Bor)	Acer amb alt grau de duresa com a resultat de tractament tèrmic.	Peces antiintrusió en habitacles i motor.

Font: GT motive.

▪ Producció i consum d'acer

El procés de fabricació de l'acer es pot fer mitjançant dues rutes diferents, però complementàries, depenent del material a partir del qual es produeixi:

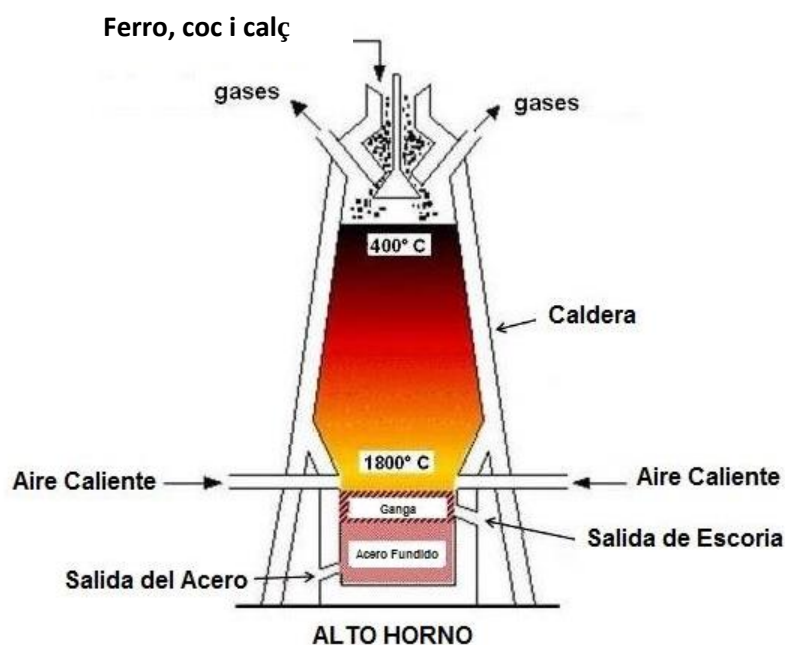
- **Ruta integral:** l'acer es produeix directament a partir del mineral de ferro.
- **Ruta elèctrica:** l'acer es fabrica a partir del reciclatge dels múltiples residus d'acer al final de la seva vida útil, comunament anomenats “ferralla d'acer”.

La producció d'acer mitjançant la ruta integral té lloc en un forn apropiat a altes temperatures on s'introdueix el mineral de ferro, coc (per les seves propietats com a agent reductor d'òxids



de ferro i com a combustible) i materials fundents (en general petites quantitats de ferro calcària), obtenint-se acer líquid.

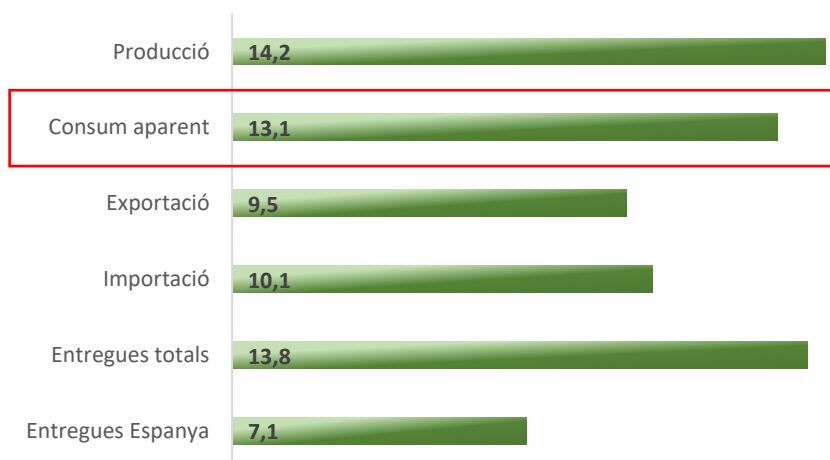
Figura 14. Procés ruta integral de l'acer



Font: Àrea tecnologia.

Pel que fa a la producció en xifres, segons les dades d'UNESID (Associació de les empreses productores d'acer i de productes de primera transformació de l'acer a Espanya), el sector siderúrgic espanyol va produir 13,588 milions de tones d'acer el 2019, el 77,3% de les quals es van produir a partir del reciclatge de ferralla d'acer (ruta elèctrica) i el 22,7% a partir del mineral (ruta integral). A més, considerant les importacions i exportacions, la demanda de productes siderúrgics (consum aparent) va ser de 13,2 milions de tones per al mateix any.

Figura 15. Resum de les principals xifres del sector siderúrgic a Espanya (2019), en milions de tones.

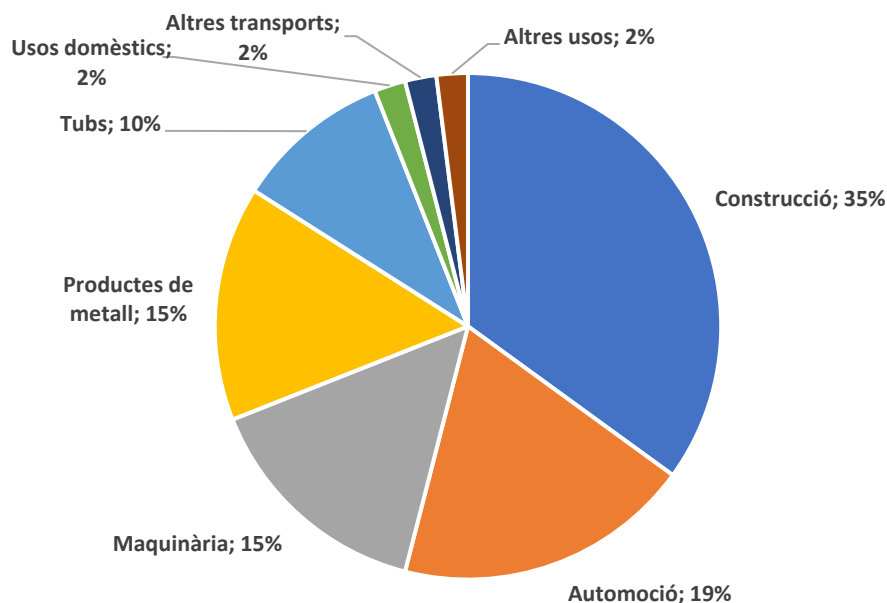


Font: UNESID.



Pel que fa a la demanda per sectors, la construcció és el principal sector consumidor d'acer, suposant el 35% de la demanda total, **seguit per la indústria automotriu (19%)**, la maquinària (15%) i els productes de metall (15%). Així doncs, segons les dades d'Eurofer, del total d'acer disponible a nivell nacional (13,2 milions de tones), aproximadament 2,5 milions de tones es destinen a la producció de vehicles (el 19%).

Figura 16. Consum d'acer per sectors, Espanya (2019).



Font: Eurofer.

▪ Acer reciclat.

L'acer és el material més reciclat del món, fins i tot més que l'alumini, el plàstic i el vidre sumats. En línies generals, la ferralla es classifica en tres tipus segons l'origen:

- **Ferralla obsoleta:** correspon als elements d'infraestructura i productes que han arribat al final de la vida útil (ex. automòbils, mobiliari, llaunes d'acer, electrodomèstics, bigues...).
- **Ferralla industrial o immediata:** són els residus resultants de l'activitat a les plantes de fabricació de productes que contenen acer.
- **Ferralla domèstica:** deixalles produïdes a les acereries, que se solen tornar directament al forn.

La principal font de ferralla d'acer són els béns de consum rebutjats, és a dir la ferralla obsoleta, i la major part són envasos, seguit d'automòbils, electrodomèstics, estructures antigues, etc.

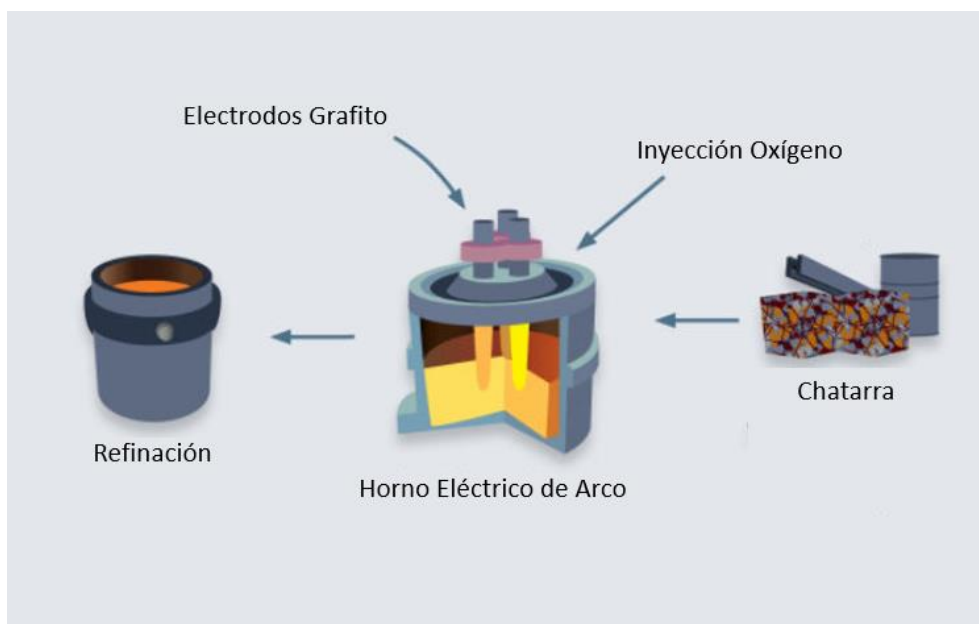
En aquest marc, el procés del reciclatge de l'acer consta de les fases següents:

1. Després de la **recollida selectiva** dels residus d'acer, anomenats ferralla fèrrica, aquests passen per un procés de **selecció**. Cal destacar que les característiques magnètiques de l'acer fan més fàcil la separació mitjançant un imant.



2. Posteriorment la ferralla passa per un procés d'**adequació mitjançant neteja i trituració** per a l'eliminació d'impureses, que en el cas de l'acer es fa en grans tremuges on es renta amb hidròxid de sodi (sosa càustica).
3. Abans de ser transportada a les acereries, on la ferralla serà valoritzada, aquesta passa per un **control de qualitat** exhaustiu que resulta essencial en el procés de reciclatge.
4. Finalment, la ferralla resultant es **fondeix** per obtenir acer refinat reutilitzable a la indústria. Aquest procés es duu a terme en dues etapes:
 - En primer lloc, la ferralla es barreja amb agents carbonosos, minerals i fundents prèviament tractats i és portada al forn elèctric d'arc per a la fosa. Al forn, després d'un preescalfament de la ferralla mitjançant cremadors de gas natural, s'introdueixen uns elèctrodes de grafit, que un cop connectats al corrent elèctric generen un arc elèctric amb la ferralla, elevant prou temperatura de forn (3.500°C) com per fondre-la. Aquest procés es completa amb l'oxidació del metall per eliminar les impureses per mitjà de la injecció d'oxigen.
 - Un cop finalitzada la fusió, l'acer es porta a un forn més petit per refinar-lo. En aquesta etapa s'ajusta la composició de múltiples aleants per determinar el tipus d'acer desitjat.

Figura 17. Procés ruta elèctrica de l'acer.



Font: Eurofer.

El principal avantatge de l'acer és que és completament reciclable al final de la vida útil, podent ser reciclat de forma il·limitada i conservant la mateixa qualitat i prestacions que el material original. A més, la producció d'acer a partir de ferralla suposa un gran estalvi d'energia i de matèries primeres, amb unes emissions de CO₂, en comparació amb la producció a partir del mineral de ferro.



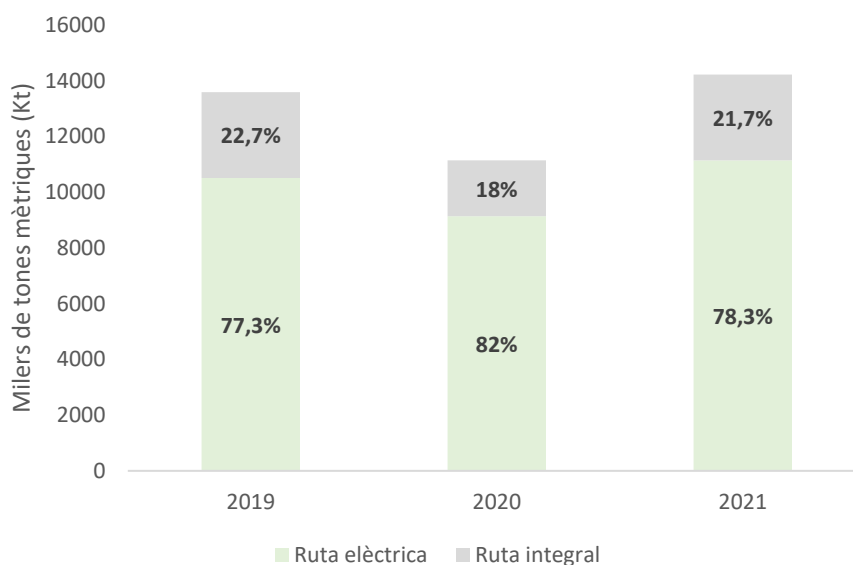
Per cada tona d'acer reciclat s'estalvia:

- una tona i mitjana de mineral de ferro, uns 650kg del carbó i 300kg de calcària,
- un 70% d'energia i un 40% de consum d'aigua i
- l'emissió de 1,43 tones de CO₂.

Steel for Packaging

És important destacar que Espanya se situa al capdavant dels països europeus en producció d'acer reciclat, només darrere d'Itàlia. Segons dades d'UNESID, a l'any 2019, dels 13.588 milions de tones d'acer produït a Espanya, 10.505 van ser reciclades (ruta elèctrica) i 3.083 van ser produïdes a partir del mineral de ferro (ruta integral). És a dir, més del 77% del total d'acer produït es va obtenir a partir del reciclatge de ferralla.

Figura 18. Producció d'acer a Espanya.



Font: UNESID (Associació de les empreses productores d'acer i productes de primera transformació de l'acer a Espanya).

De tota aquesta ferralla reciclada, una part molt important prové dels vehicles al final de la seva vida útil, atès que s'estima que la taxa mitjana de reciclatge d'acer i ferro als automòbils és al voltant del 90%.



i

Actualment, a Espanya es donen de baixa al voltant de 700.000 unitats dels automòbils inclosos al Reial decret 265/2021, de 13 d'abril, sobre els vehicles al final de la seva vida útil, (turismes, tot terrenys i vehicles comercials lleugers).

Residus professional

El 2018, a Espanya es van recuperar el 92,6% del total de VFU.

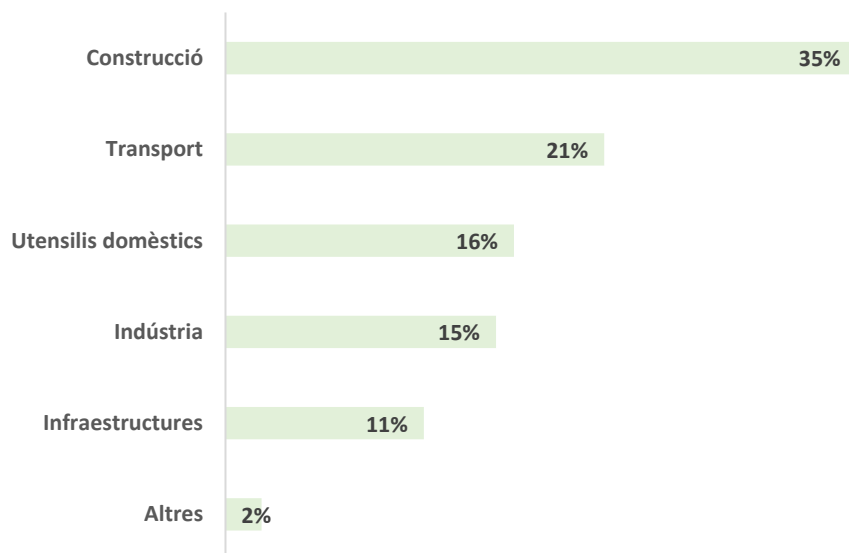
*Associació Espanyola per al
Tractament Mediambiental dels
Vehicles Fora d'Ús*

(SIGRAUTO)

Per tant, s'estima que l'any 2018 a Espanya es van reciclar 583.380 tones d'acer provinents dels vehicles fora d'ús.

Pel que fa a la distribució del consum de l'acer reciclat, el sector de la construcció se situa en primer lloc, seguit del transport.

Figura 19. Consum d'acer reciclat a Espanya per sectors.



Font: EuRIC

Considerant les dades presentades per a l'any 2019, del total d'acer reciclat a Espanya (10.505 milions de tones), un 21% es destina al transport, és a dir, aproximadament 2,2 milions de tones. Per tant, considerant que la demanda total d'acer de la indústria automotriu és de 2,5 milions de tones, **el 88% de l'acer consumit per a la producció de vehicles prové d'acer reciclat.**



Per això es conclou que, la major part de l'acer utilitzat en la fabricació d'automòbils prové del reciclatge de la ferralla. No obstant això, es considera que hi ha limitacions perquè l'acer utilitzat en la fabricació de vehicles procedeixi únicament de ferralla, les quals són les següents:

- encara que l'acer és el material més reciclat del món, la majoria dels béns de consum que contenen acer estan concebuts per durar llargs períodes de temps, fet que produeix una **insuficiència de ferralla disponible per satisfer la producció de nous productes que contenen acer**,
- el **consum d'acer reciclat està molt diversificat** entre diferents sectors de producció, i el principal consumidor és la construcció, i
- actualment, la indústria automotriu presenta **requisits específics per a l'acer**, fet que limita l'ús d'acer de qualitats convencionals.



Entre els requisits específics per a l'ús de l'acer a la indústria automotriu destaquen:

- L'acer a la carrosseria ha de tenir una alta conformabilitat. El metall prim amb una determinada proporció d'elements dúctils i sòlids es pot utilitzar per fabricar una carrosseria complexa i llisa, cosa que no poden fer els productes laminats gruixuts que s'obtenen de les qualitats d'acer convencionals.
- A més, l'acer ha de ser d'alta resistència per garantir la seguretat dels conductors i passatgers, així com la dels vianants, causant el menor dany possible en una possible col·lisió.

Metinvest



Tot i que el sector automotriu té capacitat per utilitzar més acer reciclat, la **barrera principal** és la manca d'oferta d'aquest material, en particular, de l'acer de qualitats superiors a l'acer convencional.

2.2. Alumini

▪ Principals tipus d'alumini utilitzats en la fabricació de vehicles.

L'alumini és el tercer element químic més abundant sobre l'escorça terrestre, que representa un 8% del total. Aquest metall, que únicament s'extreu de la bauxita, és tou i té poca resistència mecànica al seu estat pur, però després de formar aliatges amb altres elements augmenta la seva resistència i adquireix propietats molt útils, entre les quals destaquen les següents: lleuger, resistent i de llarga durada, resistent a la corrosió, excel·lent conductor de l'electricitat, bones propietats de reflexió, molt dúctil i completament impermeable i inodor.



Hi ha una àmplia gamma d'aliatges d'alumini emprats en la fabricació de vehicles, entre els quals destaquen la combinació amb elements com el coure, manganès, silici, magnesi i zinc, que s'identifiquen per les sèries següents:

Tabla 2. Principals tipus d'alumini utilitzats en la fabricació de vehicles.

Nom	Principals característiques	Usos en vehicles
1XXX	Alumini amb puresa superior al 99% i el de més alta resistència a la corrosió.	Aïllant de calor.
2XXX	Aliatge d'alumini amb coure, atorgant-li gran força i resistència.	Empleat en pistons, components de frens i compressor, rotors i rodes.
3XXX	Alumini aliat amb manganès. Excel·lent resistència a la corrosió i mal·leabilitat.	Canonades i reixetes del capó.
4XXX	Aliatge d'alumini amb silici que ofereix una gran resistència a l'abrasió.	Components del motor, pistons i rotlles de compressor.
5XXX	Alumini combinat amb magnesi brindant-li més força.	Tancs de combustible, panells de la carrosseria, portes i sostres.
6XXX	Aliatge d'alumini amb silici i magnesi. Millors capacitats a la fosa i extrusió.	Usat en parafangs, coixins de seguretat, para-xocs i braços de suspensió.
7XXX	Alumini aliat amb zinc i magnesi. El més fort i resistent de tots els aliats.	Barres de seguretat i impacte, reforços i frontisses del cinturó de seguretat.

Font: UACL Automobile Technology.

▪ Producció i consum d'alumini.

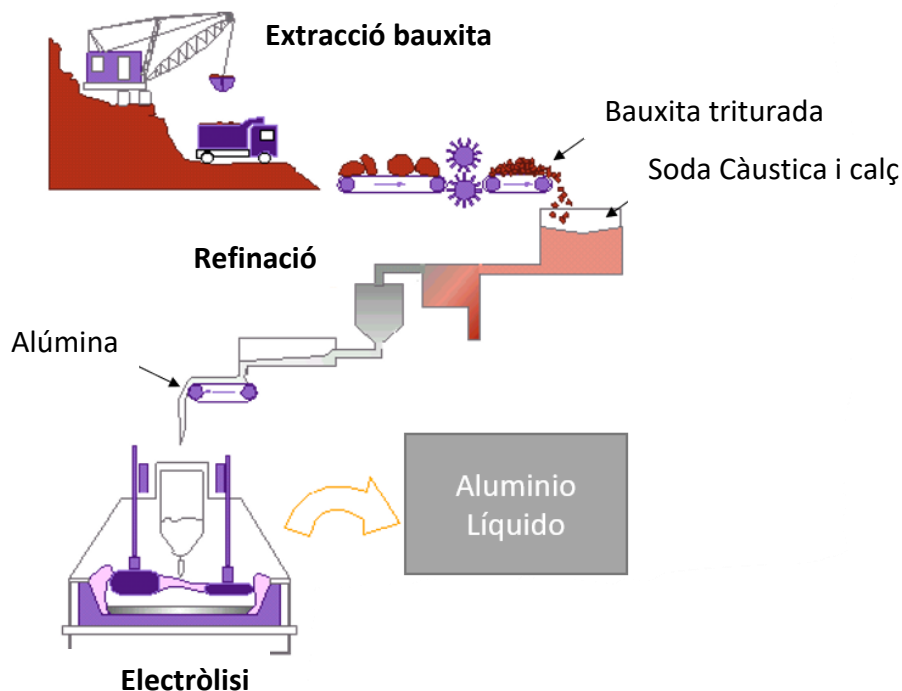
L'alumini es fabrica i recicla mitjançant dues rutes que són complementàries. A la primera, el procés de producció parteix de la bauxita com a matèria primera (donant lloc a l'alumini primari), i a la segona es parteix de residus d'alumini al final de la seva vida útil com a matèries primeres per al procés de producció (donant lloc a l'alumini secundari).

La producció de l'alumini primari comença amb l'extracció de la bauxita com a matèria primera, de la qual s'extreu l'alúmina o òxid d'alumini (Al_2O_3) a través de la refinació¹⁵. Posteriorment l'alúmina refinada es transforma en alumini mitjançant un procés electrolític, donant lloc a l'alumini líquid.

¹⁵ L'alúmina se separa de la bauxita utilitzant una solució calenta de soda càustica i calç.



Figura 20. Procés de fabricació de l'alumini.



Font: Alumini Colorado College.

Posteriorment, aquest alumini líquid se solidifica en forma de blocs per a extrusió, plaques per a laminació o aliatges per a forjat, depenent del procés posterior de transformació en què hagi de ser usat. Finalment, l'alumini es transforma en diferents productes.

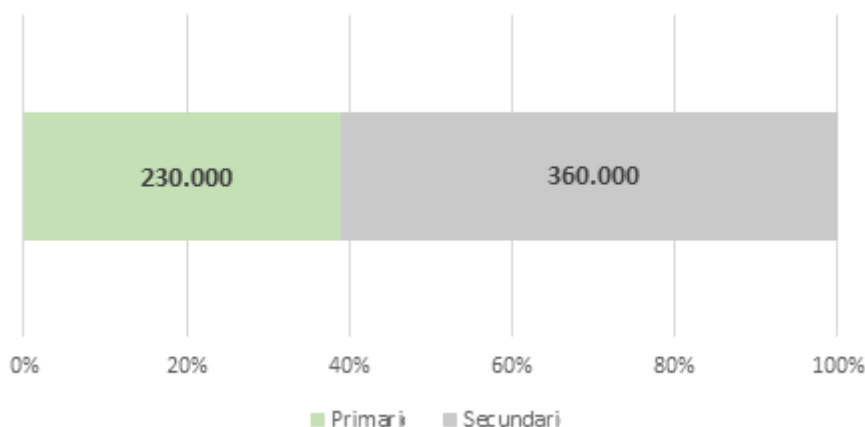
Així, els principals processos de fabricació de productes d'alumini són:

- **Extrusió:** els blocs d'acer s'escalfen i passen per un encuny, el qual, per pressió, dona el perfil requerit al producte final.
- **Laminat:** les plaques d'alumini s'utilitzen per fabricar productes laminats, com ara xapes. Aquestes plaques passen per un molí de rodets i mitjançant compressió s'obtenen làmines i fulles de diferents gruixos. Així, la placa es pot reduir des de 60 cm a 2-6 mm, podent arribar el producte laminat final als 0,006 mm de gruix.
- **Forjat:** els aliatges d'alumini per a forjat es fonen per ser modelats en diferents formes.

Pel que fa a la producció d'alumini, a Espanya l'any 2019 va ser de 590.000 tones, un 39% d'alumini primari (230.000) i un 61% secundari (360.000).



Figura 21. Producció d'alumini de tones, Espanya (2019).

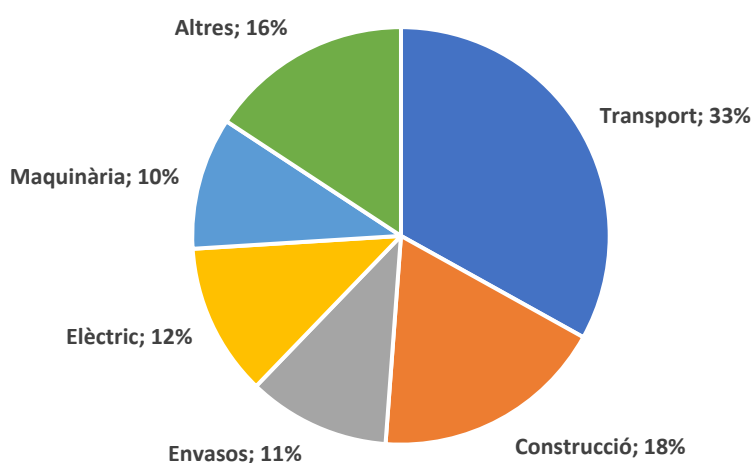


Font: Statista.

Cal destacar que, històricament, Espanya comptava amb tres plantes de producció d'alumini (fàbrica d'Avilés, fàbrica de La Corunya i Fàbrica de Sant Ciprià, de l'empresa Alcoa), una de les quals produïa alumina. Tot i això, a principis 2022 es va tancar la planta de Sant Ciprià, l'última planta de l'empresa que estava en funcionament.

Pel que fa al consum de l'alumini primari a Espanya, aquest va ser de 736.500 tones per a l'any 2019¹⁶. En base a les dades de l'Institut Internacional de l'Alumini (IAI),¹⁷ el transport és el sector de consum d'alumini principal a Europa, amb 4,2 milions de tones a l'any, representant el 33% del consum total, seguit per la construcció amb un 18%. Els sectors d'envasos (11%), elèctric (12%) i maquinària (10%) representen en conjunt el 33% de la demanda total d'alumini.

Figura 22. Consum d'alumini per sectors, Europa (2020).



Font: IAI.

¹⁶ Statista.

¹⁷ Oportunitats per a l'alumini en una economia postcovid. IAI



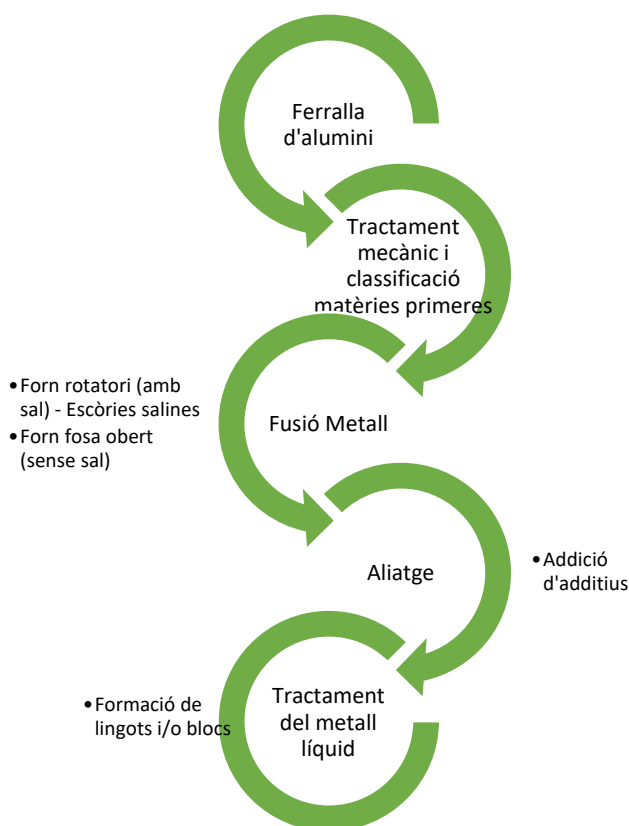
▪ Alumini reciclat.

La producció d'alumini reciclat, conegut també com a alumini secundari, consisteix en el conjunt de processos que permeten reutilitzar l'alumini al final de la vida útil. En línies generals, el procés de reciclatge de l'alumini inclou les fases següents: separació en origen, recollida selectiva del residu, selecció i classificació, pretractament, fusió i tractament del metall líquid.

En aquest marc, després de ser recollit, separat i compactat a les corresponents plantes de classificació, el residu rep un pretractament en el qual es neteja (física i químicament) i es tritura per aconseguir un material el més pur possible. Un cop la ferralla ha estat tractada es procedeix a la seva fusió. Destaquen dos processos de fusió diferenciats segons el tipus de forn emprat, rotatori o fosa oberta, que alhora es diferencien en l'ús (o no) de sals fundents. L'ús de sals fundents al forn rotatiu permet un major grau de recuperació de l'alumini, ja que disminueixen el grau d'oxidació del metall durant la fusió. No obstant això, aquest tipus de forn requereix més energia i genera residus, escòries salines, que requereixen un tractament per minimitzar-ne l'impacte ambiental.

Finalment, una vegada s'ha obtingut l'alumini líquid, es combina amb els additius corresponents (ex. coure, silici, magnesi, etc.), en funció del tipus d'aliatge que es requereixi, i es tracta donant forma de blocs o lingots per a la seva distribució.

Figura 23. Procés de producció de l'alumini secundari.



Font: Guia Tecnològica Metal·lúrgia de l'Alumini.



Entre els avantatges del reciclatge de l'alumini, cal destacar que és un material que es pot reciclar infinitament sense minvar-ne les propietats i que, atès que el procés de reciclatge es basa en refondre el metall, suposa un gran estalvi d'energia i matèries primeres.



El 75% de tot l'alumini produït al llarg de la història encara continua fent ús.

El reciclatge de l'alumini estalvia un 95% de l'energia necessària per produir l'alumini primari.

Per cada tona d'alumini reciclat s'estalvien sis tones de bauxita.

Per cada tona d'alumini reciclat no s'emeten nou tones de CO₂.

Institut Internacional de l'Alumini (IAI) i Ferrosplanes.

No obstant això, la procedència del material recuperat condiciona la qualitat d'aquest i per tant la potencialitat de la seva recuperació i posterior ús. Això és perquè, com s'ha vist anteriorment, hi ha nombrosos aliatges de l'alumini, fet que en dificulta la separació. És a dir, perquè l'alumini reciclat pugui ser reutilitzat amb qualsevol fi, aquest ha de tenir un elevat grau de puresa, altrament únicament podrà ser reutilitzat en el mateix ús del que prové, límit donat pels aliatges o barreges que presenta aquest material.

En aquest marc, la recollida d'alumini al final de la seva vida útil prové principalment de cinc grans generadors:

- **Vehicles fora d'ús (VFU):** ferralla obtinguda dels vehicles catalogats com a fora d'ús.
- **Sector de construcció:** residus d'alumini procedents de les activitats de construcció i demolició.
- **Sector industrial:** residus procedents d'activitats de processament de l'alumini a la indústria siderúrgica i de transformació de metalls, com a processos de retallada, així com maquinària al final de la seva vida útil.
- **Sector comercial:** residus generats per diferents activitats comercials que treballen amb alumini com ara tallers mecànics o lampisteries.
- **Sector domiciliari:** residus d'alumini que provenen principalment dels envasos.

Fins ara, el mètode de separació més utilitzat és la flotació, el qual permet separar els diferents metalls segons les seves densitats, però aquest procés no aconsegueix distingir els diferents aliatges presents a la ferralla i, per tant, disminueix la potencialitat del reciclatge d'aquest material.

Com a alternativa al procés de flotació s'ha desenvolupat la classificació per sensors (o separació en sec), fins ara la tecnologia més eficient per reciclar la ferralla d'alumini ja que permet obtenir fraccions d'alumini amb una puresa aproximada del 98 al 99%. Aquesta tecnologia de raigs X de transmissió permet separar substàncies segons la seva densitat atòmica, identificant el contingut del material de classificació independentment del color i les impureses. D'aquesta manera s'amplien les opcions per fer servir l'alumini secundari.



En aquest marc, per afrontar el repte de la separació de l'alumini independentment dels aliatges que presenti i adquirir un alumini d'elevada puresa, s'han dut a terme diversos projectes innovadors, entre els quals destaquen els següents:

i

SHREDDERSORT (“Recuperació selectiva de trituradores d'automoció de metalls no ferrosos mitjançant espectroscòpia de sensor electromagnètic combinat i espectroscòpia de plasma induït per làser”)

Projecte europeu dut a terme per 11 socis d'Espanya, Portugal, Itàlia, Regne Unit i Àustria, de tres anys de durada (gener 2014 – desembre 2016), amb l'objectiu de fabricar nous sistemes de classificació, que podran separar l'alumini en categories de forjat i fosa, per ser utilitzats tant en plantes de reciclatge de VFU com en la indústria del reciclatge en general.

UK Research and Innovation

i

Model F-150 de Ford.

El 2015, Ford va canviar la carrosseria de la seva camioneta F-150 a alumini. Va ser llavors quan el fabricant d'automòbils va implementar un procediment de reciclatge avançat per recuperar la major quantitat d'aliatge possible en excés.

Aquest sistema de reciclatge es basa en utilitzar els residus d'alumini dels processos d'estampació per fabricar els camions d'aquesta sèrie. Els residus són triturats i es classifiquen automàticament, mitjançant un sistema digitalitzat, segons el grau d'aliatge.

Cada mes es fabriquen a les dues plantes dels EUA uns 30.000 xassís per al Ford F-150 amb alumini de deixalles procedents d'altres processos de producció.

Ford Authority

i

Projecte REALCAR (“Recycled Aluminium CAR”)

Jaguar Land Rover ha invertit en nous i millorats sistemes de segregació a tres dels seus tallers de premsat. Aquests sistemes separen la ferralla d'alumini segons el grau d'aliatge, la qual es fon i es reconstitueix en un nou aliatge d'alumini (fàcil de ser reciclat) que ha desenvolupat l'empresa recicladora d'alumini en el marc d'aquest projecte (Novelis).

S'han aconseguit recuperar més de 30.000 tones d'alumini en un any i fabricar cotxes que contenen fins a un 50% d'alumini reciclat.

UK Research and Innovation



Per tant, es conclou que, una vegada superada la limitació de separar correctament l'alumini, independentment dels aliatges, aconseguint obtenir alumini d'elevada puresa, la principal limitació perquè l'alumini utilitzat en la fabricació de vehicles procedeixi únicament de ferralla, és que la demanda total d'aquest material per a la fabricació d'automòbils (508.074 tones a Espanya – 2019) és superior a l'alumini secundari produït (360.000 tones a Espanya – 2019).



Les **barreres principals** per incrementar l'ús d'alumini reciclat en la producció de vehicles són:

- Aconseguir un alt grau de puresa a l'alumini secundari, superant el repte de la correcta separació dels diferents aliatges d'alumini, degut a la gran complexitat dels productes finals.
- La manca de ferralla d'alumini, i la demanda és superior a l'oferta.

2.3. Plàstic

▪ Principals tipus de plàstic utilitzats en la fabricació de vehicles.

Els plàstics són materials formats per compostos orgànics de cadenes llargues i d'elevat pes molecular anomenats polímers. Són sòlids a temperatura ambient que s'estoven i fonen a elevades temperatures, donant-los la capacitat de poder ser modelats per a diferents aplicacions i usos.

Entre les propietats dels plàstics cal destacar que són baixos conductors elèctrics i tèrmics, tenen una elevada combustibilitat i plasticitat, i presenten una elevada resistència mecànica i química.

Actualment s'usen al voltant de 39 tipus de plàstics i polímers diferents en la fabricació d'un automòbil, sent els més comuns els següents:

Tabla 3. Principals tipus de plàstics utilitzats en la fabricació de vehicles.

Nom	Principals característiques	Usos en vehicles
Acrilonitril Butadiè Estirè (ABS)	Impermeable amb resiliència a baixes temperatures.	Parts de la carrosseria, taulers i panells.
Polietilè d'Alta Densitat (HDPE)	Alta resistència als impactes i la humitat a més de bona duresa.	Tancs de combustible i aïllants elèctrics.
Poliamida - PA	Alta resistència mecànica al desgast.	Usat en engranatges, revestiments interiors i casquets.
Tereftalat de Polibutilè (PBT)	Resistent a la calor i retardant al foc.	Para-xocs.
Policarbonat (PC)	Excel·lent resistència a la intempèrie i impacte gràcies a la seva única combinació de duresa i rigidesa.	Fars de les llums, para-xocs i sensors.



Nom	Principals característiques	Usos en vehicles
Tereftalat de Polietilè (PET)	Resistència química i facilitat en la creació de fibres sintètiques.	Motllures en interiors i retenidor de fars.
Poliacetal (POM)	Rígidesa i límit elàstic a més de molt estable a baixes temperatures.	Tancs de combustible, motllures exteriors i engranatges.
Polipropilè (PP)	Fort i resistent a molts solvents químics, bases i àcids.	Fibres de tapats, para-xocs i tancs, aïllament de cables.
Èter de Polifenilè (PPE)	Permet dissenys complexos.	Panell d'instruments i carrosseria.
Poliuretà (PUR)	Resistència a l'abradió i temperatura.	Com a espuma dels seients, panells d'aïllament, compostos elèctrics, coixins i gran varietat de peces plàstiques.
Butiral de Polivinil (PVB)	Amb claredat òptica, adhesió a superfícies, duresa i flexibilitat.	Com a capa intermèdia al vidre laminat de seguretat.
Clorur de Polivinil (PVC)	Retardant al foc que pot formar components rígids o flexibles.	Per motllures interiors, tapisseria i carrosseria.
Plàstic Reforçats amb Fibra de Carboni (CFRP)	Amb fibra de carboni que redueix el seu pes millorant la seva duresa i resistència a la corrosió.	En carrosseries, para-xocs, portes i seients del darrere.

Font: Reciclaje Automotriz. Plastic Market Watch.

▪ Producció i consum de plàstic.

Els compostos emprats per produir plàstic s'anomenen polímers i poden ser naturals (midó o cel·lulosa) o d'origen sintètic (a partir del petroli).

La producció del plàstic comença amb la refinació de les matèries primeres (ex. petroli cru) per eliminar les partícules no desitjades. D'aquest procés de refinació del petroli se n'obtenen els monòmers.

Posteriorment té lloc la polimerització, que consisteix en una reacció química mitjançant la qual monòmers com l'etilè, propilè i butilè, es combinen per crear una cadena més llarga, en què es repeteixen les estructures de les cadenes primitives, donant lloc al polímer que conforma el plàstic.

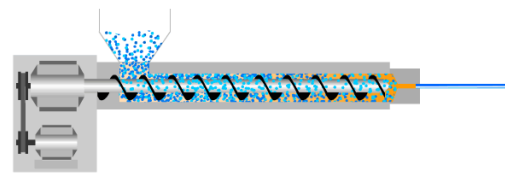
A continuació, s'hi afegeixen els additius que permeten obtenir les propietats desitjades i adequar-los a les necessitats del mercat i als requeriments de cada aplicació. Per exemple, estabilitzadors que protegeixen el material d'agents externs, plastificants que atorguen flexibilitat al polímer i pigments que afegeixen color als plàstics.

Finalment, té lloc el modelat que li dona forma i acabat al material plàstic, existint els processos principals següents ¹⁸:

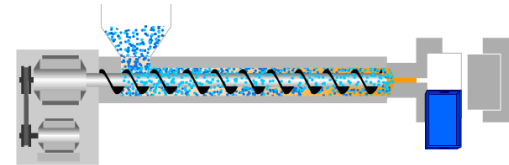
¹⁸ Font: Associació Espanyola d'Industrials de Plàstics (ANAIP).



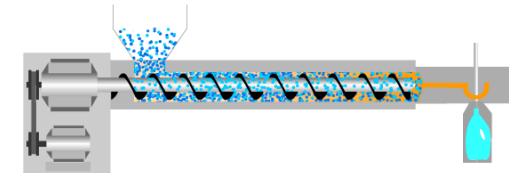
Extrusió: els grànuls de plàstic s'introdueixen en un extrusor de cilindre, on es fonen mitjançant l'energia generada per un torn giratori i surten per un filtre que dona forma cilíndrica al producte final (ex. tubs, barres, varetes, etc.).



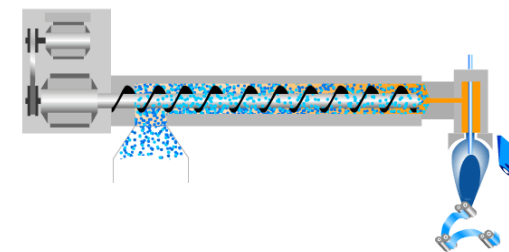
Inyecció: el polímer fos al cilindre extrusor s'injecta en un motlle i un cop el plàstic s'ha solidificat, el motlle s'obre i la peça és expulsada (ex. per crear caixes).



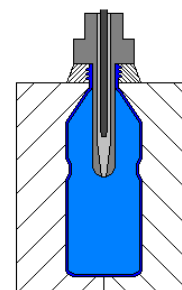
Extrusió de bufat: l'extrem final de l'extrusor de cilindre compta amb un motlle que per un raig d'aire s'omple amb el polímer fos que pren la forma del motlle. Quan el plàstic es refreda, el motlle s'obre i s'obté el producte amb forma d'ampolla o qualsevol altre cos buit.



Extrusió de film de bufat: igual que en el cas anterior, s'utilitza un extrusor de cilindre que fon els polímers, però a la sortida del cilindre, el polímer fos passa a través d'un tub on es dilata en forma de globus gràcies a un raig d'aire injectat ascendentment per l'interior de la bombolla creada. Al final de la bombolla, el film passa per uns rodets on es recull. D'aquesta manera, es poden fabricar bosses de plàstic, per exemple.



Injecció de bufat: la preforma del polímer que es transformarà és introduïda dins un motlle amb la forma del producte buit desitjat. A continuació, s'introdueix un raig d'aire que fa que el material s'expandeixi i adquireixi la forma del motlle. Quan es refreda, s'extreu el producte. D'aquesta manera es fabriquen moltes peces i productes, com ara ampolles de plàstic.

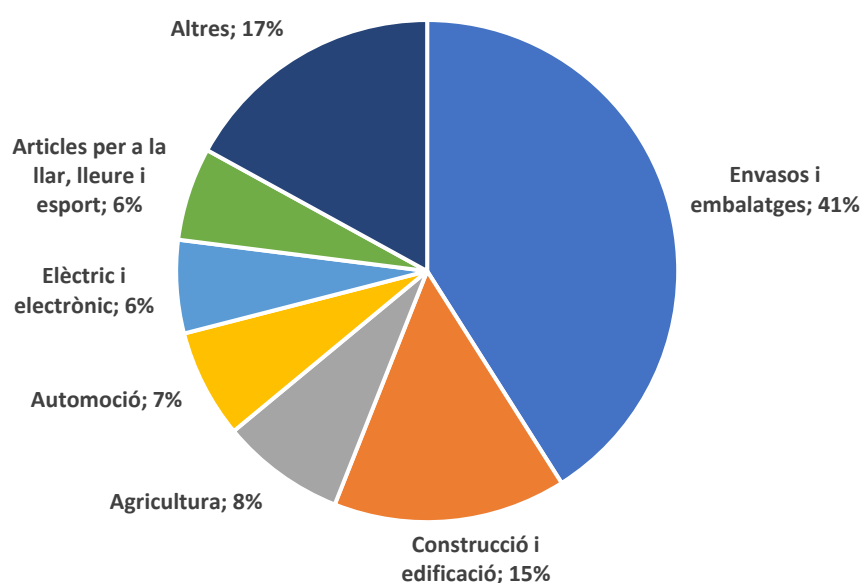




Pel que fa a la producció i el consum de plàstic en xifres, en base a les dades de l'anàlisi del sector realitzat per Plastics Europe l'any 2020, Espanya va produir un total de 4.880 kt, de les quals 4.220 kt provenen de processos de polimerització¹⁹, a partir de matèries primeres del reciclatge químic, així com d'origen biològic, provinents de la captura de carboni²⁰ i d'origen fòssil, i 660 kt del reciclatge mecànic.

Aquest material plàstic produït va ser consumit principalment al sector envasos i embalatges (41%), seguit de la construcció i edificació (15%). Altres sectors com l'agricultura, l'automoció (7%), l'elèctric i electrònic, i articles per a la llar, el lleure i l'esport van suposar un 27% del total.

Figura 24. Consum de plàstic per sectors, Espanya (2020).



Font: Plastics Europe.

Del total de plàstic consumit a nivell nacional a la indústria automotriu, el 12% és utilitzat a Catalunya i el 20% a la Comunitat Valenciana.

■ Plàstic reciclat.

L'aprofitament de residus plàstics post consum a través del reciclatge depèn directament de l'eficiència en la recollida i la separació. Per exemple, les taxes de reciclatge dels residus de plàstic són deu vegades més grans quan es recullen separats de la resta de residus, comparat amb sistemes de recollida combinats²¹.

A Europa, la classificació dels residus plàstics durant el procés de recollida i/o separació es fa segons el codi d'identificació definit per la Unió Europea, basat en el tipus de polímer present: PET (1), HDPE (2), PVC (3), LDPE (4), PP (5), PS/EPS (6) i Altres (7).

¹⁹ No inclou elastòmers, adhesius, revestiments i segellants.

²⁰ La Captura i Ús de Carboni (per exemple, CO₂) per a la producció de plàstics encara no es fa servir a Espanya a escala industrial.

²¹ Plastics Europe.

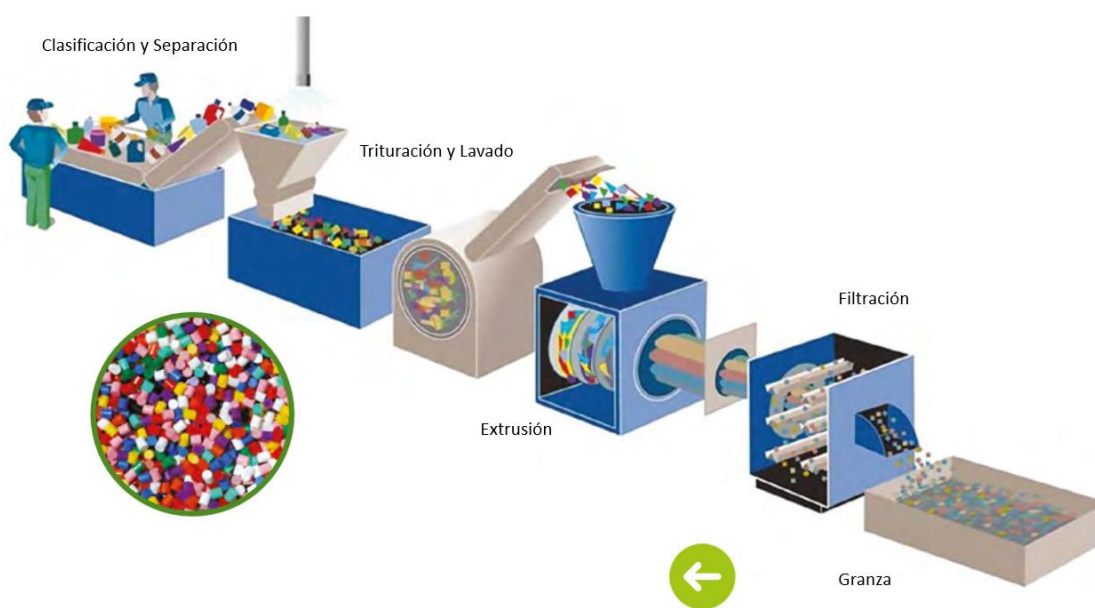


El procés de reciclatge del plàstic es pot realitzar mitjançant dues rutes, mecànica i química, sent la mecànica el mètode més estès al món. Cada ruta compta amb un pretractament similar el qual consta de les fases següents:

1. Recollida de plàstics i entrega a les plantes de selecció.
2. Separació per tipus segons el codi d'identificació definit per la UE, a més de ser posteriorment separats per color, gruix i ús.
3. Triturat dels residus plàstics en peces petites (gransa), cosa que facilita el posterior processament i la neteja.
4. Rentat de les peces per remoure les impureses i/o traces presents com ara: terra, menjar, líquids i etiquetes; aquestes són remogudes per diferència de densitat.

Acabat el pretractament, el **reciclatge mecànic** es basa en la fosa de les peces triturades i rentades mitjançant extrusió, donant lloc a una massa uniforme. Posteriorment, el plàstic passa per un procés de filtratge (sistema de malles molt fines) per retenir qualsevol impuresa residual dels processos anteriors de neteja. Finalment, el plàstic surt en forma de monofilaments que en contacte amb l'aigua dipositada en una banyera es refreden i són tallats per obtenir el gra o la gransa requerit per les empreses que li donen la forma final.

Figura 25. Procés de reciclatge mecànic del plàstic.



Font: Ecoplas.



D'altra banda, el **reciclatge químic** consisteix a descompondre les grans cadenes moleculars que formen els plàstics (polímers) en molècules més senzilles (monòmers) que serveixin de matèria primera a la indústria química. Aquesta degradació dels materials plàstics es realitza per mitjà de piròlisi, gasificació o despolimerització. Aquesta tecnologia permet tractar més fàcilment plàstics de procedència diversa, termoplàstics multicapa o productes que ja han estat sotmesos a diversos cicles de reciclatge mecànic i mostren un minvament en les seves propietats. Tot i això, aquest procés encara es troba en una fase primerenca d'aplicació a grans escales i requereix grans quantitats d'energia.

i

Espanya ha aprovat considerables inversions (de 2.600 milions d'euros el 2025 a 7.200 M€ el 2030) al sector del plàstic amb l'objectiu de multiplicar per 40 la capacitat de tractament de residus mitjançant reciclatge químic. L'objectiu és assolir el mig milió de tones el 2025.

Espanya és el primer país de la Unió Europea a incloure el reciclatge químic a la normativa de reciclatge de plàstic (Llei de Residus i Sòls Contaminats per a una Economia Circular).

Plastics Europe

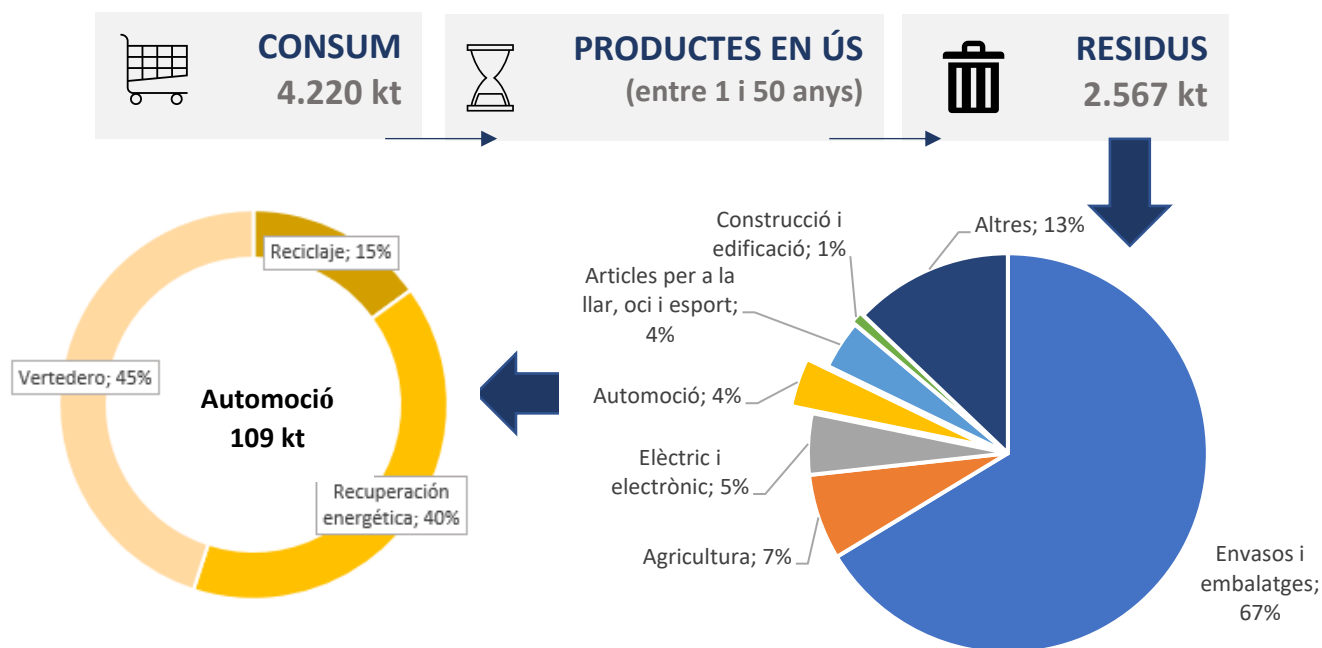
Cal destacar que el 60% dels productes i components plàstics tenen una vida útil d'entre 1 i 50 anys²², sent aquest el temps que triguen a convertir-se en residus. Aquest fet explica que la quantitat de residus per a un determinat any sigui considerablement més baixa que el total de productes i peces de plàstic posats al mercat el mateix any.

En aquest marc, a Espanya, l'any 2020 es van produir 2.567 milions de tones de residus plàstics procedents principalment d'envasos i embalatges (67%). Pel que fa als residus plàstics procedents de l'automoció, aquests van suposar un 4% del total dels residus plàstics recollits i seleccionats, destacant que únicament un 15% es van reciclar, i la majoria van ser destinats a recuperació energètica (40%) i a abocador (45%).

²² Plastics Europe.



Figura 26. Residus de plàstic per sectors Espanya (2020)



Font: Plastic Europe.

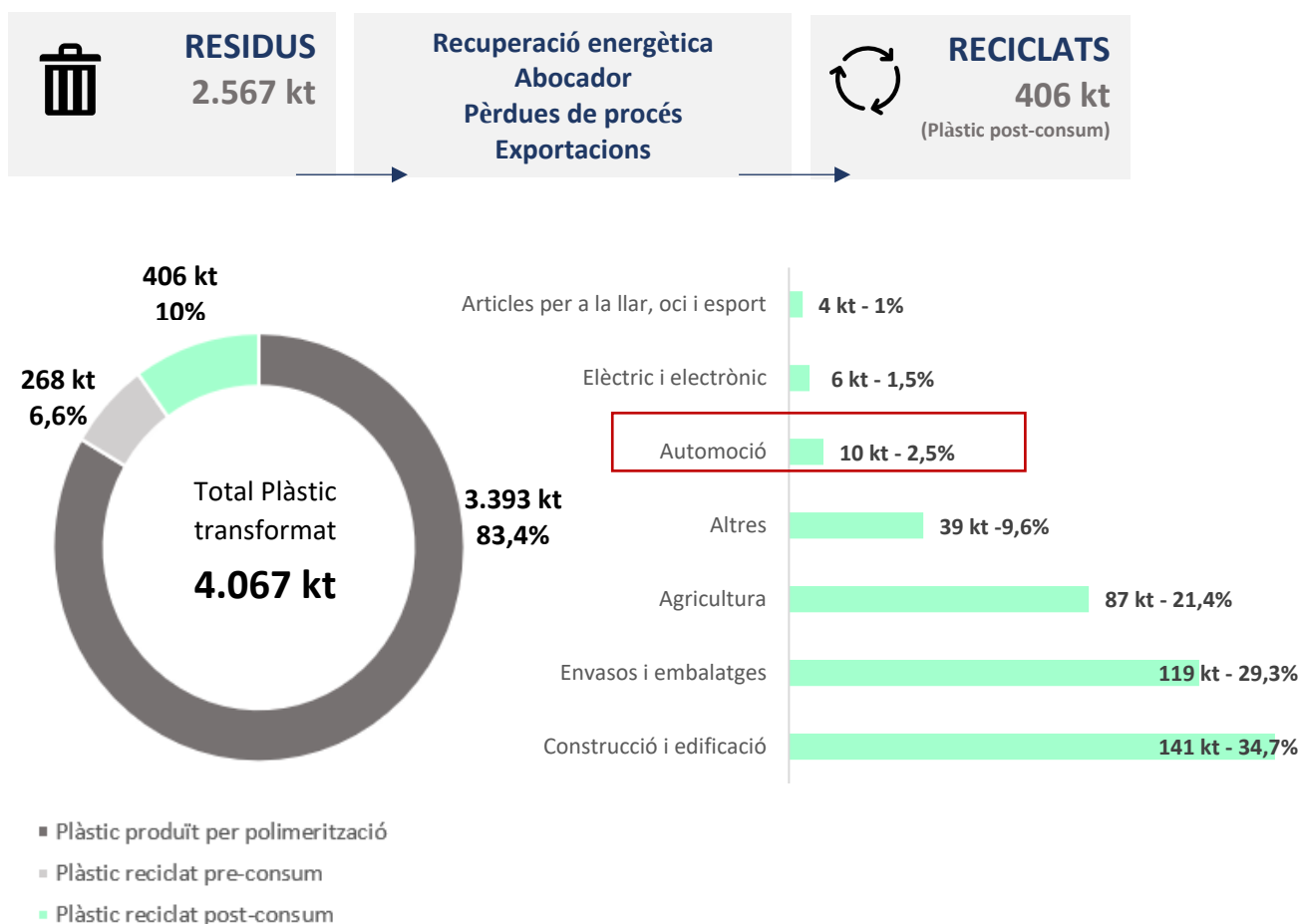
Dels 2,567 milions de tones de residus recollits, 406.000 t corresponen a plàstic reciclat postconsum²³ que es van transformar en nous productes²⁴. Aquesta quantitat de plàstic reciclat postconsum representa el 10% del total de plàstic posat al mercat (plàstic transformat).

²³ Xifra restant després de considerar que part dels residus es destinen a recuperació energètica o abocador. A més, dels enviats a reciclatge una part s'exporten per ser reciclats a altres països i altres es perden en el procés de reciclatge. Finalment, dels plàstics post-consum que finalment són reciclats, una part també s'exporta.

²⁴ Plastics Europe.



Figura 27. Plàstics reciclats post-consum en nous productes (2020).



Font: Plastic Europe.

Per tant, del total del plàstic reciclat post-consum (406 kt), 10 quilotoes es destinen a la fabricació de nous productes del sector automoció, quantitat que representa un 2,5% d'aquest total i un 0,25% del total de plàstic transformat (plàstic produït per polimerització, plàstics reciclat pre-consum i plàstic reciclat post-consum).

Es conclou que, en base a les dades de Plastics Europe per a Espanya l'any 2020, la quantitat total de plàstic reciclat post-consum destinada al sector automoció (10 kt) és molt reduïda en comparació al plàstic total consumit per aquest sector (295 kt). **És a dir, tan sols el 3,4% del plàstic consumit al sector automoció prové de plàstic reciclat post-consum.**

Cal destacar que la majoria del plàstic reciclat es destina a altres sectors (construcció i edificació, envasos i embalatges, agricultura i altres), limitant així la quantitat disponible per a la indústria automotriu.

Es considera que aquest percentatge podria incrementar-se reciclant més plàstic provinent dels vehicles fora d'ús, ja que, com s'ha vist a la



Figura 26, la major part es destina a abocador i a recuperació energètica, restant tan sols el 15% (16 kt) a reciclatge.

Es considera que aquest fet es deu principalment al fet que, actualment, el tractament dels VFU correspon a Centres Autoritzats de Tractament (CAT), que únicament duen a terme les tasques de descontaminació i, són els fragmentadors els que posteriorment fan una selecció dels materials d'interès a reciclar, sent aquests principalment els metalls, donant lloc a baixes taxes de reciclatge dels plàstics del vehicle.

En aquest marc, hi ha una sèrie d'iniciatives que impulsen el reciclatge dels plàstics al sector de l'automòbil.

i

El projecte LIFE CIRC – ELV, coordinat per l'Institut Tecnològic del Plàstic (Aimplas), té per objectiu implantar a Europa una nova cadena de valor, on els CAT separin els dipòsits fabricats amb polietilè d'alta densitat i els para-xocs de polipropilè abans de la seva trituració per potenciar-ne el reciclatge.

El projecte contempla l'obtenció de 12 tones de plàstic reciclat per cada miler de vehicles.

REPETCO, Recycling solutions

i

El projecte europeu NonTox, coordinat per Aimplas, té per objectiu aconseguir la recuperació fins i tot dels residus plàstics contaminats procedents de VFU, mitjançant l'eliminació de substàncies perilloses i no desitjades d'aquests residus.

mundoPLAST

i

Volvo estableix l'objectiu que, a partir del 2025, a tots els seus vehicles el 25% dels plàstics provenguin de material reciclat, utilitzant algunes de les estratègies següents: consoles fetes a partir de xarxes de pescar i cordes marítimes, seients i tapets fabricat amb fibres d'ampolles PET. Addicionalment, es fan servir els seients d'antics vehicles per crear material aïllant de so per a la construcció de noves peces de capó.

Volvo cars media

i

Audi està desenvolupant un mètode de separació física de plàstics per mitjà de la dissolució amb dissolvents, el qual permet obtenir grànuls de gran puresa després d'haver-se assecat; sense cap degradació química i romanent la cadena de polímers intacta.

Audi media center



Hi ha una **escassetat de disponibilitat de plàstic reciclat per a la producció de vehicles** pel fet que la majoria d'aquest es destina a altres sectors de producció (construcció i edificació o envasos i embalatges), i que les taxes de reciclatge de plàstic provinent de certs sectors, com l'automobilístic, encara són baixes en comparació amb les taxes de reciclatge d'altres sectors com els d'envasos i embalatges.

2.4. Cautxú

▪ Principals tipus de cautxú utilitzats en la fabricació de vehicles.

El cautxú és un polímer que trobem tant de forma natural procedent de la saba blanca (làtex) de diverses plantes tropicals, entre les quals destaca *Hevea brasiliensis*, originària de l'Amazones, com de forma sintètica a partir de polímers derivats del petroli. La principal característica del cautxú és la seva capacitat elàstica gràcies a la seva estructura molecular, la qual cosa permet que es deformi considerablement i torni a la seva forma inicial en cessar la càrrega a què està sotmès. A més, és resistent a l'abradió, bon aïllant de la temperatura i l'electricitat i impermeable.

El cautxú present als vehicles té múltiples usos entre els quals destaquen: els pneumàtics, el sistema de segellat de carrosseries o sistemes de transmissió, utilitzat per a l'antivibració, etc.

Tabla 4. Principals tipus de cautxú utilitzats en la fabricació de vehicles.

Nom	Principals característiques	Usos en vehicles
Cautxú Natural	Gran capacitat elàstica, alta resistència i impermeabilitat.	Principalment en pneumàtics.
Neoprè	Bona resistència mecànica, inflamable, alta capacitat d'adhesió.	Adhesius, juntes d'alta pressió i cinturons de seguretat.
Cautxú de Silicona	Bon aïllament elèctric, alta elasticitat i compressibilitat i excel·lent resistència a baixes temperatures.	Segellant de bateries i juntes del motor.
Cautxú de Nitril	Resistència a la compressió, desgast, calor, oli i gas.	Usat principalment per a mànegues del motor i juntes tòriques.
Cautxú EPDM	Excel·lent durabilitat i resistent a la degradació davant de condicions climàtiques.	Es fa servir en segells de portes, finestres i sostres.
Cautxú Estirè-Butadiè	Copolímer caracteritzat per la seva duresa i durabilitat.	Usat en pneumàtics i en segells del sistema de fre hidràulic.



Nom	Principals característiques	Usos en vehicles
Cautxú de Butilo	Gran flexibilitat, resistent a l'envelliment i a químics, a més d'impermeabilitat a gasos.	Mànegues, segellants, membranes i aïllants de cables, inclusivament com a capa per a pneumàtics.
Cautxú de Fluorosilicona	Gran rendiment a temperatures extremes i resistent a combustibles, olis i solvents.	Mànegues per a turbocarregadors i segelladors de connectors.
Cautxú Isoprè	Cautxú transparent amb bona resistència a la fatiga i compressió. Ideal per a baixes temperatures.	Mànegues de refredament i pneumàtics d'alt rendiment

Font: Industrial Rubber Goods, Fournier Rubber i URM - synthetic rubber information.

■ Producció i consum de cautxú.

El **cautxú natural** s'obté mitjançant el procés anomenat "sangria", que consisteix a realitzar alguns talls a l'escorça de l'arbre dels quals emana el làtex líquid. El làtex flueix cap a una copa adherida a la part inferior del tall a l'arbre, on s'emmagatzema. El mètode més comú per extreure el cautxú del làtex és la coagulació, procés que mitjançant l'addició d'un àcid qualla o espessa el poliisoprè¹ en una massa.



El **cautxú sintètic** es forma a partir d'un procés anomenat polimerització, que consisteix en la unió de molècules (monòmers) derivades del petroli en cadenes llargues (polímers). Al llarg dels anys s'han desenvolupat diversos tipus diferents de cautxú sintètic.

Ambdós tipus de cautxú són portats a plantes processadores on passen per quatre etapes principals: composició, barrejat, modelat i vulcanitzat.

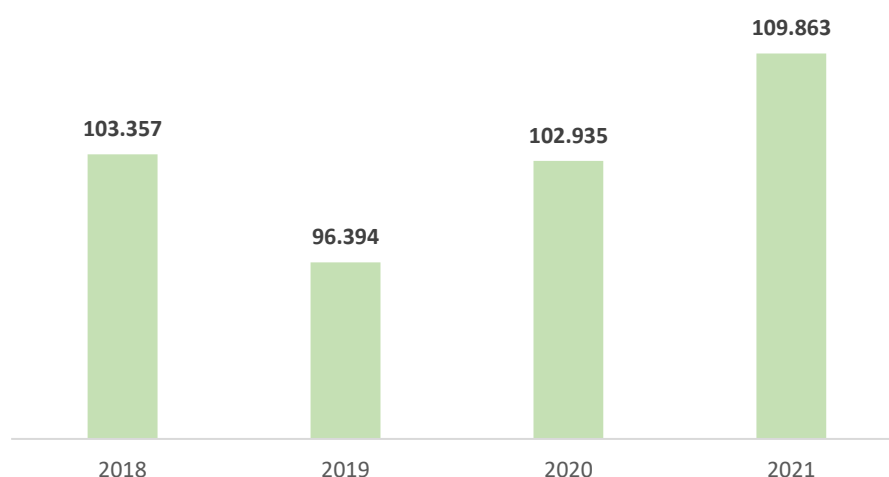
- **Composició:** consisteix en l'agregació de productes químics i altres additius per personalitzar el cautxú per a l'ús previst. Atès que el cautxú natural canvia amb la temperatura, es torna trencadís amb el fred i enganxós amb la calor, els productes químics agregats durant la composició reaccionen amb el cautxú durant el procés de vulcanització, per estabilitzar els polímers de cautxú i obtenir així les propietats desitjades.
- **Barrejat:** procés de barreja dels additius amb el cautxú. L'alta viscositat del cautxú dificulta la barreja, per la qual cosa el cautxú s'escalfa per facilitar-ne el barrejat, però sense arribar a assolir la temperatura que produeix la vulcanització. Quan el cautxú es refreda s'afegeixen els productes químics per a la vulcanització i es barregen amb el cautxú.



- **Formació:** formació de productes de cautxú principalment mitjançant quatre tècniques generals: extrusió, calandratge, revestiment o modelat i fosa. Es pot fer servir més d'una tècnica de modelatge, depenent del producte final.
- **Vulcanitzat:** procés pel qual es creen les connexions creuades entre els polímers del cautxú sotmetent-lo a baixa pressió i temperatura elevada. Menys connexions creuades entre els polímers de cautxú donen lloc a un cautxú més suau i mal·leable. Un gran nombre de connexions creuades disminueix l'elasticitat del cautxú, cosa que dona com a resultat un cautxú més dur. Sense la vulcanització, el cautxú romandria enganxós quan està calent i trencadís quan està fred, i es podria molt més ràpid.

Pel que fa a les xifres de producció, a Espanya únicament es produeix cautxú sintètic, i el 2021 s'han produït 109.863 tones. Pel que fa al cautxú natural, a Espanya es van importar 5.743 i 6.994 tones el 2018 i 2019 respectivament²⁵.

Figura 28. Volum de producció de cautxú sintètic a Espanya (tones).



Font: Statista.

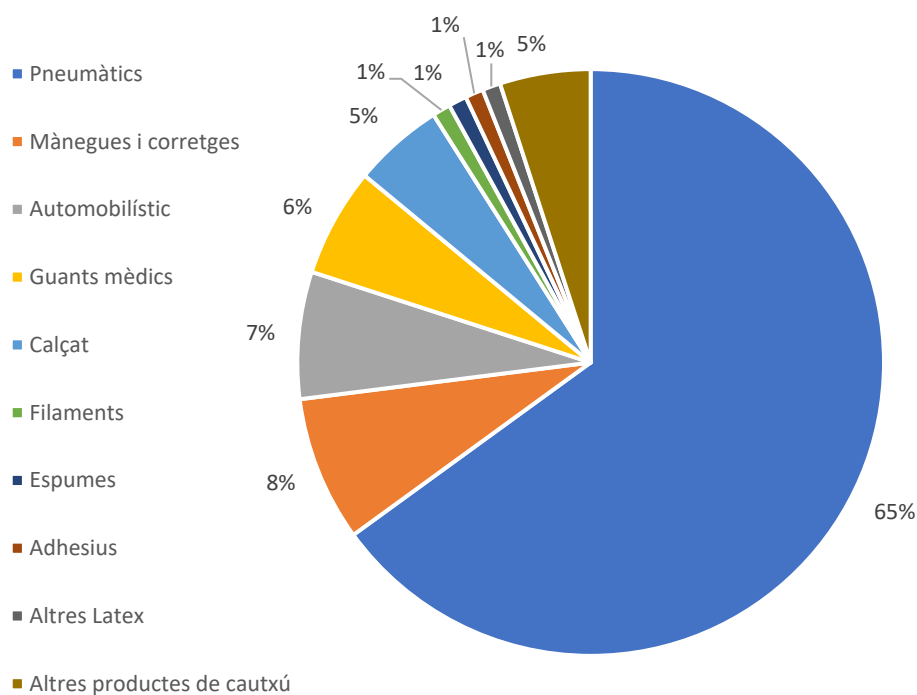
Actualment la indústria automotriu és el principal sector consumidor de cautxú, ja que aproximadament el 75% de cautxú natural produït a nivell mundial i el 60% de cautxú sintètic s'utilitza per a la fabricació de pneumàtics i productes afins²⁶.

²⁵ Informe anual de comerç exterior agroalimentari pesquer i forestal 2019. Ministeri d'Agricultura, Pesca i Alimentació.

²⁶ Rubber Industry.



Figura 29. Consum de cautxú natural per aplicació.



Font: International Rubber Study Group.

▪ Cautxú reciclat.

El reciclatge del cautxú es refereix al procés de transformar aquest material al final de la vida útil, tant d'origen natural com sintètic, en un nou producte amb l'objectiu de donar-li un nou ús. D'aquesta manera s'evita que aquests residus acabin en abocadors, particularment els pneumàtics, cosa que representa un problema per al medi ambient i per a la salut de les persones.



De conformitat amb la Llei 22/2011, de 28 de juliol, de residus i sòls contaminats, queda prohibit l'abandó, l'abocament o l'eliminació incontrolada de pneumàtics fora d'ús a tot el territori nacional.

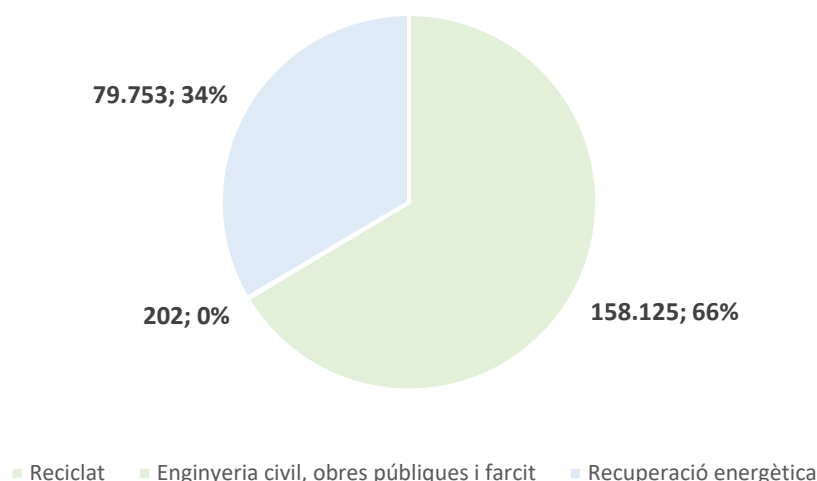
Així mateix, de conformitat amb la legislació vigent, es prohibeix el dipòsit en abocador de pneumàtics fora d'ús, amb exclusió dels pneumàtics utilitzats com a elements de protecció als mateixos abocadors

Reial decret 731/2020, de 4 d'agost, pel qual es modifica el Reial decret 1619/2005, de 30 de desembre, sobre la gestió de pneumàtics fora d'ús.



En base a les dades d'ETRMA²⁷, a Espanya el 2019 es van generar 238.080 tones de pneumàtics, dels quals un 67% es van recuperar materialment (reciclat i ús en enginyeria civil, obres públiques i farciment) i un 33% energèticament, aconseguint així tractament de la totalitat de pneumàtics fora d'ús (NFU).

Figura 30. Recuperació dels pneumàtics fora d'ús (NFU), Espanya (2019).



Font: ETRMA.

El tractament de la totalitat dels pneumàtics s'aconsegueix gràcies a la vigència del Reial decret 731/2020 l'objecte del qual és prevenir la generació de pneumàtics fora d'ús, establir el règim jurídic de la seva producció i gestió, i fomentar, per aquest ordre, la seva reducció, preparació per a la reutilització, reciclatge i altres formes de valorització, amb la finalitat de protegir el medi ambient.

i

El Reial decret 731/2020, de 4 d'agost, pel qual es modifica el Reial decret 1619/2005, de 30 de desembre, sobre la gestió de pneumàtics fora d'ús.

Les mesures més destacades són:

- La prohibició del dipòsit en abocadors de pneumàtics de grans dimensions ($\varnothing > 1.400\text{mm}$), per als quals s'incorpora un sistema de gestió.
- La responsabilitat ampliada del productor.
- Prioritat de reciclatge de pneumàtics usats que siguin gestionats.
- La prioritització de la preparació per a la reutilització, en definir les condicions que han de reunir per a la comercialització tant els pneumàtics de segon ús, com els pneumàtics recauchutats.
- Crear la secció de productors de pneumàtics al Registre de Productors de Productes.

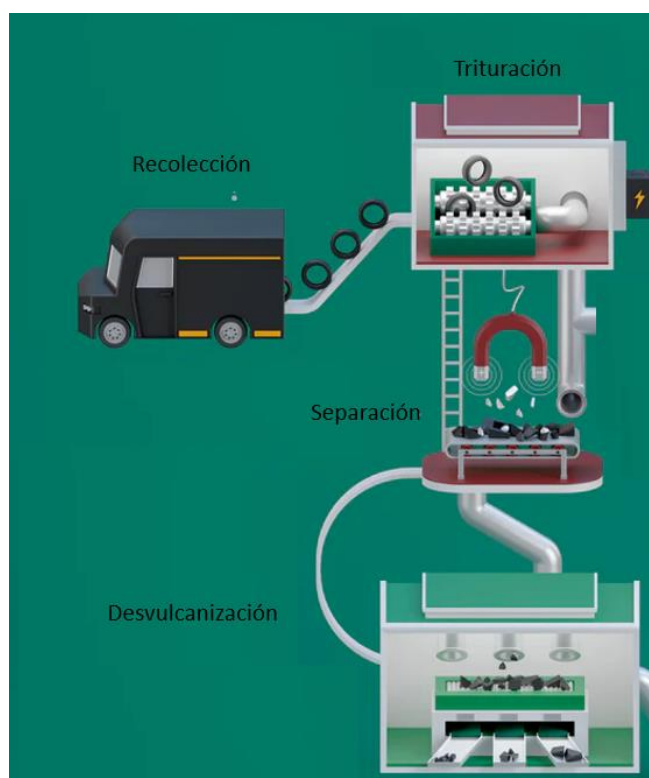
²⁷ Associació Europea de Fabricants de Pneumàtics i Cautxú.



El procés de reciclatge del cautxú consta de quatre fases principals: recol·lecció, reducció de la mida del residu, separació i finalment la desvulcanització.

- **Recol·lecció:** recollida dels productes de cautxú que es pretén reciclar. En la majoria dels casos, solen ser pneumàtics, atès que és el principal producte del cautxú.
- **Trituració:** trituració del cautxú per mitjà d'una cisalla rotativa. Aquesta trituradora compta amb dues pues que giren en sentit contrari a baixa velocitat, destrossant el cautxú a trossos i reduint la seva mida per facilitar la posterior separació i tractament.
- **Separació:** eliminació de fibres d'acer mitjançant un imant i de fibres tèxtils mitjançant equips de succió, tamisos de vent i garbells vibratoris.
- **Desvulcanització:** consisteix a trencar els enllaços químics de sofre i carboni que s'han format durant el procés de vulcanització, però sense arribar a trencar els enllaços carboni-carboni de la cadena, evitant així que es degradi el material. D'aquesta manera del residu de cautxú s'obté una nova matèria primera en forma d'encenalls o grànuls llestos per reutilitzar a més de la recuperació de les fibres d'acer i tèxtils per circular-les.

Figura 31. Procés de reciclatge del cautxú.



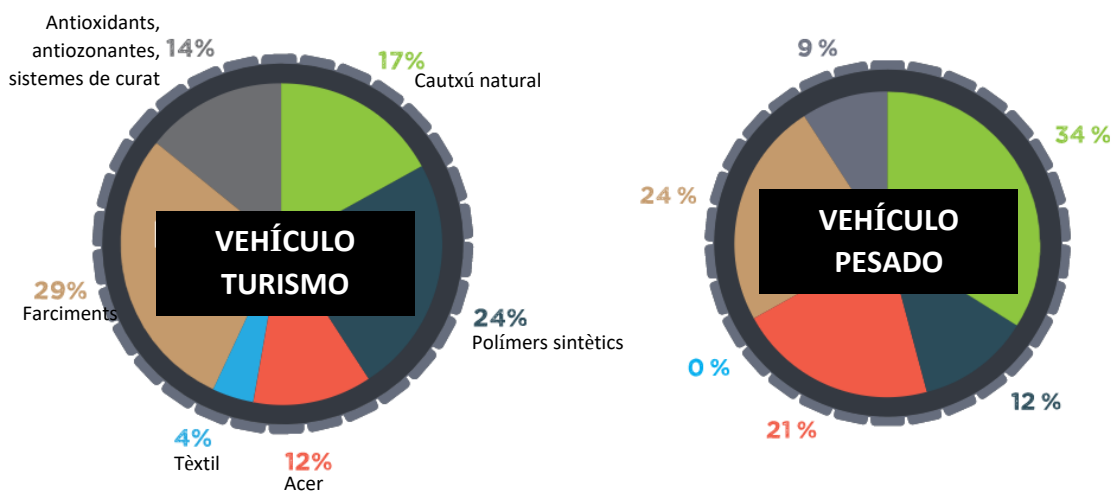
Font: Ayok design.

Tot i que el cautxú natural representa entre un 17 i un 34% del pes d'un pneumàtic, actualment aquest no es pot reciclar en la fabricació de nous pneumàtics. Això és perquè el cautxú, natural o sintètic, un cop combinat amb els principals components que constitueixen tots els pneumàtics, negre de carbó i sofre, i després d'aplicar-se calor i pressió en el seu procés de



producció, canvia les seves propietats moleculars de forma irreversible, impedit que es pugui tornar a utilitzar en la seva formulació original.

Figura 32. Composició d'un pneumàtic.



Font: European Tyre and Rubber manufacturers' association.

En aquest sentit, cal incloure cautxú en la seva formulació original per a la fabricació de nous pneumàtics, atès que, si s'hi inclogués material reciclat, s'obtidrien pneumàtics de qualitat inferior, amb una menor tracció, cosa que els fa inadequats per a ús sobre neu o altres condicions climàtiques adverses, a més de tenir una vida útil reduïda de la banda de rodament.



La **principal barrera** per a la utilització de cautxú reciclat en la fabricació de nous pneumàtics és que, actualment, no és possible recuperar la formulació original del cautxú provinent de NFU i, per tant, la qualitat del cautxú reciclat no compleix amb els requisits especificats (ex. de qualitat i seguretat) per a la fabricació de nous pneumàtics.

Per tant, els pneumàtics es destinen a reutilització o reciclatge, mitjançant valorització material en altres productes o valorització energètica.



El Pla Estatal Marc de Gestió de Residus (PEMAR) 2016-2022, estableix els objectius quantitatius següents per als pneumàtics fora d'ús per al 2020:

- Preparació per a la reutilització (segon ús i recautxutatge): mínim del 15%.
- Reciclatge: mínim del 45%.
- Valorització energètica: màxim del 40%



- **Reutilització:**

La reutilització consisteix en el recautxutatge, tècnica que consisteix a retirar la banda de rodament gastada del pneumàtic per col·locar-ne una de nova al seu lloc. Els avantatges del recautxutat és el cost més baix dels pneumàtics i l'estalvi entre un 50% i un 75% de matèria primera, així com menors emissions contaminants durant el procés de fabricació. Tot i això, els principals inconvenients són que són menys duradors, tenen menor adherència, rigidesa i precisió de conducció. És per això que els pneumàtics recautxutats no són recomanables per a turismes, sent més habitual el seu ús en vehicles de transport pesat o aeronàutic.



Un pneumàtic recautxutat estalvia:

- Entre un 50% i un 75% de matèria primera.
- Un 29% d'ús de terra, a causa de la plantació dels arbres de cautxú.
- Un 24% d'emissions de CO₂.
- Un 19% de consum d'aigua.
- Un 21% d'emissions de partícules contaminants.

European Tyre and Rubber manufacturers' association

- **Reciclat:**

D'altra banda, hi ha nombroses aplicacions del cautxú reciclat, sent la més comuna les **aplicacions en enginyeria civil**.

Si es tracten de pneumàtics sencers aquestes aplicacions varien des de protecció costanera, barreres contra l'erosió, esculls artificials, esculleres, refugis contra allaus, estabilització de talussos, terraplens de carreteres i operacions de construcció d'abocadors, barreres acústiques i d'aïllament.

Pel que fa als pneumàtics triturats, que es tallen mecànicament en fragments que varien en mida de 25 a 300 mm i s'anomenen "àrids derivats de pneumàtics", s'utilitzen principalment en carreteres i vies fèrries, com a material de drenatge en reemplaçament de sorra i grava, per a la construcció de farciments sanitaris i com a farciment de terraplens o de murs i ponts. Aquest àrid derivat dels pneumàtics és més lleuger en un 30-50%, drena 10 vegades millor i aïlla 8 vegades millor que la grava.

Entre les possibles aplicacions esmentades, una de les de més interès és la fabricació de barreges bituminoses per a carreteres. El Plec de Prescripcions Tècniques Generals per a Obres de Carreteres i Ponts (PG-3) recomana solucions amb barreges fabricades amb NFU en obres de carretera. **No obstant això, aquesta normativa limita el seu ús a la fabricació de barreges bituminoses en calent, amb betums fabricats amb cautxú de NFU per via humida, restringint la proporció de cautxú a emprar a la barreja.**

Altres aplicacions són:



- Productes de cautxú modelat com galledes d'escombraries, carretons i talladores de gespa, soles de sabates, mobiliari urbà i pals de senyalització.
- Per a terres de parcs infantils, camps de joc, pistes eqüestres, pistes d'atletisme, estoretes amortidores d'impacte per a escoles, com llambordes o rajoles per a patis i voreres de piscines, així com materials per a sostres. Els diferents materials dels pneumàtics reciclats proporcionen l'elasticitat, amortiment i drenatge que necessiten aquest tipus de terres.
- Gespa artificial. El cautxú reciclat és un material deformable, termoestable i un excel·lent aïllant. En funció de la mida del granulat, es pot utilitzar com a farciment de fibra sintètica juntament amb altres materials o per a capa d'absorció d'impacte.

Figura 33. Aplicacions del cautxú reciclat.



Font: elaboració pròpia.



2.5. Vidre

▪ Principals tipus de vidre utilitzats en la fabricació de vehicles.

El vidre és un material inorgànic que es troba a la natura i que també pot ser produït per l'ésser humà. Té un conjunt de qualitats com són la transparència, la resistència i la capacitat d'aïllament, a més de la seva condició de material inert i higiènic. Així mateix, convé destacar que el vidre posseeix uns excel·lents avantatges ecològics en ser un material reciclable. Per tot això, el vidre s'aplica actualment a una àmplia varietat d'usos.

En concret, a l'automòbil el vidre emprat és diferent de l'usat en altres productes, com per exemple, l'usat en edificis. Això és perquè el trencament del vidre en arestes tallants podria ferir els passatgers, és per això que el vidre emprat en els vehicles es fabrica principalment mitjançant dues tècniques que donen lloc a altres tipus de vidre (vidre temperat i vidre laminat), evitant així el trencament de la lluna.

Figura 34. Vidre temperat i vidre laminat.



Font: Autocasión

Tot i que tots dos tipus són adequats per evitar accidents i talls, la seva estructura i funcionament són diferents. El vidre temperat es fragmenta en petits trossos arrodonits per reduir la possibilitat que resultin tallants i perillosos i, al vidre laminat, els trossos trencats queden adherits a la làmina intermèdia de PVB (Butiral de Polivinil), evitant així la seva caiguda.

Tabla 5. Principals característiques del vidre temperat i del laminat.

Vidre temperat
– És entre 4 i 5 vegades més resistent que el vidre regular. – Té més resistència tèrmica que el vidre bàsic. – En fragmentar-se ho fa en petits trossos, disminuint el risc de talls i facilitant-ne la neteja.
Vidre laminat
– Té àmplia resistència a la penetració. – És molt segur, ja que en trencar-se el vidre roman enganxat a la fulla intermèdia. – Resisteix molt bé els cops gràcies a l'elasticitat de la cola PVB.



- Tot i l'existència d'una làmina intermèdia de PVB o altre material, no s'alteren qualitats del vidre com la transparència o la durabilitat.
- Es poden triar diferents opacitats per a les làmines i fins i tot posar-les de colors.

Font: Interempresas.

▪ **Producció i consum de vidre.**

El procés de producció del vidre comença amb la recepció de les matèries primeres necessàries per a la fabricació:

- Vitrificant: sorra de sílice.
- Àlcalis per canviar l'estat de la sílice de sòlid a líquid, pot ser carbonat sòdic o potàssic.
- Estabilitzants per reduir el desgast per la intempèrie (òxid càlcic, de magnesi o d'alumini).
- Agents d'afinament per eliminar les bombolles que es poden formar durant la fusió, com ara sodi, sulfat potàssic i càlcic.
- Petites quantitats d'altres additius per dotar el producte final de diverses característiques específiques.

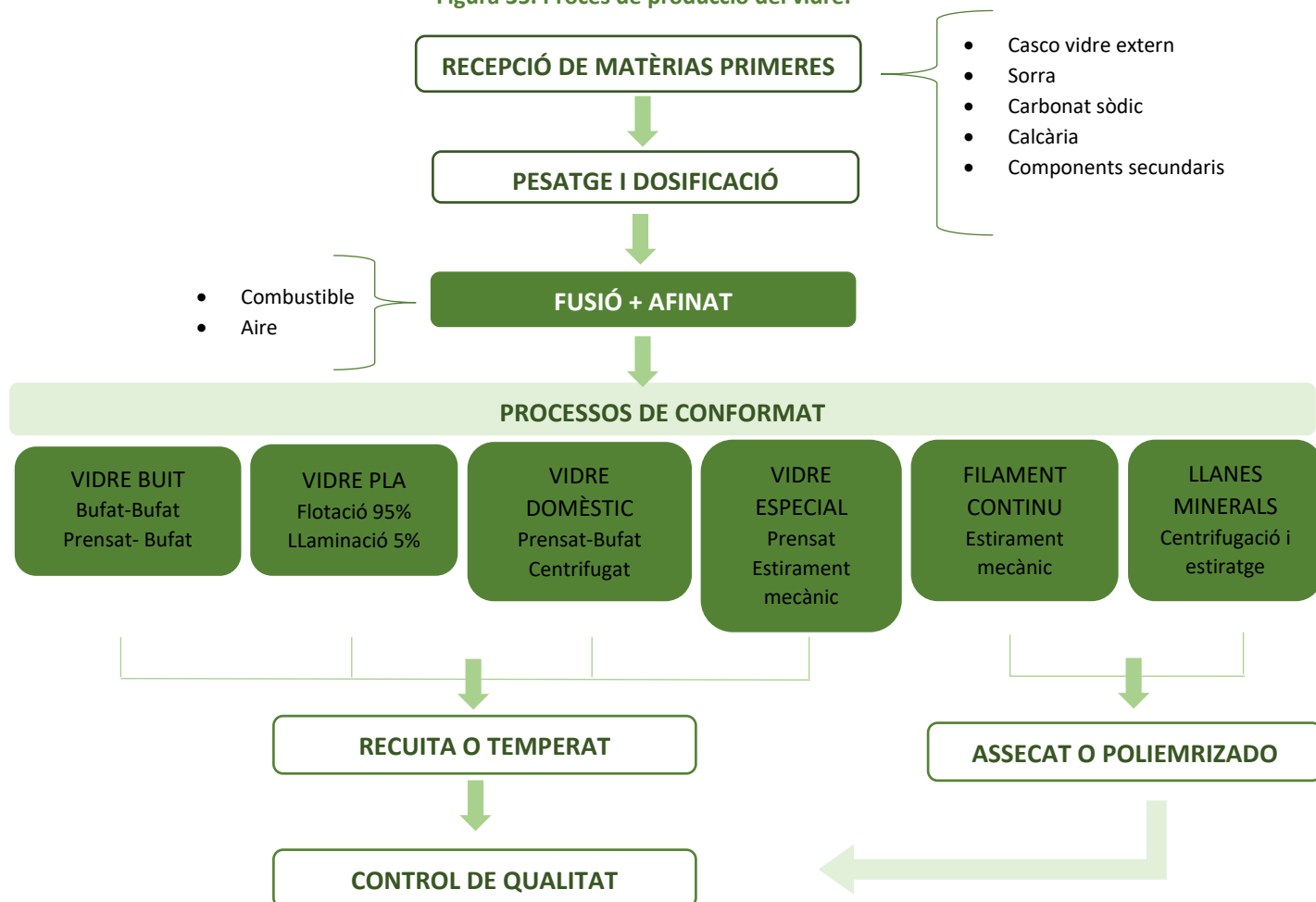
Aquestes primeres matèries es barregen en l'etapa de fusió, en què passen d'estat sòlid a líquid viscos a temperatures entre els 1.300 i 1.500 °C. Seguidament, s'homogeneïtza la temperatura del vidre acabat de fondre perquè pugui ser conformat, etapa anomenada afinat. Aquestes dues etapes són comunes a tots els subsectors del vidre, però els seus paràmetres difereixen segons el producte final que es vulgui obtenir.

Posteriorment, té lloc el procés de conformat, en què es dona forma al vidre. Com es pot observar a la figura següent, hi ha diversos tipus de conformat en funció del tipus de vidre que es vol obtenir.

Finalment, el vidre pren consistència sòlida per un refredament controlat fins a assolir el seu aspecte definitiu.



Figura 35. Procés de producció del vidre.



Font: Vidrio España.

En concret, el vidre laminat o temperat es conforma mitjançant:

- **Flotació sobre un bany d'estany.** El vidre, de menys densitat que l'estany, es distribueix sobre l'estany formant una làmina flotant, la qual és empesa per un sistema de rodets cap a un forn de recuita, on posteriorment es refreda i es talla en làmines.
- **Laminat.** Tècnica molt similar a l'anterior, amb la diferència de disposar d'un corró per donar forma i gruix a la làmina abans de tallar-la.

Figura 36. Conformació del vidre per flotació.



Font: Àrea Tecnologia.



i

La producció de vidre temperat difereix de la del laminat a:

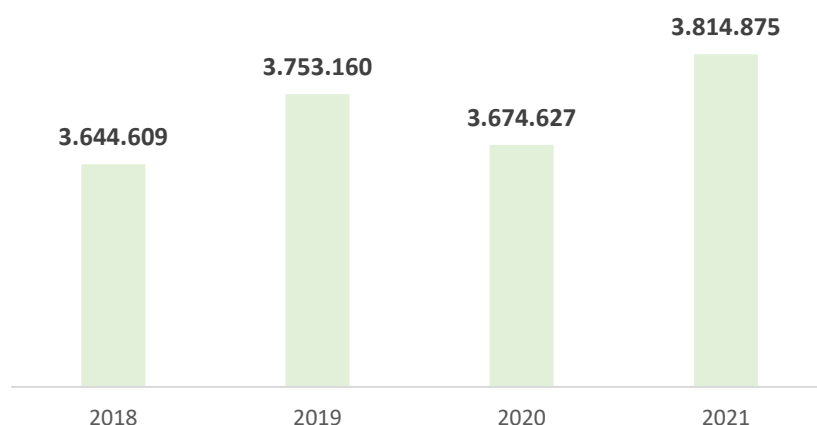
El vidre **temperat** s'escalfa a uns 650 graus fins a quedar plastificat i després es refreda bruscament amb aire, aconseguint més resistència estructural.

El vidre **laminat** es compon de dues o més fulles de vidre monolític unides entre si per una o diverses làmines de PVB.

Megaglass

Pel que fa a la producció del vidre en xifres, a Espanya, l'any 2019 es van produir 3,7 milions de tones d'aquest material.

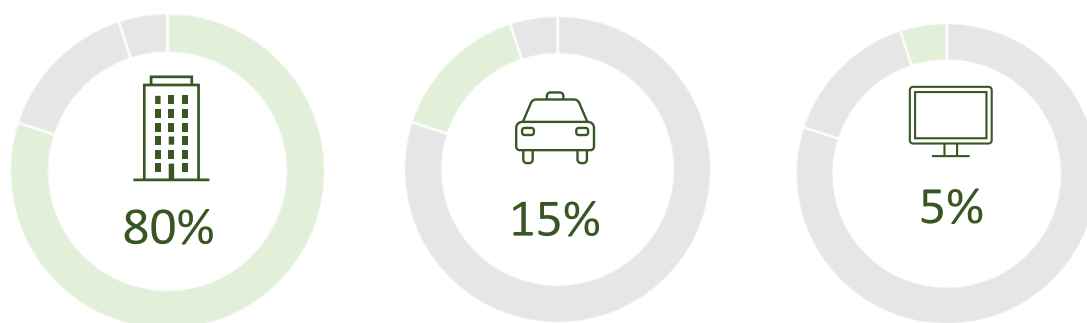
Figura 37. Producció de vidre en tones, Espanya (2019).



Font: Vidre Espanya.

Pel que fa al consum, a nivell europeu, la construcció d'edificis utilitza la major part del vidre produït (80%), seguit, amb un percentatge significativament menor, per la indústria automobilística (15%).

Figura 38. Consum de plàstic per sectors, Europa (2020).



Font: Glass for Europe.

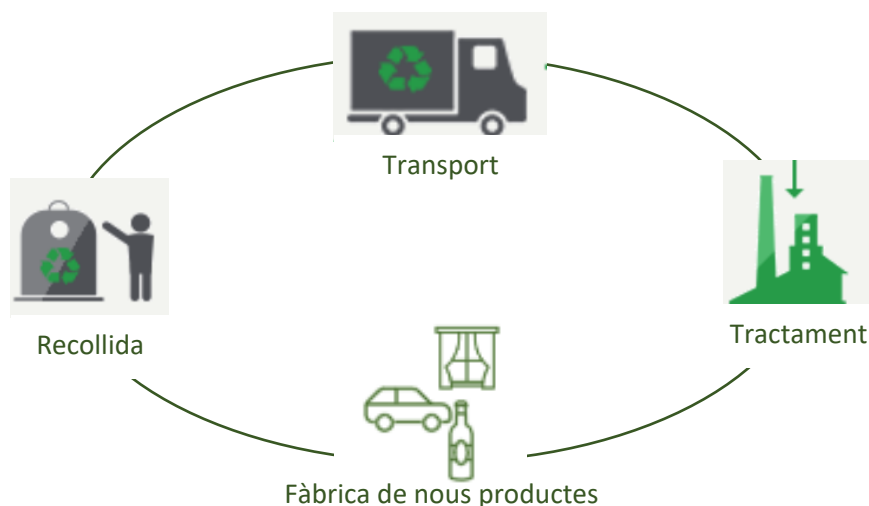


▪ Vidre reciclat.

Independentment de les vegades que es recicli, el vidre manté el 100% de les propietats inicials.

El procés de reciclatge comença amb la recollida del vidre de rebuig, ja sigui mitjançant recollida selectiva per part dels ciutadans i comerços, o a través de gestors autoritzats de residus per part de les empreses i indústries. El vidre recollit és transportat a plantes de tractament on es neteja per eliminar impureses i es retiren tapes, taps, així com restes de metall o plàstics. Un cop net i seleccionat, el vidre es tritura. Posteriorment, el vidre triturat passa per unes màquines amb lectors òptics que eliminen qualsevol resta opaca d'un altre material, obtenint com a resultat el calcí. Aquest material són petits trossos de vidre net que es converteixen en matèria primera per generar nous productes.

Figura 39. Procés de reciclatge del vidre.



Font: Elaboració pròpia.



Per cada 6 tones de vidre que es reciclen, es redueix 1 tona de CO₂.

Safelite. Autoglass

En el cas dels vehicles fora d'ús, el reciclatge del vidre és obligatori segons establert a l'Annex IV del Reial Decret 20/2017, de 20 de gener, sobre els vehicles al final de la seva vida útil.



No obstant això, en el cas dels parabrises dels cotxes, **la làmina de PVB existent entre les dues fulles de vidre, en dificulta el procés de reciclatge.**



En aquest marc, la barrera del reciclatge dels parabrises ha estat vençuda recentment. La tecnologia disponible per poder reciclar els vidres laminats dels vehicles és relativament actual, va ser aproximadament fa 20 anys quan va començar el reciclatge d'aquests materials²⁸ i actualment segueix en procés d'evolució i millores. Dues de les metodologies utilitzades per separar el PVB del vidre són:

i

Els parabrises es deixen a l'aire lliure entre 2 i 6 mesos perquè les condicions meteorològiques separin les dues capes de vidre de la làmina intermèdia. Un cop els materials han estat separats, es classifiquen els diferents trossos del vidre segons la mida. Finalment, aquests trossos es tornen a fondre per fabricar nous productes de vidre, incloent-hi nous els components vitris dels vehicles.

Carglass

i

La làmina de vidre es tritura per ajudar a separar les pedres de vidre de la capa intermèdia de PVB, així la lamina entra en una màquina que sacseja cada peça de vidre perquè la capa interna de PVB quedi exposada i es pugui retirar.

Smiley's glass.

Així, el vidre reciclat dels VFU s'utilitza com a matèria primera secundària en la producció d'innombrables nous productes d'aquest material, com ara: ampolles, gots, pots, superfícies d'edificis, finestres, elements vitralls de nous vehicles, etc.

3. El sector de la producció de vehicles a les Illes Balears

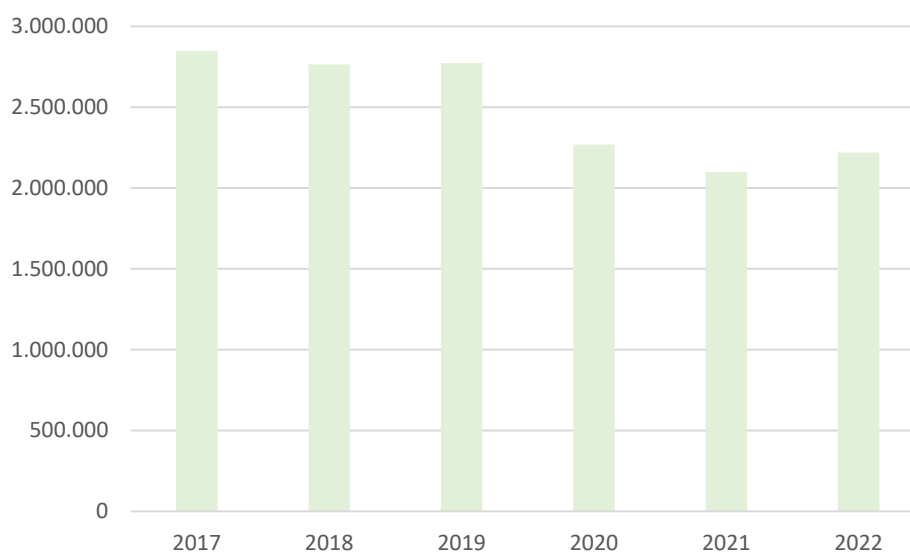
La producció de cotxes a Espanya ha estat històricament una part important de l'economia del país, sent un dels principals productors d'automòbils a Europa, amb diverses plantes de fabricació d'automòbils tant de marques nacionals com internacionals.

Segons dades de l'Associació Espanyola de Fabricants d'Automòbils i Camions, la producció de vehicles va tancar l'any 2022 amb una xifra de 2.219.462 unitats, un 5% més que l'any anterior. Tot i que son xifres millors que les registrades en 2021, la producció de vehicles a Espanya encara no ha recuperat les xifres prèvies a la pandèmia de la Covid-19. En aquest últims anys, a més el sector s'ha vist afectat per la crisi dels microxips i el context d'incertesa econòmica.

²⁸ Smiley's glass.



Figura 40. Producció anual de vehicles a Espanya



Font: Associació Espanyola de Fabricants d'Automòbils i Camions.

Pel que fa a les Illes Balears, la indústria de l'automòbil no és tan prominent com en altres regions d'Espanya a causa de la seva condició insular i al turisme com a principal motor econòmic. Respecte a les matriculacions, la regió insular representa un 2% de la matriculació nacional de turismes i tot terrenys (amb 17.076 unitats matriculades en 2021).

Valor 2030: Superació de les barreres a la utilització de matèries primeres secundàries als principals sectors industrials



SECTOR: QUÍMICA DE BASE

JUNY 2023

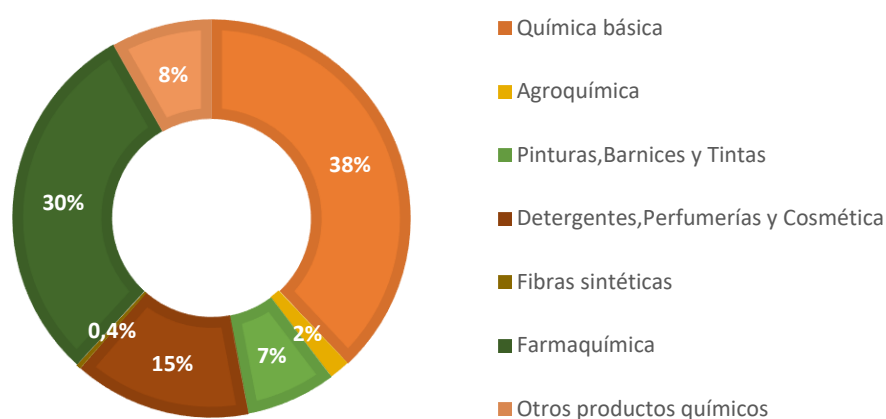
Índex del document

1. Producció de productes químics.....	3
1.1. Principals processos de la química orgànica de base.....	4
1.1.1. Extracció i transport de les matèries primeres. Petroli i gas natural	5
1.1.2. Processos i productes de refineria	6
1.1.3. Producció de combustibles i altres productes de refineria a partir de matèries primeres renovables i/o secundàries.....	17
1.1.4. Indústria petroquímica.....	21
1.1.5. Matèries primeres plàstiques i per a la fabricació de cautxú i làtex.....	26
1.1.6. Producció de matèries primeres petroquímiques a partir de matèries primeres renovables i/o secundàries	29
1.1.7. Producció de productes químics inorgànics.....	31
1.2. Sistemes de recollida de productes químics	33
2. El sector de la química de base a les Illes Balears	34

1. Producció de productes químics

La indústria química s'encarrega de l'extracció i la transformació de matèries primeres, tant naturals com sintètiques. A grans trets, dins del sector hi ha dos tipus d'indústria fonamentals: la química bàsica i la química de transformació. La química bàsica té com a objecte la producció de matèries primeres bàsiques, que són tractades per la indústria química de transformació per elaborar productes finals. Així, la química de base inclou activitats destinades a l'extracció de les matèries primeres i la fabricació de productes químics bàsics, compostos nitrogenats, fertilitzants, plàstics, cautxú sintètic en formes primàries, gasos industrials, colorants i pigments i altres productes bàsics de química inorgànica i orgànica. D'altra banda, la química de transformació fabrica a partir d'aquests compostos químics bàsics una infinitat de productes comercials com ara detergents, combustibles, fàrmacs o fibres tèxtils.

Figura 1. Distribució de la xifra de negoci de la Indústria Química per sectors (%)



Font: elaboració pròpia a partir de dades de FEIQUE i INE.

En aquest informe s'analitzen els processos i els productes associats a la química de base; en ser la fase en què s'incorporen els materials al cicle productiu. Així mateix, dins d'aquesta, es tracten els processos i productes associats a la química bàsica, tant orgànica com inorgànica.

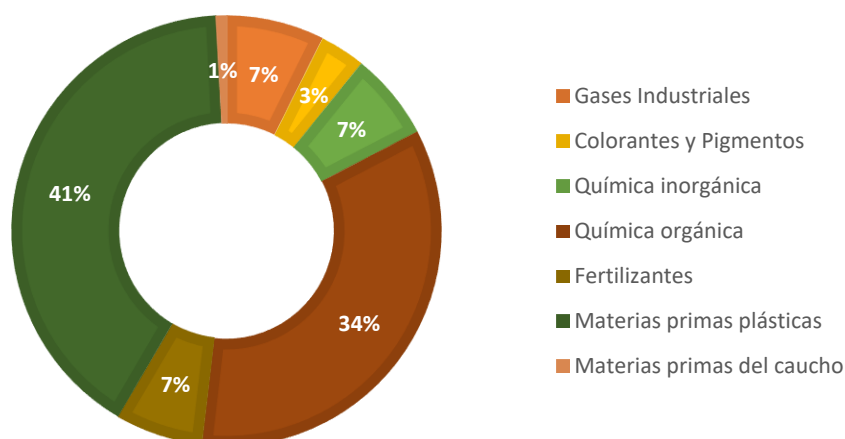
Principals productes de la química orgànica de base

- Combustibles (matèries primeres fòssils).
- Altres productes derivats de la refinaria (asfalt, lubricants...).
- Matèries primeres de la indústria petroquímica per a la producció de plàstics, com polièsters, poliamides, productes de polimerització, poliuretans, etc.
- Matèries primeres de la indústria petroquímica per a la producció sintètica de cautxú i làtex.
- Altres productes orgànics, com els alcohols, els àcids orgànics, els fenols, els èters, els compostos nitrogenats, etc..

Principals productes de la química inorgànica de base

- Matèries primeres per a la indústria dels fertilitzants.
- Àcids i bases.
- Sals minerals.

Figura 2. Distribució de la xifra de negoci de la Indústria Química de base per sectors en 2020 (%)



Font: elaboració pròpia a partir de dades de FEIQUE i INE.

A continuació, es descriuen amb més profunditat els processos i productes més rellevants de la indústria química de base, primer orgànica i en segon lloc inorgànica.

1.1. Principals processos de la química orgànica de base

La indústria química orgànica abasta pràcticament la totalitat dels compostos del carboni, generalment **hidrocarburs amb diferents grups funcionals**. Originalment, els compostos orgànics s'obtenien a partir d'organismes vius fins que, el 1828, Wöhler va aconseguir sintetitzar urea a partir de substàncies inorgàniques. La química orgànica presenta mecanismes de reacció diferents de la química inorgànica que donen lloc a estructures moleculars diferencials (Glosario Oiltanking, 2015).

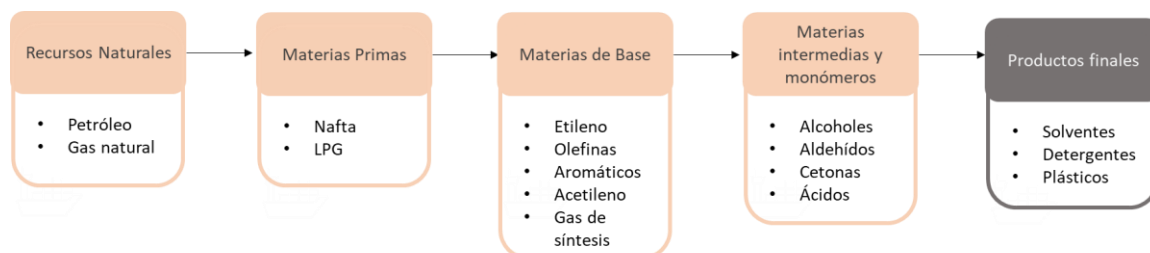
Les primeres **matèries primeres** de les quals depèn la producció d'hidrocarburs són el **petroli i el gas natural**. Amb elles s'obtenen una àmplia varietat de productes intermedis entre els quals destaquen: els combustibles, les matèries primeres petroquímiques (com les matèries primeres plàstiques o per a la producció de cautxú i làtex) i altres productes orgànics derivats de la refinaria com els olis o lubricants.

En els processos de producció de compostos derivats del petroli i el gas natural hi ha tres etapes clau: l'extracció i el transport de les matèries primeres fòssils, la refinaria d'aquestes matèries per obtenir diferents fraccions de productes i finalment, la transformació d'aquests productes intermedis en productes finals, a cadascuna de les indústries de destinació. Tot i que totes són necessàries perquè el consumidor accedeixi als productes, la química de base se centra en la segona etapa.

Principals cadenes productives de la química orgànica de base

- Obtenció de combustibles (refineria).
- Obtenció de matèries primeres petroquímica (matèries primeres plàstiques i per al cautxú i làtex sintètic).
- Altres productes derivats de la refineria (olis, etc.).

Figura 3. Principals matèries primeres, productes intermedis i finals de la química orgànica



Font: elaboració pròpia a partir de l'informe Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Large Volume Organic Chemicals, EU, 2017.

1.1.1. Extracció i transport de les matèries primeres. Petroli i gas natural

Els processos mitjançant els quals s'obtenen i transporten les primeres matèries des dels punts d'origen fins a les plantes químiques de transformació, són els següents:

Cerca i transport de cru: el petroli és un compost químic complex, constituït majoritàriament per hidrocarburs i en menor mesura nitrogen, sofre, oxigen i alguns metalls. Es troba naturalment en dipòsits de roca sedimentària d'on s'extreu a través de la perforació de pous. Aquests pous poden ser terrestres o marítims (off-shore). El cru obtingut es transporta des dels llocs d'extracció fins a les refineries mitjançant oleoductes o vaixells especialitzats anomenats petroliers (*El petroli, Fitxes didàctiques, AOP, 2003*).

Extracció i distribució del gas natural: el gas natural és un hidrocarbur en la composició del qual hi ha altes quantitats de metà (entre un 75-97%) i una proporció variable de CO₂, H₂O, butà i propà, entre altres components. El gas natural s'extreu dels mateixos jaciments on es troba el petroli i pot contenir restes d'hidrocarburs líquids en suspensió.

Al principi el gas natural que s'extreia dels jaciments de petroli es cremava com un residu a causa de la dificultat que suposava transportar-lo. Avui dia, aquest problema s'ha solucionat mitjançant **una etapa de líquefacció**, en què el gas se sotmet a temperatures molt baixes (pròximes als 160°C sota zero) passant a estat líquid. Aquest gas natural líquid es pot transportar de manera similar als combustibles líquids. El mitjà de transport més freqüent és el marítim, mitjançant **vaixells metaners**.

Finalment, quan el gas natural líquid arriba a la destinació pateix una etapa inversa de regasificació, per a continuació entrar al circuit comercial de distribució per canonades.

i

A partir del petroli i el gas natural es generen combustibles i un ampli ventall de productes del dia a dia (envasos, pneumàtics, pigments...). Tot i això, les reserves de les dues matèries primeres són limitades. Per això, s'estan fent grans esforços per trobar matèries primeres alternatives com **la biomassa agrícola, la biomassa cel·lulòsica, els olis recuperats de la indústria, els pneumàtics retirats del mercat** i altres productes generats a la pròpia indústria que poden ser valoritzats com a matèries primeres secundàries al final del seu cicle de vida.

Figura 4. Imatges d'un pou d'extracció (esquerra), un vaixell especialitzat (centre) i un oleoducte (dreta)



1.1.2. Processos i productes de refinaria

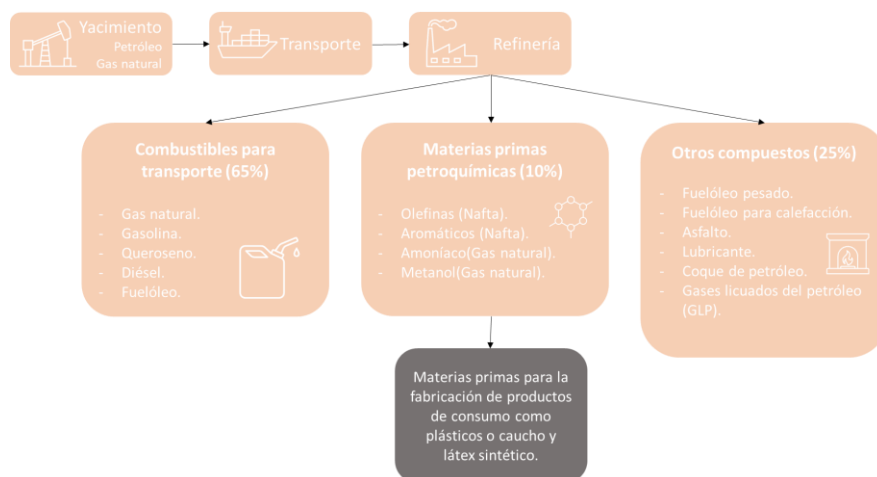
En aquesta etapa productiva, les primeres matèries extretes es transformen en productes químics finals o intermedis. Aquesta transformació té lloc en instal·lacions industrials anomenades refineries.

A la refinaria, mitjançant operacions de fraccionament se separen els diferents components continguts en el cru i el gas natural. Posteriorment, mitjançant una sèrie de reaccions de transformació, es fabriquen els productes d'interès. En paral·lel a aquestes reaccions de

transformació, tenen lloc operacions auxiliars com el tractament d'aigües residuals, el subministrament de catalitzadors, la producció d'hidrogen o la recuperació de sofre.

A continuació, es descriuen en més profunditat cadascuna de les etapes per al petroli i el gas natural.

Figura 5. Principals etapes i productes de la refineria de hidrocarburs (petroli i gas natural).



Font: elaboració pròpia a partir de dades de FuelsEurope i Eurostat.

a. Refineria del petroli

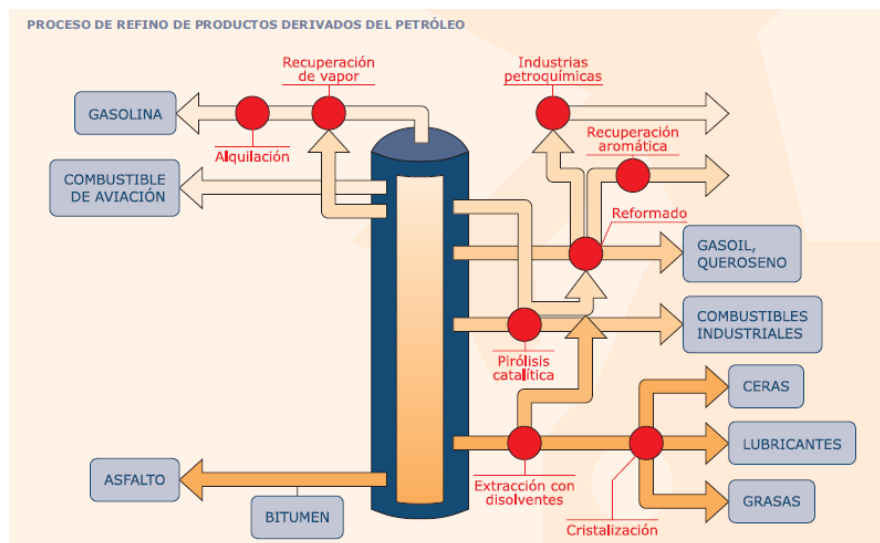
La refineria de productes petrolífers depèn del petroli cru. En el procés es distingeixen quatre operacions bàsiques: separació, conversió, tractament i formulació i la barreja dels productes (Figura 6). Cadascuna d'aquestes etapes bàsiques implica una sèrie de reaccions que s'integren entre si (Figura 7) amb l'objectiu de treure el màxim rendiment possible al cru, maximitzant la quantitat de productes d'alt valor.

Figura 6. Principals etapes de la refinaria del petroli

Procesos de la refinaria del petróleo		Finalidad	Materias primas	Productos	Residuos
Operaciones de separación	Destilación atmosférica	Separar las fracciones del crudo en función de su peso molecular	Crudo desalinizado	Gases, Naftas, Queroseno, Gasóleo	Fracción residual atmosférica (fuelóleos, alquitrán...)
	Destilación al vacío	Revalorizar la fracción residual atmosférica	Fracción residual atmosférica	Gasóleo, lubricantes.	Fracción residual de vacío (asfalto, coque)
Operaciones de Transformación	Craqueo	A través de estos procesos se descomponen las moléculas de partida, reduciéndose su peso molecular.	Destilados y algunos flujos residuales	Productos de valor añadido.	Coque, aceites de craqueo
	Coquización		Residuos (de vacío, de lodos...)	Nafta, Gasóleo, Coque	-
	Hidrocrqueo		Gasóleos y residuos (aceites de craqueo)	Productos de valor añadido.	Gases amargos
	Alquilación	Reacciones de síntesis en las que el peso molecular se incrementa (unir olefinas e isoparafinas)	Destilados de torre y craqueo	Alquilato (gasolinas de alto octanaje)	-
	Polimerización		Olefinas	Nafta, cargas petroquímicas	-
	Reformado	Cambios en la estructura de las moléculas para añadir valor a los productos (mejorar el índice de octanos).	Nafta	Productos de valor añadido.	-
	Isomerización		Butano, pentano, hexano	Formas iso.	Gases amargos
Operaciones de tratamiento	Desalinización	Estabilizar flujos de materias primas y eliminar compuestos contaminantes.	Crudo sin tratar	Crudo desalinizado	Aguas residuales
	Desasfaltado		Fracción residual de vacío	Asfalto y aceites lubricantes	Residuos aceitosos
	Hidrosulfuración		Gasóleos y fracciones residuales	Productos desulfurados	Compuestos azufrados (Gases, aguas amargas)

Font: elaboració pròpia a partir de l'Enciclopèdia de salut i seguretat a la feina.

Figura 7. Principals etapes i productes de la refinaria d'hidrocarburs.



Font: AOP.

L'operació fonamental de la refinaria del petroli és la **destil·lació fraccional**, que es fa en columnes de destil·lació. En aquesta operació els diferents components continguts al petroli se separen en diferents fraccions segons el seu pes molecular gràcies a l'efecte de les altes temperatures. Abans d'introduir-se a la columna de destil·lació, però, el petroli cru se sotmet a un procés de **dessalinització**. L'objectiu és reduir el contingut en aigua i eliminar les sals inorgàniques, sòlids en suspensió i altres impureses, que poden interferir en el funcionament correcte de la refinaria (problemes de corrosió, inactivació de catalitzadors...). En aquesta etapa, el cru s'escalfa i es barreja amb un corrent d'aigua per dissoldre i extreure'n les impureses. Per potenciar la separació entre l'aigua de rentat i el cru dessalinitzat s'hi afegeixen compostos

químics emulsionants i/o aplica un potencial elèctric. Així mateix, si la quantitat de sòlids és alta es pot afegir una etapa de decantació al pretractament.

Tot seguit, el cru rentat s'escalfa, a temperatures entre 300-400 °C, i es condueix a la **torre de destil·lació atmosfèrica**, a pressió lleugerament superior a l'atmosfèrica. És important que la temperatura es mantingui en aquest rang per evitar el craqueig tèrmic del cru (és a dir, la ruptura de les seves molècules). El fraccionament per destil·lació és un procés continu en què les diferents fraccions es van condensant i separant en funció del punt d'ebullició. D'aquesta manera, s'obtenen els compostos següents per ordre decreixent de volatilitat:

- Hidrocarburs gasosos (C_1 - C_4).
- Naftes (C_5 - C_7).
- Gasolines (C_8 - C_{11}).
- Querosè (C_{12} - C_{15}).
- Dièsel/Gasoil/ Gasoli (C_{12} - C_{15}).
- Fracció residual atmosfèrica ($+C_{15}$).

La fracció residual atmosfèrica és la més pesada i està composta per residus viscosos i enquitranats, barreges complexes de components alifàtics i aromàtics pesats, quitrans i asfalts.

i

Per tal d'aprofitar el residu atmosfèric, aquesta fracció es porta a una **torre de destil·lació al buit**. Això permet augmentar les temperatures sense perill que hi hagi craqueig tèrmic. Així, una part del residu atmosfèric es revalora en fraccions més lleugeres (que tenen una major demanda al mercat), mentre que la resta s'empra en la fabricació d'asfalt, olis lubricants i coc (BREF, EU,2015; Enciclopèdia de Salut i Seguretat en el Treball, OIT, 2012).

Les torres de destil·lació atmosfèrica i de buit constitueixen els passos fonamentals de separació del cru. A més, és comú que hi hagi diverses unitats de destil·lació atmosfèrica al llarg del procés de refinació, amb l'objectiu de separar les fraccions primàries en els seus diferents components.

i

Es poden afegir **residus ceris** generats a la **neteja dels tancs** d'emmagatzematge a la fracció residual atmosfèrica amb l'objectiu que siguin aprofitats com a combustible no lligat al transport i per fabricar asfalt i/o olis lubricants (El petroli i el seu comportament, MITECO).

i

L'etapa de destil·lació al buit genera un residu final on romanen molts dels contaminants del cru inicial. Això en dificulta la transformació en productes d'alt valor. No obstant això, pot tenir altres destins **per al seu reaprofitament**: reaccions de coc (craqueig tèrmic), hidroprocessament de residus, gasificació de residus, fabricació de betum o generació de fueloils (BREF, EU,2015).

Figura 7. Imatge d'una refineria a Portugal



A continuació, es produeix el procés de conversió, mitjançant el qual les fraccions destil·lades es porten a unitats de conversió on tenen lloc **reaccions de craqueig, combinació i/o reformat**. A través de les reaccions de conversió, es modifiquen la mida i l'estructura dels hidrocarburs, generant compostos que no es troben al cru inicial i que aporten valor als productes refinats.

El **craqueig consisteix en el trencament dels hidrocarburs** en compostos més petits, cosa que dona lloc a productes més lleugers. De vegades, durant el craqueig es donen reaccions de polimerització en paral·lel, quan es combinen entre si molècules de la barreja. Hi ha tres mecanismes principals de craqueig: el craqueig tèrmic, el craqueig catalític i l'hidrocraqueig (BREF, EU,2015; *Enciclopèdia de Salut i Seguretat en el Treball*, OIT, 2012).

Craqueig tèrmic: en aquest tipus d'operacions, les molècules d'hidrocarburs es trenquen per les condicions de temperatura i pressió. Freqüentment, les unitats de craqueig tèrmic s'alimenten amb corrents residuals (residu atmosfèric o de buit). El nivell de descomposició depèn de les condicions específiques de temperatura i de pressió i del temps de reacció. Per aturar la reacció de craqueig el corrent de sortida es posa en contacte amb un corrent de refredament. Després, en una cambra de vaporització, gràcies a la reducció de la pressió, se separen els components lleugers dels pesats. Els components lleugers es porten a una columna de fraccionament. El craqueig terme revalora fins a un 20% del residu de buit i entre un 35-45% de l'atmosfèric.

Craqueig catalític: en aquests processos es desintegren els hidrocarburs pesants en fraccions més lleugeres (querosè, gasolina, GPL i/o matèries petroquímiques) gràcies a l'acció conjunta de temperatura, pressió i un catalitzador. Generalment té lloc en tres etapes bàsiques: reacció, en la qual reaccionen el catalitzador i l'afluent; regeneració, el catalitzador es reactiva per ser reutilitzat; i fraccionament, que consisteix en la separació dels hidrocarburs craquejats. En comparació amb l'hidrocraqueig es produeix una dessulfuració limitada, ja que no es fa servir hidrogen. Les unitats de craqueig catalític fluid (FCC) són les unitats de craqueig catalític més comunes.

Hidrocraqueig: en aquests processos tenen lloc simultàniament dues reaccions: hidrogenació i craqueig. Les reaccions d'hidrocraqueig es produeixen a alta pressió parcial d'hidrogen (ambient reductor) davant d'un catalitzador metàl·lic. El corrent d'alimentació principal de l'hidrocraquejador és la fracció pesada destil·lada a la unitat de destil·lació de buit. Depenent del catalitzador elegit i la matèria primera, els productes tindran més contingut en nafta, destil·lats mitjans o olis lubricants. A l'hidrocraqueig es trenquen els hidrocarburs pesants alliberant sofre, nitrogen i oxigen. Aquestes impureses poden reduir l'acció del catalitzador. Per això, en molts casos la primera matèria se sotmet a una etapa prèvia d'**hidrotractament**. En aquesta reacció, les impureses reaccionen amb l'hidrogen i són eliminades en forma hidrogenada (H₂S, NH₃, H₂O) en una etapa posterior de deshidratació. Entre altres efectes s'aconsegueix la dessulfuració i la desnitrogenació del substrat.

Dins el craqueig tèrmic, destaca per la seva intensitat la **coquitxació (o reaccions de coc)**. Aquest procés s'utilitza principalment per reduir la quantitat de felloils residuals de baix valor, transformant una part en combustibles de transport, com ara gasolina i dièsel.

Les reaccions de coc són processos de destrucció tèrmica que tenen lloc a altes temperatures i pressions. Per això, la qualitat del substrat (en termes de metalls pesants o altres impureses) no és un factor crític. En conseqüència, la coquitxació s'aplica predominantment quan hi ha un grau d'impureses tal que el corrent no es pot transformar per processos de conversió catalítica. Són substrats típics de les operacions de coquitxació els fangs de refinaria, les sorres bituminoses, el betum, olis d'esquist, quitrà d'hulla i altres residus pesats.

Un dels processos més habituals és la **coquitxació retardada**. Aquest procés presenta rendiments superiors al 80%, és a dir, entre el 65-75% del substrat es revalora en productes lleugers.

Aquests rendiments poden optimitzar-se integrant la coquitxació amb un procés de gasificació donant lloc al que es coneix com a reacció de coc flexible (Flexicoking). En aquest cas, del 84% al 88% de l'afluent es converteix en productes gasosos o líquids. A més, pràcticament tots els metalls del substrat inicial es concentren en els sòlids residuals purgats durant el procés (BREF, EU, 2015; Enciclopèdia de Salut i Seguretat en el Treball, OIT, 2012).

En les reaccions de **craqueig catalític**, l'activitat del catalitzador es pot veure compromesa per l'acumulació de carboni residual (coc) sobre la seva superfície. Per tant, el catalitzador s'ha de regenerar contínuament.

Els catalitzadors utilitzats en les unitats de craqueig catalític són normalment materials sòlids (zeolita, hidrosilicat d'alumini, argila bentonítica tractada, terra de batan, bauxita i alúmina-sílíce) en forma de pols, grànuls o pastilles. La majoria dels catalitzadors utilitzats contenen **zeolites amb metalls** i diferents tipus **d'alúmines i argiles**. Normalment, a l'etapa de regeneració del catalitzador, les impureses són arrossegades per un corrent de vapor, netejant el catalitzador i permetent que reutilització. La quantitat de catalitzador perdut a les etapes del reactor i del regenerador s'equilibra mitjançant l'addició de catalitzador nou.

i

Les reaccions de craqueig permeten valoritzar fluxos residuals de la refinaria. Per exemple, el residu pesat generat a la columna de destil·lació al buit es pot utilitzar per obtenir fueloil sempre que es **redueixi la seva viscositat** prèviament. Per això, el residu pot tractar-se tèrmicament en unitats de **craqueig**. En condicions relativament suaus de temperatura, entre el 10-15% del residu es trenca en fraccions més lleugeres, reduint-se la viscositat.

Dins de les reaccions de craqueig, aquelles unitats en què no es requereix de catalitzadors són especialment adequades per a la revaloració de fluxos residuals. Atès que no es comprometrà cap activitat catalítica, la qualitat del flux d'entrada, en termes de metalls i sofre, no és tan rellevant. (BREF, EU, 2015; Enciclopèdia de salut i seguretat a la feina, OIT, 2012).

i

Els residus pesats generats a les unitats de craqueig es poden reciclar per refredar el corrent principal, cosa que permet aturar la reacció en el cas del craqueig tèrmic). (BREF, EU, 2015; Enciclopèdia de salut i seguretat a la feina, OIT, 2012).

i

Com a part del procés, la **coquitació** també produeix coc de petroli, que és essencialment carboni sòlid amb quantitats variables d'impureses i baix contingut en hidrogen. Per cada tona de matèria primera que entra a les unitats de coquitació es produeixen 0,13 tones de coc de petroli.

El coc de petroli es pot utilitzar per generar calor, en indústries com la cimentera, o en la indústria de metalls per produir ànodes o acer. La destinació final d'aquest residu depèn de la matèria primera a partir de la qual es va generar. Així, per exemple, els olis i residus aromàtics són matèries primeres adequades per a la producció de coc d'ànode mentre que els residus atmosfèrics o de buit donen lloc a un tipus de coc que es fa servir preferentment com a combustible (BREF, EU, 2015).

i

Al corrent principal que alimenta la unitat de **craqueig catalític** es poden barrejar altres fluxos com ara gasoil pesat procedent de la unitat de destil·lació atmosfèrica, gasoil de coquitació, oli desasfaltat i/o extractes d'unitats de tractament d'olis.



i

Al corrent principal (destil·lat pesat de la torre de buit) que alimenta l'**hidrocraquejador** es poden afegir altres substrats com olis de la unitat de craqueig catalític, els gasoils pesats de la unitat de coquitació, extractes d'olis lubricants, destil·lats mitjans, fueloils residuals i crus reduïts.

El residu pesat generat a l'hidrocraqueig s'envia a la piscina de fueloils o es processa posteriorment en un craquejador catalític o unitat de coquitació.

D'altra banda, pel que fa a la combinació, hi ha **dos processos de combinació: la polimerització i l'alquilació**. Mitjançant aquestes reaccions les olefines (alquens de baix pes molecular) generades a les unitats de craqueig (trencament de molècules) es combinen entre si per tal de fabricar gasolines de més valor afegit.

- **Alquilació:** el terme alquilació s'usa per a la reacció d'olefines amb isobutà, per formar isoparafines de més pes molecular amb un alt índex d'octans. El procés es fa a baixa temperatura i en presència d'àcids forts. Les olefines de baix pes molecular (C3-C5) i l'isobutà s'utilitzen com a matèries primeres per a unitats de llogar. Les olefines de baix pes molecular s'originen en els craquejadors catalítics i els coquitadores, mentre que l'isobutà es produeix en hidrocraquejadors, craquejadors catalítics, reformadors catalítics, unitats de destil·lació de cru i processament de gas natural. El producte resultant s'anomena alquilat. L'alquilat és un component utilitzat en la fabricació de gasolina d'alt octanatge.
- **Polimerització:** aquest procés es fa servir per convertir propè i butè en benzina d'alt octanatge. El procés és similar a la llogar en termes d'entrades i sortides, però sovint s'utilitza com una alternativa menys costosa. Les reaccions solen tenir lloc a alta pressió i en presència d'un catalitzador compost per àcid fosfòric adsorbit sobre sílice natural i extruït en grànuls o en forma de cilindres petits. En la majoria dels casos, el propens i el butè d'entrada provenen del craqueig catalític dels gasos líquats del petroli (GLP).

i

Els **processos d'alquilació** utilitzen fonamentalment dos catalitzadors àcids: l'àcid fluorhídric (HF) o l'àcid sulfúric (H_2SO_4). Sovint el reactor està connectat a una unitat de regeneració del catalitzador que separa el llogat de l'àcid. El catalitzador recuperat és reintroduït al reactor juntament amb una quantitat d'àcid nou. En el procés també es genera una fracció residual de quitrans àcids. Aquests residus es neutralitzen i moltes vegades s'incineren.

Finalment, les **reaccions de rectificació o reformat** tenen com a objectiu millorar les qualitats dels productes amb l'objectiu que s'ajustin millor al seu ús final. Algunes de les propietats clau dels combustibles refinats són l'índex de octans o el contingut en sofre. Les reaccions de reformat més freqüents són:

- **El reformat catalític:** en aquestes unitats es transformen les nafes pesades de baix octanatge per augmentar l'octanatge i la quantitat d'hidrocarburs aromàtics. El producte resultant s'utilitza com a primera matèria petroquímica i/o en la fabricació de gasolines. Hi ha quatre tipus principals de reaccions que ocorren durant els processos de reforma: deshidrogenació de nafens a aromàtics, ciclat de parafines a aromàtics, isomerització i hidrocraqueig. Durant la

reacció es produeix hidrogen com a subproducte principal. Aquest hidrogen se separa del producte i es recicla. Les característiques del producte que s'obté depenen de la temperatura i la pressió del reactor, el catalitzador utilitzat i la velocitat de reciclatge de l'hidrogen. Així mateix, a la reforma catalítica, la càrrega de nafta es tracta prèviament amb hidrogen per eliminar contaminants com el clor, el sofre i el nitrogen. Un cop tractada, el corrent de nafta es porta al reactor on es troba el catalitzador. Aquest catalitzador sol ser de naturalesa metàl·lica (petites quantitats de platí, molibdè o reni).

- **La isomerització:** en aquestes unitats es transformen molècules parafíniques de baix pes molecular (de 4 a 6 carbonis) en isoparafines amb alt índex d'octanatge. Les matèries primeres habituals són la nafta lleugera (provinent de les unitats d'hidrotractament hidrocrackeig i/o coquitació), els reformats lleugers o alguns fluxos de la unitat d'extracció de compostos aromàtics. Aquests fluxos d'alimentació són rics en butà, pentà i hexà. La reacció d'isomerització té lloc en presència d'hidrogen i catalitzador. L'ambient reductor té com a objectiu reduir l'acumulació de carboni residual al catalitzador. Com a catalitzador s'utilitza zeolita, zirconita sulfatada o àcid clorhídric. En molts casos hi ha recirculació de l'hidrogen i dels hidrocarburs. D'aquesta manera s'obtenen més alts índexs de conversió. Després de la isomerització, el corrent de sortida es porta a una columna d'estabilització. S'hi separen la fracció lleugera i la pesada. De la primera se n'obtenen combustible gasós i LPG. La segona es fa servir en la fabricació de gasolines.

i

Les matèries primeres per als processos de **reformat catalític** generalment s'hidrotraten primer per eliminar els compostos de sofre, nitrogen i contaminants metàl·lics. Els catalitzadors utilitzats en els processos de reformat catalític solen ser cars (ja que contenen metalls valuosos com el platí). Per això, la seva recuperació és econòmicament viable i es prenen precaucions addicionals per assegurar que el catalitzador no es perdi. En molts casos és el mateix proveïdor del catalitzador qui s'encarrega de substituir-lo i recuperar-lo (BREF, EU, 2017).

i

Si la unitat d'isomerització s'ha dissenyat perquè hi hagi recirculació d'hidrocarburs, també es genera un subproducte pesant. Aquest subproducte es pot valoritzar per obtenir benzè si s'envia a una unitat de reformat catalític (BREF, EU, 2017).

- Finalment, es produeixen processos de tractament, que tenen com a objectiu comú eliminar les impureses o compostos del petroli que puguin interferir amb el bon funcionament de la refineria o l'ús final del producte. Alguns exemples de contaminants són compostos orgànics que contenen sofre, nitrogen i oxigen, metalls dissolts i/o sals inorgàniques.

Fins ara ja s'han esmentat dos processos de tractament importants; la **dessalinització del cru** i l'**hidrotractament**. Altres tractaments rellevants són:

- **Desmercaptització:** mitjançant l'addició de compostos químics com l'àcid sulfúric s'eliminen compostos ensofrats (àcid sulfhídric, tiofè i mercaptà) i es redueixen els nivells de CO₂.
- **Desasfaltat:** mitjançant la utilització de propà o barreges de propà i butà, s'extreuen els asfalts de la fracció residual generada durant la destil·lació al buit. Després del desasfaltat, el corrent principal es fa servir en la fabricació de ceros i lubricants. Els asfalts es fan servir per fabricar asfalt.

- **Barrejat:** l'objectiu d'aquesta etapa final és combinar en les proporcions adequades les diferents fraccions de producte obtingudes a la refineria per obtenir combustibles llestos per comercialitzar. En aquesta fase també s'hi poden afegir additius que milloren les propietats dels combustibles com l'etanol i el MTBE (metil tert-butil èter) que ajuda a corregir l'índex d'octans.

i

A les refineries, la generació de residus és relativament petita en comparació a la quantitat de matèries primeres que processa. Els principals residus són els **fangs provinents del tractament de les aigües residuals, els fangs oliosos que queden als tancs, residus químics (com catalitzadors rebutjats, reactius i mitjans de reacció) i cendres de l'incinerador** (BREF, EU,2015).

i

En el cas dels catalitzadors, molts estan compostos per metalls d'alt valor, cosa que fa viable econòmicament la recuperació. Amb freqüència, l'empresa que els subministra s'encarrega també de substituir-lo i regenerar-lo, recuperant-se en gran mesura els metalls pesants. Els reactius i mitjans de reacció es reutilitzen en la mesura del possible (BREF, EU, 2015).

i

També es generen aigües residuals que transporten compostos solubles i insolubles com a derivats del sofre, amoníac o compostos orgànics. Aquests efluent s són tractats per complir els límits d'abocament de cada compost i els fangs resultants s'utilitzen per a la recuperació de nutrients o es valoritzen energèticament (BREF, EU, 2015; Declaració mediambiental 2020, BP).

i

Des del sector del refinament, s'han impulsat diversos projectes per aprofitar residus de refinaria. Un exemple és la iniciativa Ecoasfalts de Cepsa, que es va començar a desenvolupar el 2015 juntament amb la Universitat de Granada. L'objectiu és incorporar els residus sòlids (com catalitzadors esgotats) generats a les instal·lacions de la companyia situades a Huelva i Cadis en els processos de producció d'asfalts i materials de pavimentació.

i

Un altre flux residual per aprofitar són els fangs de refinaria. En aquesta línia la Universitat Rey Juan Carlos està iniciant un projecte que té com a objectiu final la revaloració d'aquests efluent s. En una primera fase, l'equip de treball se centrarà en la caracterització de les diferents fraccions d'aquests fangs: oliosa, aquosa i sòlida. Posteriorment, un coneixement més gran de la seva composició permetrà desenvolupar aquelles estratègies de revaloració més adequades, com, per exemple, optimitzar les operacions de pretractament de l'efluent per augmentar la quantitat de matèria orgànica disponible. Així, es poden obtenir millors rendiments en etapes posteriors de digestió anaeròbia.

Figura 8. Producció d'asfalt i pavimentació



Font: Asefma.

b. Refineria del gas natural

El gas natural s'utilitza com a primera matèria per a la producció de combustibles i hidrocarburs lleugers. Generalment, conté una menor quantitat d'impureses que el cru de petroli i per això requereix menys etapes de processament.

La barreja d'hidrocarburs gasosos que arriba a les **plantes de gas natural** des dels punts d'extracció es tracta amb el doble objectiu d'eliminar les impureses i separar el gas liquat en 3 fraccions:

- Fracció rica en metà (Liquefied natural gas, LNG).
- Fracció rica en propà i butà (Liquefied petroleum gas, LPG).
- Condensat de gas natural (compost per hidrocarburs de més de cinc carbonis).

La fracció rica en metà es fa servir com a combustible. Les altres dues fraccions requereixen etapes addicionals de processament i es poden integrar a la refineria del petroli dins de la unitat de lleugers. La fracció LPG se separa en propà i butà en columnes de destil·lació. El condensat es tracta per obtenir querosè i nafta.

Perquè aquests productes es puguin vendre, cal reduir els nivells de contaminants fins als mínims permesos. L'afluent que arriba a les plantes arrossega contaminants de naturalesa diversa com sorres, compostos metàl·lics, gasos àcids o compostos químics afegits al pou d'extracció (p.ex. glicol). Les principals unitats de purificació són:

- Eliminació de gasos àcids: en aquesta unitat se separa el CO_2 , l' H_2S i el SO_2 del corrent principal d'hidrocarburs. Aquesta etapa també es coneix com a endolciment. A Europa i EE.UU. el sulfur d'hidrogen s'elimina comunament per absorció en solucions d'amines.
- Eliminació de mercuri: se separa mitjançant la deshidratació del gas natural.



i

En general, es considera que el gas natural té un impacte ambiental menor en comparació amb altres combustibles fòssils, com ara el carbó o el petroli.

Requereix menys etapes de tractament que en el cas del cru, per la qual cosa la **generació de residus és menor**. Durant el seu tractament no es generen efluent a tractar, ni escòries o fraccions residuals gràcies al fet que el seu nivell de puresa és més gran (Gas Natural i Medi Ambient, MITECO).

1.1.3. Producció de combustibles i altres productes de refinaria a partir de matèries primeres renovables i/o secundàries

A partir del petroli i del gas natural es produeixen la immensa majoria de productes químics orgànics. No obstant això, tots dos són recursos naturals no renovables l'explotació dels quals no pot ser il·limitada. Davant d'aquesta problemàtica s'han desenvolupat alternatives per a la producció de combustibles i altres productes de refinaria (com l'asfalt) a partir de primeres matèries renovables i/o residuals.

Des de fa anys es produeixen biocombustibles com el bioetanol o el biogàs. També s'estan fent esforços per incorporar a les refineries fluxos residuals tant biològics com a minerals (figura 7). A més, s'està estudiant la viabilitat d'implementar sistemes de captura, emmagatzematge i recuperació de CO₂ per produir ecocombustibles (figura 8).

Arran de les crisis energètiques dels anys 70 (i el consegüent encariment del preu del petroli) els biocombustibles van sorgir de nou com una alternativa i la seva producció a nivell industrial va prendre impuls (El sector dels biocombustibles. Una alternativa energètica, Fundació Cajamar, 2009). Els biocombustibles són carburants líquids i gasosos produïts a partir de biomassa, com el bioetanol, el biodièsel i el biogàs.

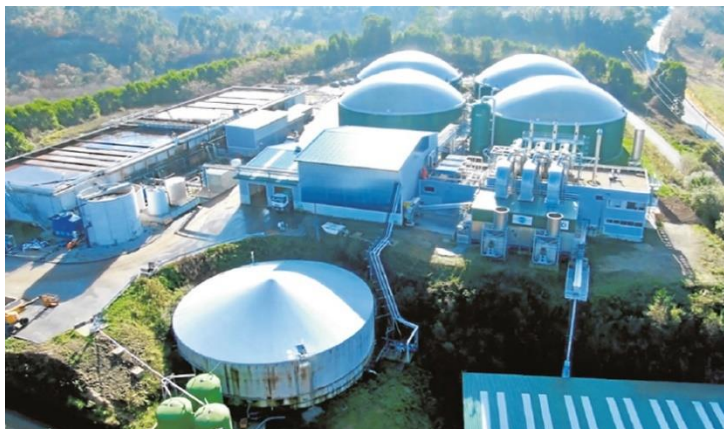
El **bioetanol** és un substitut de la gasolina que es pot produir a partir de la fermentació alcohòlica de cultius energètics rics en sucre i/o midó com la canya de sucre o els cereals.

El **biodièsel** és un substitut del dièsel que es pot produir a partir de la transesterificació d'olis vegetals i metanol (o altres alcohols). Aquests olis vegetals poden provenir de cultius com la colza, el gira-sol o el palmell.

Els biocarbursants es poden incorporar a les unitats d'operació convencionals de les refineries i generalment es barregen en diferents proporcions amb els combustibles fòssils refinats. Això permet aprofitar les infraestructures ja existents.

El **biogàs** és un substitut del gas natural que es produeix per digestió anaeròbia de substrats orgànics. En els digestors anaerobis gràcies als bacteris metanogènics la matèria orgànica dona lloc a una barreja gasosa composta majoritàriament per CH₄ i CO₂. Aquest biogàs es pot utilitzar com a combustible en vehicles, per a la generació d'electricitat i calor (unitat de cogeneració) o com a matèria primera a la síntesi de biometanol (Biocombustibles de primera, segona i tercera generació: què són? com contribueixen a reduir emissions ?, AOP, 2021).

Figura 9. Imatge d'una planta amb digestors anaeròbics



Font: AEBIG.

El 30 de març de 2021 es va aprovar el **Reial decret per al foment de l'ús de biocarburants**. A través d'aquesta llei, queden regulats els objectius de venda per al 2021 i el 2022, establint una obligació de penetració de biocarburants sobre el total de vendes de combustibles en el transport d'un 9,5% per al 2021 i d'un 10% per al 2022. Aquests objectius estan alineats amb el Pla Nacional Integrat d'Energia i Clima (PNIEC) 2021-2023, on es fixa una quota mínima d'energia renovable en el transport del 28% el 2030.

i

Els biocombustibles produïts a partir de cultius agrícoles rics en sucres o lípids es coneixen com a combustibles de primera generació. Tot i que permeten reduir la dependència de recursos fòssils generen problemes de competència per l'ús de la terra (desplaçament de cultius alimentaris).

Per això sorgeixen els biocombustibles de **segona generació** (o combustibles avançats) que es fabriquen a partir de **biomassa residual** com a biomassa llenyosa (lignocel·lulòsica) o residus sòlids urbans i agrícoles (Biocombustibles de primera, segona i tercera generació: què són? com contribueixen? reduir emissions?, AOP, 2021).

i

La **biomassa rica en lípids** es pot introduir a les refineries i co-processar a les unitats d'hidrotractament o craqueig catalític ja existents. Aquestes matèries olioses poden provenir de fluxos residuals domèstics, com l'oli de cuina usat, o de la indústria agroalimentària, com els residus de la destil·lació i el refinat d'olis vegetals (Estratègia per a l'evolució cap als ecocombustibles, AOP, 2019; Visió 2050, Fuels Europe, 2018).

i

La **biomassa lignocel·lulòsica** és un altre recurs per explotar. Atesa la complexitat estructural de la lignina, aquesta biomassa requereix un pretractament (com la piròlisi) abans d'entrar a les etapes d'hidrotractament/hidrocrackeig. Algunes fonts de biomassa lignocel·lulòsica residual a aprofitar són els residus de fusta forestals o alguns subproductes agrícoles (Estratègia per a l'evolució cap als ecocombustibles, AOP, 2019; Visió 2050, Fuels Europe, 2018).

i

El biogàs també es pot obtenir a partir de fluxos residuals d'orígens diversos com els **fems produïts a les explotacions ramaderes** o els **fangs generats a les plantes depuradores** (El sector del biogàs industrial a Espanya, MAPA, 2010).

A més, en els digestors també es genera un efluent residual conegut com a digestat que pot ser utilitzat com a fertilitzant.

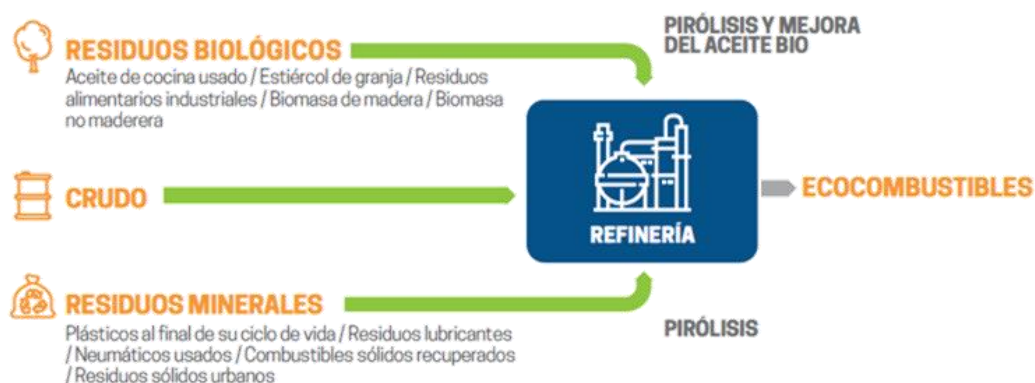
i

Finalment, la producció d'ecocombustibles també pot partir de **matèries primeres secundàries d'origen no biològic** com ara plàstics o pneumàtics usats o residus sòlids urbans (Estratègia per a l'evolució cap als ecocombustibles, AOP, 2019).

i

A Espanya, Repsol ja ha fixat objectius per a la propera dècada en relació amb la incorporació de residus com a matèries primeres. Per a l'**any 2025-2026** s'espera que el processament de deixalles (urbans, forestals, de pneumàtics i/o plàstics) a les refineries arribi als **4 milions de tones**, fet que suposa un 5% de la disponibilitat total d'aquest tipus de residus a Espanya (El País, 2021).

Figura 10. Integració de diferents residus en els processos de les refineries



Font: Estratègia per a l'evolució cap als ecocombustibles, 2019.

i

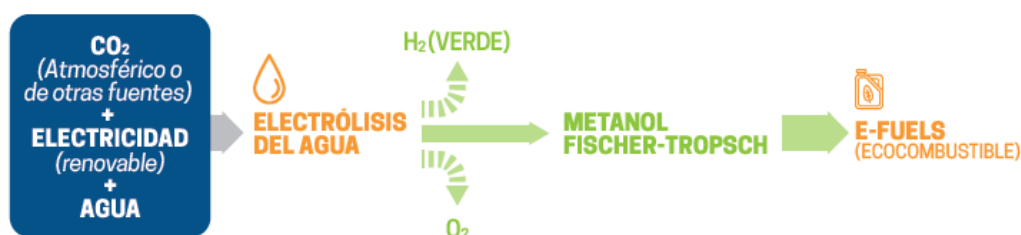
L'oli produït a les refineries i usat per les diferents indústries es pot recuperar i reutilitzar. Exemples d'usuaris finals on es podria recuperar l'oli són: tallers de reparació d'automòbils, grans consumidors industrials de lubricants (p. ex. ferreries, mines, centrals elèctriques i xarxes de distribució d'electricitat) i les grans flotes de transport (Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Refining of Oil and Gas of Mineral, EU, 2015).

i

Els pneumàtics usats es poden recuperar i reciclar per fabricar asfalt. Per això, la goma es polvoritza i després es barreja amb els asfalts produïts a la refinaria (Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Refining of Mineral Oil and Gas, EU, 2015).

Dins del marc del reaprofitament de residus com a primeres matèries secundàries, el **projecte europeu Rewofuel** està desenvolupant la tecnologia necessària per generar biocombustibles a partir de residus vegetals mitjançant reaccions d'hidròlisi. Això permetria obtenir bioisobutè com a producte principal i diversos coproductes com la lignina i el biogàs, que poden tenir aplicacions energètiques o utilitzar-se per a la formulació de betums, l'alimentació animal o com a fertilitzants orgànics.

Figura 11. Ruta per a l'obtenció dels combustibles sintètics



Font: SUNFIRE, 2019.

Un dels residus amb més impacte ambiental de les refineries són les emissions gasoses de CO₂. Amb l'objectiu de reduir-les s'han proposat diferents estratègies com augmentar l'eficiència energètica de les instal·lacions, utilitzar fonts d'energia baixes en carboni (hidrogen verd i GLP), implantar tecnologies de **captura, emmagatzematge i reutilització del CO₂ i/o utilitzar matèries primeres baixes en carboni**.

S'estima que mitjançant la implementació de tecnologies per a la captura de CO₂ es podria augmentar entre un 40% i un 52% la reducció d'emissions del sector del refinament a Europa.

Entre les diferents tecnologies, una de les més prometedores són els sistemes d'absorció amb amines ja que es podrien utilitzar part de la infraestructura ja existent a les refineries.

El **CO₂ capturat podria ser reutilitzat com a matèria primera** en múltiples aplicacions com la formulació de polímers, l'obtenció d'ecocombustibles, o la fabricació del ciment i altres materials de construcció.

Per fabricar combustibles sintètics a partir d'aquest CO₂ capturat, es pot fer reaccionar amb H₂ mitjançant el **procés de Fischer-Tropsch** per donar lloc a hidrocarburs líquids (figura 11). El procés de Fischer-Tropsch és habitual a la indústria del refinament ja que permet obtenir hidrocarburs líquids a partir del gas de síntesi (Estratègia per a l'evolució cap als ecocombustibles, AOP, 2019).

i

Segons dades de l'any 2018, per cada tona de cru refinada s'emeten de 100 a 200 kg de CO₂ (Visió 2050, Fuels Europe, 2018).

1.1.4. Indústria petroquímica

La petroquímica és el conjunt de processos destinats a transformar els hidrocarburs en productes químics d'interès. El 2017, el 95% dels productes químics orgànics s'obtenien a partir del cru i el gas natural. Amb aquests recursos naturals, es fabriquen una gran varietat de matèries primeres intermèdies el destí final de les quals pot ser la indústria dels fertilitzants, els plàstics, l'alimentària, la farmacèutica o la tèxtil (*El petroli, Fitxes didàctiques*, AOP, 2003).

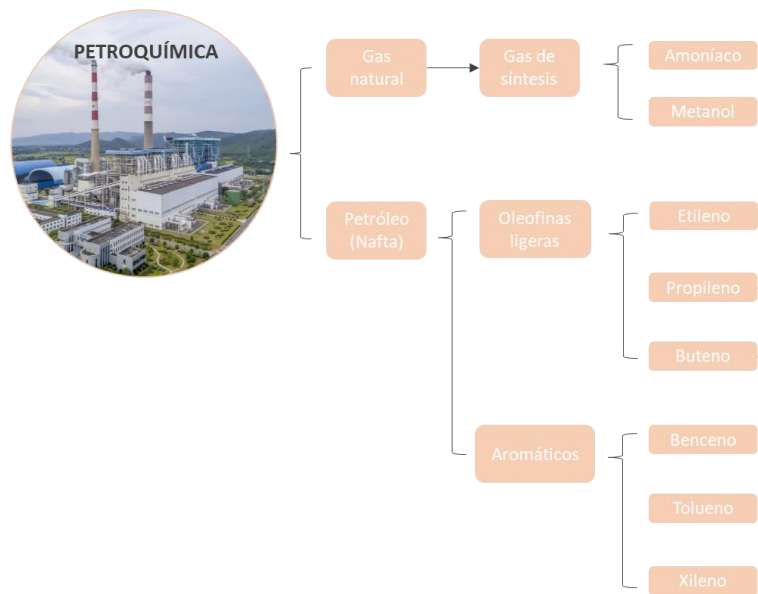
Les principals matèries de base que es generen a la indústria petroquímica són el metanol, l'etilè, el propilè, el butadiè, el benzè, el toluè i els xilens (Chemical Economics Handbook, IHS Markit, 2020).

El metanol s'obté a partir del gas natural. En una primera etapa el gas natural es transforma en gas de síntesi que posteriorment es fa servir per produir hidrogen a gran escala.

D'altra banda, **l'etilè, el propilè i el butadiè** pertanyen a un mateix grup d'hidrocarburs alifàtics insaturats conegut com a **olefines lleugeres**. En canvi, el **benzè, el toluè i els xilens** són **compostos aromàtics**. Els compostos aromàtics són hidrocarburs cíclics insaturats. Tots dos són bones matèries primeres gràcies a la reactivitat química que els confereixen els seus dobles enllaços. Així mateix, els dos grups s'obtenen a partir de la nafta, la fracció lleugera del destil·lat del cru (*El petroli, Fitxes didàctiques*, AOP, 2003).

Posteriorment, aquestes primeres matèries intermèdies se sotmeten a diverses reaccions de transformació amb l'objectiu d'incorporar altres grups funcionals. Així, es produeixen una àmplia varietat de productes intermedis i monòmers orgànics com alcohols, aldehids, cetones, àcids, nitrils, amines i/o compostos orgànics clorats. Finalment, amb aquests productes intermedis es fabriquen productes finals d'alt valor com a dissolvents, detergents, plàstics, gomes, colorants i productes farmacèutics.

Figura 12. Petroquímica. Diagrama de processos



Font: Elaboració pròpia a partir de AOP.

El metanol es produeix mitjançant la transformació catalítica del gas de síntesi, compostat per CO, CO₂ i H₂. Aquest gas de síntesi s'obté alhora del craqueig catalític del gas natural. Aquesta operació es pot fer a baixa o alta pressió. El metanol resultant pot utilitzar-se per a la fabricació de solvents o com a matèria primera per a la fabricació de formaldehid, àcid acètic i MTBE (additiu per a carburants) (BREF, EU, 2017).

i

El procés de producció de metanol a partir del gas natural genera emissions gasoses (NO_x i CO₂), aigües residuals (que van a plantes de tractament) i residus que es reutilitzen o s'incineren (BREF, EU, 2017).

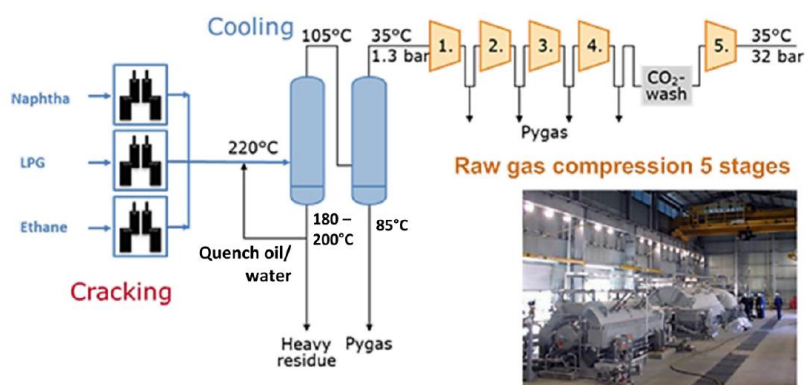
Les olefines lleugeres poden produir-se mitjançant els processos següents:

- Craqueig per vapor.
- Craqueig catalític (veure secció sobre la refinaria del petroli).
- Deshidratació de l'etanol.
- Deshidrogenació del propà.
- Reaccions de Fischer-Tropsch (a partir del gas de síntesi).
- Catàlisi heterogènia del metanol.

No obstant això, a nivell europeu el procés més estès és el craqueig per vapor (Figura 9). Com a matèries primeres s'utilitzen hidrocarburs saturats, principalment la fracció de nafta líquida, però també es poden emprar altres fraccions com els LPG o l'età. Com a resultat, s'obté una proporció majoritària d'olefines lleugeres, però també una sèrie de coproductes i subproductes com ara hidrogen, metà, alcans i alquins.

En el procés es distingeixen 4 etapes: piròlisi, fraccionament primari, purificació de gas i fraccionament de coproductes. En primer lloc, matèria primera es preescalfa i s'introdueix juntament amb el corrent de vapor a la unitat de craqueig. Després del trencament molecular, el gas es refreda en una columna de refrigeració que separa el gas craquejat dels hidrocarburs més pesats (p. ex. gasolina). En aquesta etapa es pot utilitzar aigua o oli com a refrigerant. A continuació, el gas craquejat es porta a unitat de compressió multietapa. En algun punt d'aquesta unitat, té lloc la purificació del gas, eliminant-se el CO_2 i els compostos ensofrats. Generalment, aquesta purificació es duu a terme mitjançant rentats càustics. Finalment, en sortir de la unitat de compressió, el gas es deshidrata i es condueix a la unitat final de fraccionament. En ella, mitjançant l'ús de diverses columnes se separen la barreja d'hidrocarburs en les diferents fraccions (C_2 , C_3 , C_4 i aromàtics) (BREF, EU, 2017).

Figura 13. Diagrama del procés de producció d'olefines mitjançant craqueig per vapor



Font: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Large Volume Organic Chemicals, EU, 2017.

i

Els productes principals en la **producció d'olefines** són l'etilè i el propilè. No obstant això, també es generen diversos coproductes i subproductes com hidrogen, metà, età, propà, compostos C4 i *pygas* (residu pesat).

La fracció de metà/hidrogen habitualment s'utilitza com a combustible a les unitats de craqueig en substitució del gas natural. També es pot recuperar i purificar l'hidrogen per utilitzar-lo a les reaccions d'hidrogenació.

El propà i l'età es condueixen a les unitats de craqueig. El propà també es pot utilitzar per obtenir LPG.

Finalment, *les pygas* s'utilitzen com a matèria primera en la producció de compostos aromàtics. (BREF, EU, 2017).

i

Durant la **piròlisi** es produeixen olis i benzina residual. D'una banda, l'oli de piròlisi es fa servir com a combustible, com a matèria primera per a la producció de carbó negre o com a corrent d'entrada a les unitats de reformat catalític o reajustament de viscositat. De l'altra, la gasolina de piròlisi s'utilitza com a combustible o com a primera matèria per a la producció d'aromàtics.

També es generen altres residus típics de la indústria química com residus oliosos, hidrocarburs rics en sulfur (tractament càustic) i/o residus pesants de la **columna de fraccionament**. La capacitat de valoritzar aquests residus depèn dels equips de què disposi la planta petroquímica (BREF, EU, 2017).

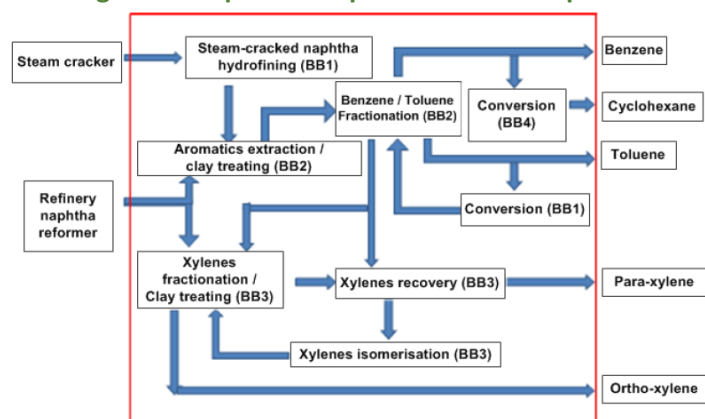
La producció de compostos aromàtics sol estar integrada dins de les refineries. Com a matèries primeres s'utilitzen els compostos generats en les reaccions de reformat de la nafta (68%), el residu generat (pygas) en la producció d'olefines (28%) i alguns subproductes derivats del refinament de carbó (p. ex. quitrà d'hulla). Els principals productes que s'obtenen són benzè, toluè, xilens (para-, orto- i meta-xilè) i ciclohexà.

La producció de compostos aromàtics implica tres processos. 1) Pretractament de la matèria primera (p. ex. hidrogenació del pygas), 2) Fraccionament i purificació dels diferents compostos i 3) Valorització dels compostos menys valuosos (per donar lloc a productes més valuosos).

Hidrofi de pygas: el residu generat durant el craqueig amb vapor de la nafta és ric en compostos aromàtics. Prèviament a la recuperació d'aquests compostos, cal tractar el flux residual per eliminar els compostos indesitjats. Aquest procés consta de 3 fases: una columna de destil·lació, una unitat d'hidrogenació i una altra final d'estabilització. Gràcies a aquest procés s'eliminen les diolefines, els compostos sofrats i aquells amb menys de 5 carbonis.

Extracció d'aromàtics i tractament d'argiles: els processos convencionals de destil·lació utilitzats en refineria no són adequats per a l'aïllament de compostos aromàtics perquè presenten punts d'ebullició similars als components no aromàtics. En conseqüència, la seva separació es duu a terme mitjançant extracció líquid-líquid o destil·lació extractiva. Després, el corrent de compostos aromàtics es tracta amb argiles per eliminar-ne les impureses i finalment els diferents compostos es fraccionen en una sèrie de columnes de destil·lació. Consecutivament se separa el benzè, el toluè i finalment els xilens. A la columna de fraccionament de xilens també s'introdueixen com a matèria primera el corrent del reformat catalític de la nafta i de les reaccions d'isomerització de xilens (BREF, EU, 2017).

Figura 14. Diagrama del procés de producció de compostos aromàtics



Font: *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Large Volume Organic Chemicals*, EU, 2017.

i

Els **compostos aromàtics** també es poden fabricar a partir del residu de coc generat durant la producció de ferro i acer.

Durant la producció de compostos aromàtics es generen gasos de combustió i emissions de COV durant l'emmagatzematge. Alguns d'aquests fluxos poden tenir un cert valor, no només per a la revaloració tèrmica sinó també per a la recuperació de compostos d'interès com l'hidrogen.

També es produeixen corrents residuals de catalitzadors, argila i solvents usats, que en la mesura del possible es recuperen (BREF, EU, 2017).

i

En algunes unitats operatives com pot ser la **hidrogenació del pygas**, com a conseqüència de la reacció es van dipositant sobre els catalitzadors restes de coc.

Això disminueix la seva eficiència. Per això, cal regenerar el catalitzador mitjançant mètodes in situ o ex situ. En els mètodes in situ el coc s'elimina mitjançant gasos corrents gasosos. En alguns casos, com a resultat final, s'obté una barreja líquida d'hidrocarburs que es valoritzen energèticament per combustió (BREF, EU, 2017).

i

El residu pesat generat durant les etapes de fraccionament dels compostos aromàtics està compost per components aromàtics de més de nou carbonis i subproductes procedents del tractament amb argiles. Aquest flux residual s'envia habitualment a unitats addicionals de refinaria per obtenir productes d'interès (BREF, EU, 2017).

i

Durant la **producció d'aromàtics** es produeixen diversos subproductes com a hidrogen, compostos aromàtics de més de 9 carbonis i altres hidrocarburs. La quantitat de material que no es considera residu i que es pot aprofitar varia entre els 5 i els 100 kg per tona de producte principal.

Durant els processos de regeneració dels catalitzadors es produeixen corrents residuals. Les quantitats oscil·len entre els 0,0015-0,04 kg per tona de producte principal a la primera unitat de refinat per hidrogen i entre els 0,009-0,12 kg per tona a la segona. Quan el catalitzador s'esgota s'envia a una empresa externa que s'encarrega de recuperar els metalls.

A més, durant totes les etapes de la producció d'aromàtics es gasten argiles. Aquestes argiles s'incineren o s'envien a una empresa externa perquè les gestioni (BREF, EU, 2017).

1.1.5. Matèries primeres plàstiques i per a la fabricació de cautxú i làtex

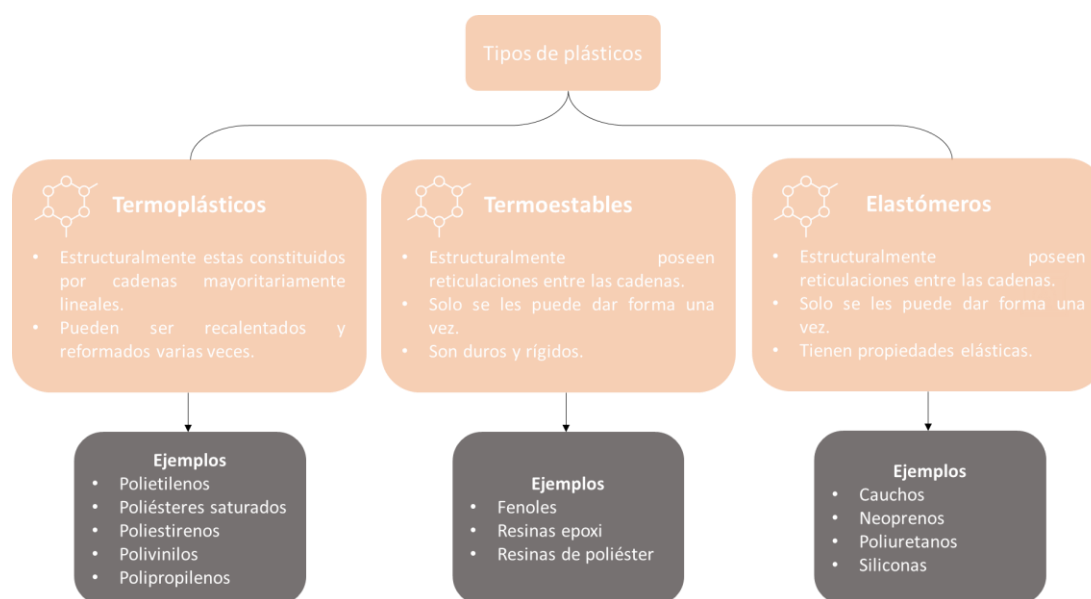
La indústria de producció de polímers sintètics (fibres tèxtils, plàstics, làtex i cautxú) depèn de la indústria petroquímica. Les matèries primeres petroquímiques es transformen mitjançant reaccions de conversió en monòmer de base. Posteriorment, mitjançant reaccions de polimerització, els monòmers s'uneixen entre si formant llargues cadenes de polímers. Depenent de com s'enllacin les cadenes polimèriques entre si, es distingeixen 3 tipus de materials: **polímers termoplàstics**, **polímers termoestables** i **elastòmers**. Els plàstics poden ser termoplàstics o termoestables, mentre que el làtex i el cautxú sintètic es consideren elastòmers.

Pel que fa a les **matèries primeres** del sector, els plàstics deriven principalment de l'etilè, el propilè, el benzè i el toluè, mentre que les principals matèries primeres del làtex i el cautxú són el butadiè i el benzè. També es poden considerar matèries primeres de la indústria de producció

de polímers els additius com a antioxidants, colorants, lubricants o retardants de flama. En la majoria dels casos, aquests additius s'afegeixen després de la polimerització. La seva addició afegeix propietats funcionals però pot dificultar el reciclatge (How plastics are made, American Chemistry Council); *Què són els plàstics?*, Plàstics Europe; BREF (Polymers), EU,2007; BREF (Organic), EU,2017).

Pel que fa als productes finals, el làtex i el cautxú sintètic s'utilitzen principalment per fabricar pneumàtics i en la construcció, mentre que els plàstics s'utilitzen majoritàriament per a la producció d'envasos i en construcció.

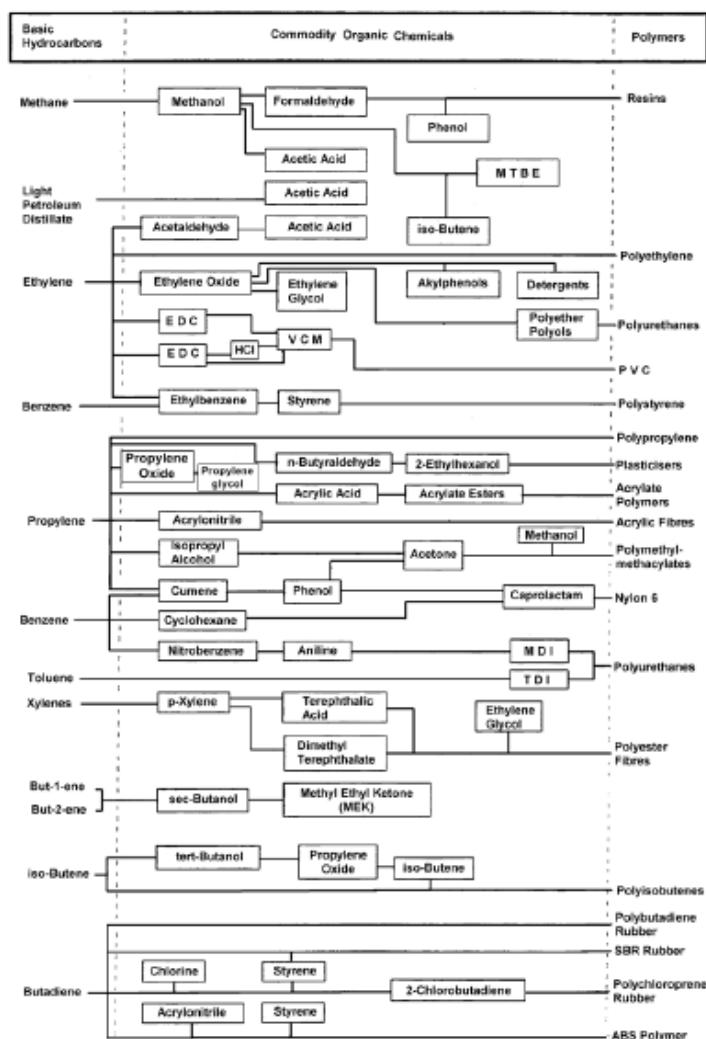
Figura 15. Tipus de polímers sintètics principals



Font: elaboració pròpia a partir de dades de PlasticsEurope.

A la figura 13 se sintetitza la correlació entre les matèries primeres petroquímiques i els polímers que se n'obtenen (fibres sintètiques, plàstics i cautxú).

Figura 16. Vies de producció de polímers d'interès a partir de les primeres matèries petroquímiques



Font: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Large Volume Organic Chemicals, EU,2010.

Les **reaccions de polimerització** es poden donar a través de dos mecanismes: les reaccions d'addició i les de condensació.

A les reaccions d'addició els monòmers s'uneixen entre si sense pèrdua d'àtoms, per la qual cosa no es generen subproductes. Perquè es doni la reacció es requereixen catalitzadors com el peròxid d'hidrogen o els catalitzadors iònics de naturalesa organometàl·lica. Els monòmers que no s'uneixen al polímer se separen del producte final per reutilitzar-se o valoritzar-se energèticament. Mitjançant aquest tipus de reacció es produeixen el polietilè (PE), el polipropilè (PP), el clorur de polivinil (PVC) i el poliestirè (PS).

A les reaccions de condensació, quan els monòmers s'uneixen entre si, hi ha pèrdua d'àtoms que generalment donen lloc a una molècula d'aigua. La reacció té lloc entre els grups funcionals (p. ex. alcohol-àcid) dels monòmers. En la majoria dels casos s'afegeixen sals metàl·liques com a catalitzador. Mitjançant aquest tipus de reaccions s'obtenen les silicones, el polièster o el niló (poliamides) (How plastics are made, American Chemistry Council; Què són els plàstics?, Plastics Europe; BREF, EU, 2007).



En el procés de producció d'elastòmers és habitual que a més de la polimerització tingui lloc una **reacció** anomenada **vulcanització**. A la vulcanització els dobles enllaços de les cadenes de l'elastòmer es trenquen i es lliguen a àtoms de sofre. D'aquesta manera, les cadenes queden unides entre si per ponts disulfurs. L'objectiu de la vulcanització és modificar les característiques de l'elastòmer, reduint-ne la capacitat de deformació plàstica (major rigidesa), però mantenint-ne les propietats elàstiques (Unitat 15. Materials Polimèrics i Compostos, Universitat Politècnica de València).

1.1.6. Producció de matèries primeres petroquímiques a partir de matèries primeres renovables i/o secundàries

De manera anàloga al que presenta la secció 1.1.3, les matèries primeres petroquímiques també poden produir-se a partir de matèries primeres renovables i/o secundàries.

A partir del biogàs o el bioetanol és possible fabricar productes d'interès per a la indústria química com el **biometanol** o resina de **biopolietilè** seguint els diagrames de producció de la petroquímica convencional.

El metanol és un hidrocarbur que es pot utilitzar com a combustibles o com a matèria primera petroquímica. Alguns dels seus usos finals i intermedis són la producció de combustibles, la fabricació d'altres productes com el formaldehid o la producció de dissolvent per a tintes o adhesius.

En la fabricació de **biometanol** s'utilitza freqüentment com a matèria primera biomassa lignocel·lulòsica. Aquesta biomassa es gasifica i posteriorment té lloc la conversió catalítica dels gasos obtinguts (CO_2 i H_2). Aquest procés passa a altes temperatures (al voltant dels 400°C) i pressió (40-80 atm) (Estudi bàsic sobre del sector dels biocarburants, Agència Andalus de l'Energia, 2011).

El metanol també es podria produir de forma sintètica a partir de la CO_2 capturat de les emissions d'activitats industrials i gasos d'escapament de vehicles (veure secció 1.1.3), contribuint a l'establiment d'una economia circular al sector de la refinació i la petroquímica (Visió 2050, Fuels Europe, 2018).

i

Segons l'informe Visió 2050 de Fuels Europe del 2018, fabricar amoníac, metanol, olefines i aromàtics a partir de la biomassa suposa un increment del cost de producció entre **dues i cinc vegades superior en comparació a les matèries primeres petroquímiques convencionals**. Per tant, la viabilitat econòmica de la incorporació de primeres matèries secundàries al sector es veu limitada per la necessitat d'optimitzar els processos disponibles.

A partir del bioetanol (vegeu secció 1.1.3) es pot produir **resina de biopolietilè** de forma similar al seu anàleg fòssil. Els monòmers de bioetilè s'obtenen gràcies a la deshidratació catalítica del bioetanol i posteriorment es polimeritzen seguint el mateix mecanisme (polimerització per addició) i les mateixes condicions d'operació que en el cas de l'etilè fòssil. D'aquesta manera, no

cal invertir en nous equips. A més, el mecanisme de reciclatge del biopolietilè també és igual al del polímer convencional (Recycling of Bioplastics: Routes and Benefits, Fabio et al., 2020).

Altres biopolímers la fabricació dels quals ja és possible són l'àcid polilàctic (PA), els polihidroxialcanoats (PHA), l'àcid poliglicòdil (PGA) i el biopolietilenè tereftalat. En part dels casos, la producció es pot incorporar a les unitats operatives de la refineria convencional. La seva aplicabilitat està limitada pels costos de producció i les propietats finals del producte (que han de ser semblants a les dels plàstics convencionals).

i

A la fabricació de biopolímers també es poden incorporar fluxos residuals. Per exemple, la startup Venvirotech està especialitzada en la revaloració de **residus orgànics** provinents de la ramaderia, agricultura o depurades per fabricar bioplàstic PHA.

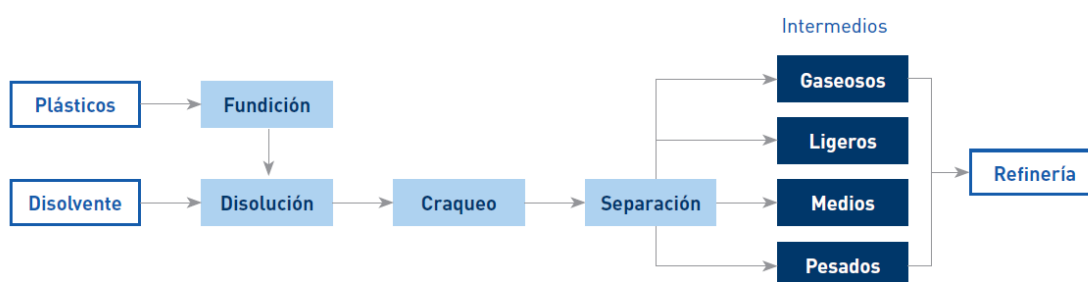
i

Una altra fracció que cal considerar en la producció alternativa de matèries primeres petroquímiques és la fracció resta dels residus sòlids urbans. En aquest marc de treball, Repsol, Enkema i Agbar planegen la posada en marxa per al 2025 d'una Ecoplanta per transformar aquests residus en productes químics d'interès com el metanol. La naturalesa d'aquests residus és molt heterogènia, per la qual cosa la seva incorporació a la indústria requereix pretractaments com la gasificació (similar a la biomassa forestal).

i

Finalment, els plàstics recollits selectivament a nivell municipal es poden utilitzar per a la producció de combustibles i matèries primeres petroquímiques. Si se sotmet aquest residu plàstic a una pressió moderada i a les temperatures normals de funcionament de la refineria s'obté una matèria primera que s'anomena R-crude. El R-cru conté compostos valuosos lleugers i de pes mitjà que es poden recuperar a través de les unitats operatives convencionals (Visió 2050, Fuels Europe, 2018).

Figura 17. Diagrama de flux simple del procés de Reoil



Font: Visió 2050, Fuels Europe, 2018.

i

La recuperació del plàstic postconsum com a matèria primera del sector és especialment avantatjosa atesa la disponibilitat de residus plàstics.

Segons PlasticsEurope, el 2018 un 25% del residu plàstic postconsum es va enviar a abocadors i gairebé un 43% es va incinerar. Del total de plàstic consumits a nivell europeu el 2018, els envasos són responsables del 61%. D'aquesta fracció se'n va reciclar el 42%. Les taxes de reciclatge varien entre països i també segons el tipus de matèria. El cas de les ampolles de PET els residus es poden recuperar i reutilitzar sense que se'n vegi compromesa la qualitat. No obstant això, per a altres residus com els poliolefínics en forma de làmines, els recipients i les tasses, la taxa de reciclatge baixa fins a un 10%. Per tant, queda marge per reaprofitar (Visió 2050, Fuels Europe, 2018).

1.1.7. Producció de productes químics inorgànics

La indústria química inorgànica abasta els compostos l'element fonamental dels quals no és el carboni, com els àcids i bases inorgàniques, les sals minerals o els compostos organometàl·lics. A partir dels compostos inorgànics de base es poden fabricar una àmplia varietat de productes finals com catalitzadors, pigments, surfactants, recobriments o fertilitzants.

Els compostos inorgànics primaris són derivats de l'hidrogen, el nitrogen, el fòsfor, el sofre i els compostos halogenats. Les matèries primeres principals d'aquest sector són els recursos minerals. També és indispensable l'ús de gasos com el H_2 o el O_2 .

A continuació, es descriuen els processos de producció de 3 compostos principals a manera representativa de la indústria. Aquests compostos són **l'hidrogen, l'àcid sulfúric i l'amoníac** (a partir del qual es fabriquen els fertilitzants nitrogenats).

El procés més habitual de **producció d'hidrogen** és reformat amb vapor d'aigua. La matèria primera ideal per a aquest procés és el gas natural però també es poden utilitzar com a substrat la nafta o el carbó.

Aquest procés el gas natural reacciona amb vapor d'aigua en presència d'un catalitzador metàl·lic (níquel) a unes condicions de temperatura de 900°C i a una pressió total de 20-30 bars. Després del reformador primari, l'efluent gasós es tracta per eliminar el CO i el vapor d'aigua.

Un 66% de l'H₂ que es produeix anualment es consumeix a les refineries i a la producció de metanol i amoníac (MITECO, 2021).

i

En la producció d'hidrogen també es genera un corrent gasós residual anomenat gas de cua. El **gas de cua** presenta un contingut alt de compostos àcids com el CO₂ o H₂S i també vapor d'aigua (MITECO, 2021).

Industrialment, el procés més habitual en la **producció d'àcid sulfúric** consisteix en la combustió de sofre o piretes (FeS₂) per originar diòxid de sofre, seguida d'una oxidació a triòxid de sofre (SO₃) i hidratació d'aquest a àcid sulfúric. A Espanya, aquesta reacció es duu a terme mitjançant el mètode de contacte amb doble absorció. Aquest mètode compta amb dues torres d'absorció, cosa que permet assolir una conversió del 98,5-99,5%. A la primera torre d'absorció es produeix la major part de l'àcid sulfúric. A la segona s'absorbeix el SO₃ restant. Finalment, l'efluent de sortida es pot sotmetre a diversos tractaments segons el seu ús final com ara purificacions, decoloracions, dilucions... etc (MITECO, 2017).

L'**amoníac** és un gas que se sintetitza a partir de dos gasos més: el nitrogen i l'hidrogen. Habitualment, el nitrogen molecular (N₂) s'obté a partir de l'aire atmosfèric i l'hidrogen a partir del reformat catalític del gas natural. La producció d'amoníac sol anar acoblada a la producció d'hidrogen. Després de la purificació del corrent d'H₂, el gas es condensa i es porta a un reactor de síntesi on es produeix amoníac en presència d'un catalitzador metàl·lic (ferro). Mitjançant aquest procés es transforma entre el 20% i el 30% del gas. La resta del substrat es recircula per incrementar l'índex de conversió.

L'amoníac s'utilitza com a primera matèria en la fabricació de sals, adobs i productes de refrigeració o neteja (MITECO, 2019).

La indústria dels fertilitzants és un dels sectors més importants que depenen de la química inorgànica de base. Actualment, s'està estudiant la viabilitat de produir alguns dels nutrients base dels fertilitzants, com el nitrogen i el fòsfor, a partir de **fluxos residuals com a llots de depuradora**.



El projecte europeu LIFE ENRICH va començar el 2017 i té com a objectiu optimitzar les tecnologies per a la recuperació de nitrogen i fòsfor a les Estacions Depuradores d'Aigües Residuals, així com avaluar el valor agronòmic dels productes obtinguts a camps de cultiu reals.



En el mateix marc de treball, el projecte europeu DIGESTAKE investiga la viabilitat de diversos processos i tecnologies amb l'objectiu de valoritzar els efluent líquids i gasosos originats a la digestió anaeròbia dels fangs de depuradores urbanes. Aquests fangs es poden reutilitzar com a matèria primera per a la producció de fòsfor en forma d'estruvita usant residus de la indústria minera com a font de magnesi. També es pot recuperar el nitrogen en forma de sals fertilitzants riques en amoni amb zeolites i contactors de membrana.

1.2. Sistemes de recollida de productes químics

Els residus generats per la indústria química i els seus productes es caracteritzen per ser majoritàriament catalogats com a residus perillosos. A més, pràcticament la totalitat dels residus de la indústria química de base es generen a l'àmbit industrial.

La classificació d'un residu com a perillós o no especial es fa en funció de la Llista Europea de Residus (regulada a través de la Decisió 2014/955/UE). La catalogació final determina el tipus de gestió del residu (Notes tècniques de prevenció, Institut Nacional de Seguretat i Salut en el Treball, 2015).

Atès que la major part dels residus químics d'aquest sector de la indústria es generen a l'àmbit industrial (i no al comercial o domèstic), la seva recollida es realitza directament a les plantes de refinació i/o petroquímica pels gestors de residus autoritzats. Generalment, aquestes empreses externes s'encarreguen de la recollida, classificació i gestió final del residu.

En el cas específic dels catalitzadors gastats, també és freqüent que la recollida del residu la realitzi el propi fabricant per tal de maximitzar-ne la regeneració. Els catalitzadors de les refineries solen aquestes constituïts per metalls en un suport inert. Així, per exemple, en el cas dels catalitzadors d'hidrotractament, quan perden la seva activitat s'envien al proveïdor corresponent perquè aquest avaluï la possibilitat de reactivar-los. Quan l'activitat es manté al voltant del 70%, es reactiven i s'envien de tornada a la refinaria. En cas contrari, s'eliminen definitivament intentant recuperar el metall. En qualsevol cas, la gestió d'aquestes etapes finals és a càrrec del fabricant (BREF, EU, 2015)

Finalment, els residus generats a l'àmbit domèstic, com els envasos buits de betum i/o pintures, s'han de portar a un punt net on es gestionarà correctament la fi de la seva vida útil.

2. El sector de la química de base a les Illes Balears

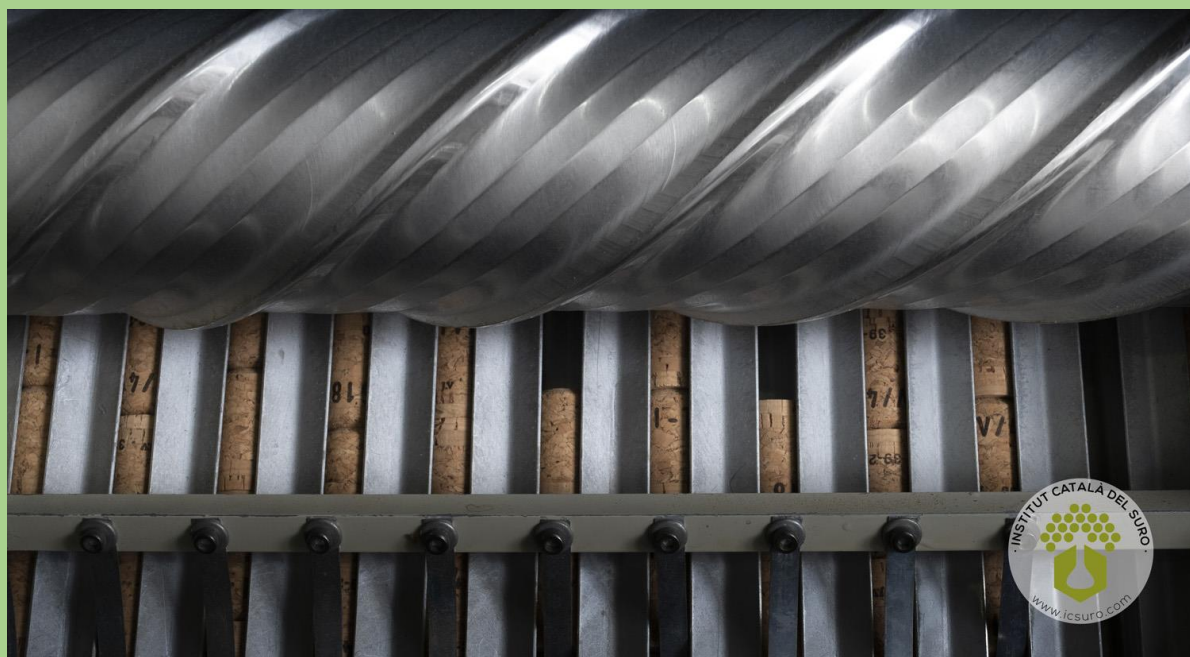
Segons dades de FEIQUE, les Illes Balears contribueixen amb un 0,1% al volum de negoci de la indústria química. En aquesta comunitat no hi ha cap planta de refinament ni una densitat significativa de producció química (figura 16). A més, no hi ha cap planta que produeixi bioetanol en quantitats significatives.

Segons les dades de l'Institut d'Estadística de les Illes Balears, el 2019 la indústria química d'aquesta comunitat tenia 294 ocupats. En aquest mateix any, només dues empreses es dedicaven a la fabricació de productes químics bàsics.

Pel que fa al consum de combustibles a la comunitat, el 2019 es van consumir un total de 20 mil tones de gasolina, de les quals un 3% era d'origen biològic. La demanda de gasoil va ser de 50 mil tones, amb un 8% corresponent a biodièsel..

Institut  Cerdà

Valor 2030: Superació de les barreres a la utilització de matèries primeres secundàries als principals sectors industrials



SECTOR: INDÚSTRIA DEL SURO

JUNY 2023



Índex del document

1.	El procés de fabricació dels productes de suro	3
1.1.	Procés de fabricació de productes de suro natural	4
1.2.	Procés de fabricació de productes a partir de suro granulat	7
2.	El sector de fabricació de productes de suro a les Illes Balears	16

1. El procés de fabricació dels productes de suro

El suro és l'**escorça de l'alzina surera** (*Quercus suber*), una mena d'arbre perenne autòctona i exclusiva de boscos mediterranis. Aquest suro està format pel felema, teixit que recobreix el tronc de l'arbre, juntament amb dos teixits més de menor gruix (felogen i felodermis). Per a la fabricació de productes de suro, aquest teixit s'extreu cada 9-12 anys de sureres.

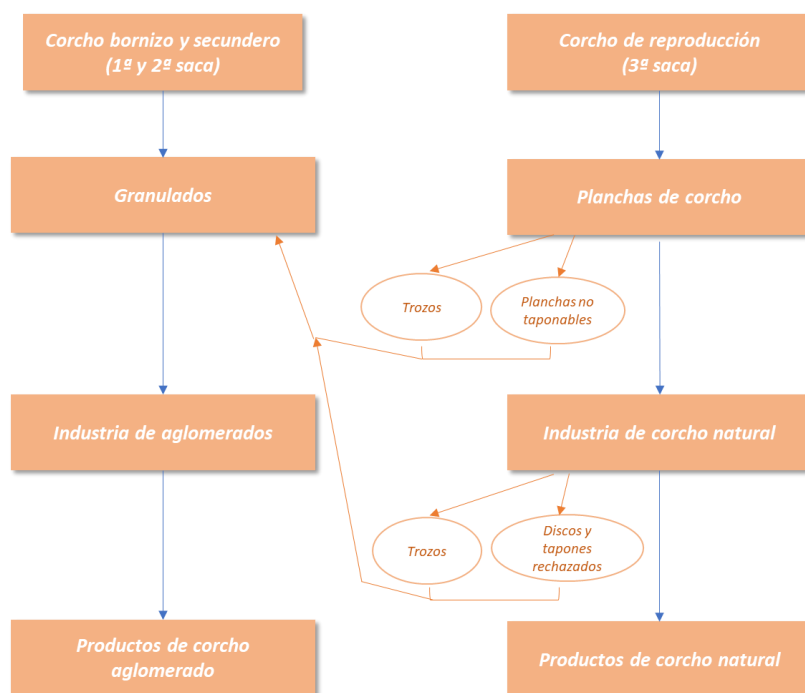
Figura 1 Reproducció del suro



Font: Miniguía de aplicaciones del corcho, GoSuber 2018.

Un cop s'han obtingut plaques de suro després del destap, la indústria es divideix entre la indústria de suro natural, que processa les plaques de suro senceres, i la indústria d'aglomerat, que utilitza peces de suro granulat i aglutinat, reaprofitant els subproductes generats a la indústria del suro natural. En aquest sentit, cal destacar que la primera i segona treu de suro (suro vernís i secunder, respectivament) no serveix com a matèria primera per a la indústria de suro natural, pel fet que la seva composició encara no és regular i les seves característiques no s'ajusten als requeriments de la indústria.

Figura 2. Diagrama de la fabricació de productes suro natural aglomerat



Font: Institut Cerdà a partir de Integrated waste management plan for the cork industry: Life ECORKWASTE (2018).

1.1. Procés de fabricació de productes de suro natural

El procés de fabricació de productes de suro natural es pot dividir en dues etapes: la primera, duta a terme per la **indústria preparadora**, s'encarrega del tractament i selecció de les planxes de suro que reuneixen unes qualitats específiques perquè la segona, la **indústria transformadora**, produeixi taps d'una peça i discos. Cal destacar que el suro destinat a la fabricació de productes de suro natural és el que s'obté després del tercer destell de la surera (suro de reproducció).

a. Tractament de les planxes de suro

Les planxes de suro de reproducció es mantenen a l'exterior abans de sotmetre's al primer bullit, amb l'objectiu d'estabilitzar la primera matèria. Per fer-ho, s'amuntega en piles rectangulars, separades en funció de l'origen i l'any del destap. Aquest serà emmagatzemat sobre un terreny en pendent i/o drenat per facilitar la sortida d'aigües, evitant així la formació de tolls i la retenció de la humitat. Aquest procés d'estabilització serveix perquè els materials crus madurin.

Durant el procés d'extracció i preparació de planxes de suro, els trossos més petits que per la seva mida no són vàlids per a les línies de producció de discos o preparació en planxa, són separats i transportats per ser processats com a granulats.

Figura 3. Apilat de suro segons calibre i qualitat.



Font: WineAnorak

D'acord amb el **CIPT** (Codi Internacional de Pràctiques Taponeres), aquest apilat s'ha de realitzar durant mínim 6 mesos, i sobre sòls fets de materials autoritzats: formigó, empedrat de pedra, enrajolat o altres sòls compactes amb un gruix suficient perquè impedeixi la presència de terra. L'ús de fusta està estrictament prohibit, ja que pot transmetre fongs al suro.

Després d'una estabilització del suro de com a mínim 6 mesos, es realitza un **primer bullit**, almenys d'una hora en aigua bullint a una temperatura propera als 100°C. Aquest bullit té per objectiu netejar el suro, extraient les substàncies solubles, augmentar-ne el gruix i millorar-ne la flexibilitat i elasticitat. En aquest procés perd entre el 12 i el 15% del seu pes i guanya al voltant del 20% de gruix.

i

El volum d'aigua residual a la cocció s'estima en 400 litres per tona de suro tractat. Aquesta aigua residual és complexa, presenta baixa biodegradabilitat i normalment una elevada toxicitat a causa de la presència d'herbicides i pesticides a les sureres, cosa que converteix en poc eficients els tractaments biològics convencionals. Actualment, s'estan estudiant nous mètodes per poder tractar-la i reaprofitar-la a la pròpia indústria, com per exemple tractaments fisicoquímics usant FeCl_3 i tecnologia foto-Fenton, amb posterior purificació mitjançant nanofiltració. Tot i això, per ara aquests tractaments són molt costosos, per la qual cosa és habitual traslladar aquestes aigües residuals a una planta depuradora.

De manera posterior a la cocció, les planxes es sotmeten a un nou procés d'estabilització, amb l'objectiu d'aplanar-les i deixar que el suro s'assequi fins a assolir una **consistència i una humitat homogènies que permetin la retallada de taps i discos**. Aquesta estabilització ha de ser entre 1 i 4 setmanes, per assolir una humitat entre el 8 i el 16%.

Després d'aquest procés, les planxes de suro es classifiquen segons el calibre i la qualitat, eliminant el suro inadequat per a la producció de taps i discos de suro natural i creant lots homogenis per facilitar-ne el tractament en la indústria transformat. En aquest sentit, no hi ha uns paràmetres de qualitat estandarditzats, si bé és cert que les planxes de menys de 27 mm són destinades a la producció de discos, en ser massa estretes per a la producció de taps.

i

Les planxes de suro no aptes per a la indústria de suro natural, amb imperfeccions, fusta o estructura irregular, anomenades refug, són considerades com a **subproducte** i són derivades directament a la indústria de granulats i aglomerats de suro.

Després la classificació de les planxes, la indústria preparadora procedeix a premsar i enfardar el suro per aplanar-lo i facilitar-ne el transport a indústries transformadores. D'altra banda, també hi ha indústries taponeres que preparen per si mateixes el suro, en què aquest procés no es durà a terme.

b. Processament de les planxes de suro natural

De forma prèvia a la fabricació de taps i discos de suro natural, les planxes se sotmeten a un segon cuit en aigua neta bullint, d'almenys 30 minuts, seguit d'un altre temps d'estabilització, on es deixa reposar de 4 a 6 setmanes fins assolir una humitat del 8-16%.

Figura 4. Principals processos productius a la indústria de suro natural



Font: Institut Cerdà. Imágenes: BBC y WineAnorak.

Els productes obtinguts per la indústria de suro natural es detallen a continuació:

Taps de suro natural

El tap s'obté gràcies al picat de planxes de suro. El tap més utilitzat és el de 44 mm. de longitud per 24 mm. de diàmetre. La part lateral del mateix, coneguda com a costat, quan és a l'interior del coll de l'ampolla hi té en contacte uns 35 milions de microporus. Aquests taps es troben sobretot en productes de gamma alta i en tots aquells vins que requereixin envelliment en ampolla.

Discos de suro

El procés de la seva producció és semblant al dels taps de suro natural, però en aquest cas es tallen les planxes de suro segons diverses seccions transversals, que posteriorment es laminen i es piquen mitjançant gúbies, obtenint discos regulars. Aquests discos de suro seran utilitzats posteriorment per produir altres tipus de taps. Els discos destinats a la producció de taps per a begudes efervescentes no podran tenir un gruix inferior a 4 mm.

Taps multipeça

Es produeixen mitjançant la unió de dues (o més) làmines de suro natural amb un adhesiu aprovat per l'EFSA perquè estigui en contacte amb aliments i begudes alcohòliques. Aquests són utilitzats majoritàriament en ampolles de gran format, ja que requereixen calibres de taps més grans que són més difícils de fabricar en una sola peça natural. No són recomanats per a permanències perllongades en ampolla.

Taps copsats

Es tracta de taps de suro natural els porus dels quals s'han omplert amb pols de suro produït durant el procés de picat i laminat. La pols es fixa als porus utilitzant una cola, que acostuma a ser base de resina i de cautxú natural o aigua, aprovada per l'EFSA. El seu ús es dona principalment en vins joves de consum immediat, que no requereixen envelliment en ampolla.

i

Els taps i discos defectuosos, així com els retalls del picat i laminat de les planxes de suro, són considerats com a **subproducte** i són derivats directament a la indústria de granulats i aglomerats.

i

Així mateix, durant el procés de picat i laminat es genera pols de suro, considerat com a residu no perillós, segons l'ordre MAM/304/2002 de 8 de febrer, per la qual es publiquen les operacions de valorització i eliminació de residus i la llista europea de residus.

Aquesta pols pot ser considerada com a subproducte i ser reutilitzada per la indústria del suro (com en el cas dels taps copsats) o altres indústries. El seu ús principal, a més de la producció de taps copsats, es divideix en:

- Producció d'energia a la pròpia indústria.
- Compost.
- Sòl per a estables.

Tot i això, segons dades del projecte LIFE Ecorkwaste, entre un 5 i un 10% d'aquest residu acaba a l'abocador.

1.2. Procés de fabricació de productes a partir de suro granulat

La preparació de granulats de suro s'alimenta de suro per tres vies:

- En primer lloc, del suro que s'obté en el primer (bornós) i segon (segunder) destapament de les sureres, pel fet que no reuneixen les condicions necessàries per a la producció de planxes uniformes requerides per a la producció de discos i taps de suro natural.
- A partir de les planxes no taponables de la indústria preparadora.

- A partir dels trossos, taps i discos rebutjats de la indústria de taps i discos de suro natural.

Per a la fabricació de granulats, en primer lloc, el suro (o els subproductes processats) es classifiquen en funció de la **seva aptitud per a ús alimentari** d'acord amb els requisits de l'EFSA i amb la Regulació (EC) No 1935/2004, el granulat del qual es destinarà a la indústria tapera; o **no alimentari**, el destí principal del qual serà el de la producció de productes per a la construcció.

a. Fabricació de taps de suro aglomerat

El suro apte per al seu ús en contacte amb aliments prové de les restes de la indústria tapera de suro natural. Aquest es tritura mitjançant sistemes capaços de separar impropis (com metalls o fusta) del suro en si. Posteriorment, mitjançant un procés de granulació s'obtenen fragments de suro que se separen segons la seva densitat i s'assequen, de manera que la humitat del granulat no sigui superior al 8%.

Per a la fabricació de taps de suro aglomerat, el pes específic del granulat de suro, d'acord amb el **CIPT**, ha de ser inferior a **75 kg/m³**, amb una **granulometria compresa entre 0,25 i 8 mm**. Abans d'aglomerar-los, la indústria ha de, mitjançant mètodes de neteja o extracció, millorar la neutralitat organolèptica dels granulats, **controlant el contingut en TCA** o 2,4,6-trichloroanisol, compost que proporciona la típica "olor de suro" dels vins . Aquest compost pot transferir-se del suro al vi, normalment a causa de la presència de certs tipus de fong que poden estar presents al suro.

i

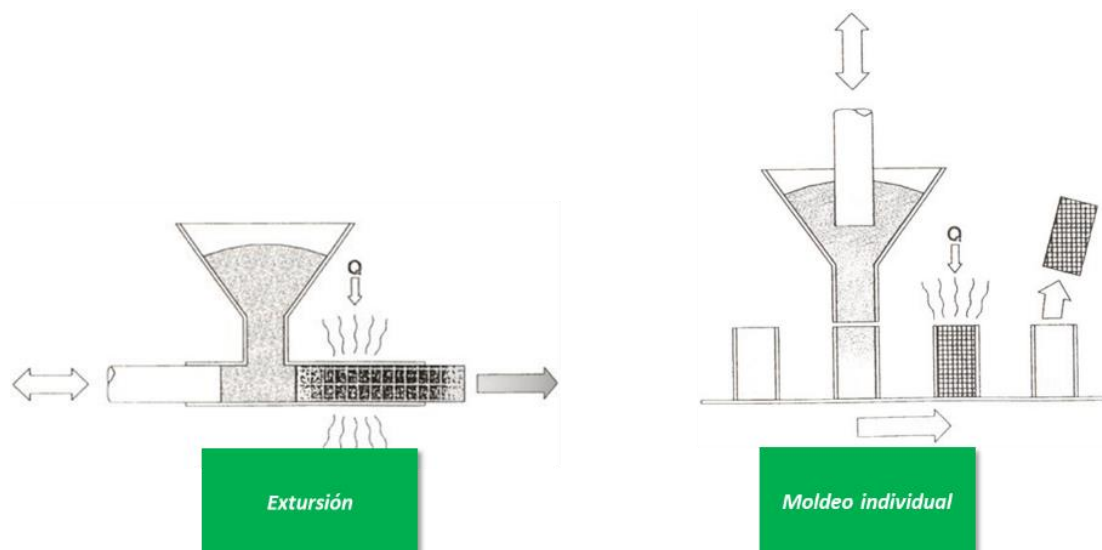
Durant la producció de granulats es genera pols de suro, igual que en la producció de taps naturals. Aquest pot ser valoritzat energèticament per a la producció d'energia a la pròpia indústria, així com materialment com a compost o sòl per a estables.

i

Aquells grànuls que tinguin una densitat superior a la indicada **són considerats subproductes**, i es destinen principalment a terres vegetals o com a sòl per als estables.

Posteriorment, el granulat de suro s'aglutina amb coles, adjuvants i additius, obtenint bastons de suro aglomerat mitjançant un procés d'extrusió o d'emmotllament individual. Aquesta barreja ha de contenir almenys un 75% en pes de granulat de suro tractat. Així mateix, els additius, adjuvants i coles usades en aquest procés es troben aprovats per l'EFSA i són segurs per al contacte amb aliments.

Figura 5. Procés d'obtenció de taps a partir d'aglomerats



Font: Ceres, manual del taponero.

Mitjançant discos de suro natural i suro aglomerat es produeixen diferents tipus de taps:

Taps tècnics

Estan constituïts per un cos de suro aglomerat molt dens i amb discos de suro natural enganxat a un o ambdós extrems. Es poden classificar en els tipus següents:

- Taps tècnics 1+1: el centre del tap està format per aglomerat de suro, al qual se li han enganxat un disc de suro natural a cada punta.
- Taps tècnics 2+2: el centre del tap està format per aglomerat de suro, al qual se li han enganxat dos discos de suro natural a cada punta.
- Taps tècnics 2+0: el tap està format per aglomerat de suro, al qual se li han enganxat dos discos de suro natural a la punta que es troba en contacte amb el líquid.
- Taps per a escumosos i cava: el tap té un diàmetre major al dels taps normals per suportar la pressió del gas. Està format per un cos aglomerat, al qual a l'extrem en contacte amb la beguda se li aplica 1, 2 o 3 discos. Els discos destinats a la producció de taps per a begudes efervescentes no podran tenir un gruix inferior a 4 mm i l'alçada del conjunt de discos haurà d'estar compresa entre 10 i 13 mm.

Taps aglomerats

Estan constituïts únicament per aglomerat de suro. Es fan servir en vins destinats a consumir dins de l'any. En general, en un període que no superi els 12 mesos. Vins de baix preu i alta rotació.

Taps capgrossos

Estan constituïts únicament per aglomerat de suro al qual s'uneix un capçal de fusta o plàstic que facilita obrir i tancar l'ampolla. Es troben en begudes que no són consumides generalment duna vegada o en begudes espirituoses que en sortir al mercat estan a punt per ser consumides. Els exemples més notables són el vi de Jerez, moscatell, vins de Porto, el brandi i també whisky, vodka, cognac, armagnac, calvats, licors i aiguardents.

Recentment, la Llei Vitivinícola Catalana recomana, per primer cop, el tap de suro per a l'envàs de vi com a element de qualitat i innovació.

b. Fabricació de planxes de suro aglomerat per a construcció

Aproximadament, un 20% de la producció total de suro va destinada a la fabricació d'aglomerats destinats a la construcció. Els seus usos estan relacionats amb l'aïllament tèrmic i l'absorció energètica.

Figura 6. Procés de fabricació de l'aglomerat expandit



Aglomerat expandit

Aglutinat de granulat de suro cru o suro de molt baixa qualitat. Es fa servir el poder aglutinant de la pròpia suberina, sotmès a un procés d'aplicació de temperatura i pressió mitjançant vapor. Aquest procés proporciona plaques d'aglomerat de diferents gruixos i formes depenent del motlle utilitzat. Normalment el procés s'acaba amb correccions diametral i de manera.

Tipus

- Aglomerat negre tèrmic: 5-22 mm i 115 kg/m³
- Aglomerat negre vibràtic: 170 kg/m³
- Aglomerat negre acústic: 5-10 mm i 95 kg/m³

Aglomerats

Es tracta d'aglutinat de granulat de suro a partir de residus del procés de fabricació. Aquest producte es pot fabricar amb diferents propietats i formes. El material resultant és un compost de suro aglutinat gràcies a adhesius.

Els aglomerats no expandits tenen una resistència mecànica i davant de l'abració major, motiu pel qual són utilitzats en paviments i peces de fricció.

Figura 7. Procés de fabricació d'aglomerats i composites de suro

Fabricación de aglomerados y composites



Composites

Es tracta d'aglutinat de granulat de suro amb resines naturals o sintètiques. Aquest producte es pot fabricar amb diferents propietats i formes. El material resultant és un agregat de suro i altres materials que originen un compost diferent, amb les propietats i característiques dels dos productes. Depenent de la seva funció es poden distingir diferents composites: antivibràtic, acústic, amortidor, etc.

Taula 1. Productes de suro utilitzats en diferents aplicacions en construcció i les seves propietats més destacades.

Usos	Productes	Exemples	Propietats requerides
Recobriments (sòls, parets i sostres)	Aglomerats de suro-composites	Rajoles de suro per a terres	Resistència al desgast
	Aglomerats de suro expandit	Capa base per sostres	Resiliència
	Suro-goma o suro-cautxú	Subsòl per sòl	Absorció d'impacte
	Suro projectat	Cobertes, façanes i terres	Resistent a les humitats
Aïllant tèrmic i acústic	Aglomerats de suro-composites	Aglomerats de suro-epoxi	Conductivitat tèrmica baixa
	Aglomerats de suro expandit	Panells de sostre i paret interior	No absorció d'humitat i adequada resistència mecànica

Taula 1. Productes de suro utilitzats en diferents aplicacions en construcció i les seves propietats més destacades.

Usos	Productes	Exemples	Propietats requerides
	Granulat de suro	Materials de farciment per a espais buits entre parets dobles i terres	Resistència al foc, durabilitat i baixa densitat.
	Suro projectat	Cobertes, façanes, parets i terres	Resistent a les tèrmiques i acústiques
Aislante de vibraciones	Aglomerats de suro-composites	Estructures tipus <i>sandvitx</i>	Absorció de la vibració de els xocs.
	Aglomerats de suro expandit	Panells expandits d'alta densitat	
	Aglomerats de suro expandit	Juntes	
Corcho-goma o corcho-caucho	Aglomerats de suro expandit	Panells expandits	Alta compressibilitat i recuperació
	Suro-goma o suro-cautxú		

Font: Noves aplicacions del suro, Grup Operatiu GO SUBER (2018).

i

El sector de **la fabricació de granulats de suro per a usos no alimentaris podria a més absorbir els taps postconsum** de vins, caves o residus de suro procedents de la indústria i construcció. Tot i això, actualment no existeix un sistema de recollida de suro domèstic ni industrial orientat al seu reciclatge i revaloració a Espanya.

El projecte LIFE Ecorkwaste aprovat el 2015 sobre la gestió integrada i sostenible dels residus de suro de la indústria surera, va identificar en el pla de gestió que **un dels principals residus no gestionats del sector són els taps utilitzats**.

Recollida de suro utilitzat

En aquest sentit, actualment el suro usat a nivell domiciliari i comercial es recull a la fracció orgànica en aquelles CCAA on està implantada. Posteriorment s'utilitza com a estructurant per a la transformació de compost en plantes de compostatge o és usat per generar electricitat i calor en plantes de digestió anaeròbies. A nivell industrial, els residus de suro no es consideren perillosos, i les seves principals destinacions també són el compostatge o la valorització energètica.

Només un petit percentatge dels taps de suro postconsum és reciclat per tornar a crear productes de suro, gràcies a campanyes específiques dutes a terme per municipis, entitats o a nivell particular. Algunes es detallen a continuació:

Recicork

RECICORK és una campanya iniciada el maig del 2009 i impulsada per l'Ajuntament de Palafrugell i la Xarxa Europea de Territoris Surs (RETECORK). La iniciativa és coordinada per l'àrea de Medi Ambient de l'Ajuntament i finançada per la Diputació de Girona i l'Agència de Residus de Catalunya.

També hi va intervenir l'associació Cuina de l'Empordanet, amb 47 establiments de Palafrugell com a punts de recollida de taps. El projecte va comptar amb la col·laboració de l'Institut de Promoció Econòmica de Palafrugell (IPEP) i el suport de l'Institut Català del Suro (ICSuro).

A més dels establiments privats, es van establir dos punts de recollida més: la deixalleria municipal i el Museu del Suro. En el cas dels restaurants, es recullen els taps generats pel mateix establiment, mentre que la deixalleria i el Museu del Suro possibiliten a qualsevol ciutadà el lliurament de taps. Actualment, al Museu del Suro se segueix realitzant la recollida de taps de suro utilitzats.

Campanya “Donem una segona vida al tap de suro”

Del 23 de desembre al 7 de gener, INNOVI, Codorniu i l'Institut Català del suro van dur a terme un projecte en economia circular per a la introducció d'un sistema de retorn per als taps de suro dins un marc d'economia circular. Per això, van instal·lar petits contenidors de recollida de taps als supermercats Plusfresc de Mollerusa i a dos de Barcelona. El principal objectiu va ser determinar la viabilitat d'aplicar un sistema per a la recollida de taps de suro i noves alternatives de recuperació per promoure'n el reciclatge. Els taps recollits van ser utilitzats per a projectes de recerca del departament de R+D+i de l'Institut Català del Suro.

Aflote

Aflote és un projecte que neix per ajudar la integració social i reduir l'impacte mediambiental. Mitjançant el reciclatge dels taps de suro que recullen, generen ocupació per a persones de col·lectius desfavorits. Realitzen recollida de taps de suro a Barcelona, on col·laboren restaurants, bars, hotels, empreses de càtering, cafeteries i cellers. Posteriorment es porten a la planta de Barnacork, on es trituren i se li dona un segon ús com a productes de mobiliari, construcció i moda.

Recollida de taps a establiments hotelers

El grup d'Hotels NH està duent a terme des del 2011 el programa d'economia circular "CORK2CORK", a través del qual s'aconsegueix donar una segona vida als taps de suro recollits als restaurants de 74 dels hotels de la companyia a Espanya. L'objectiu d'aquest programa és recuperar i reciclar els taps de suro de les ampolles per donar-los un nou ús, convertint-los en material de revestiment i aïllament que es podran utilitzar posteriorment a la construcció de noves habitacions. Des del 2011 s'han aïllat 300 noves habitacions amb suro reciclat.

i

La manca d'una estructura per a la reutilització i el reciclatge de suro dificulta el reaprofitament d'aquesta matèria primera secundària per la indústria, malgrat que es generi en grans quantitats al nostre país (principalment pels taps utilitzats pel consum de vins i caves).

c. Altres productes derivats dels aglomerats de suro

El 10% restant de la producció de suro va destinat a altres usos descrits a continuació, per als quals també es podria emprar suro usat i reciclat:

Aplicacions tèxtils

L'ús del suro a la indústria tèxtil i de la moda té una llarga trajectòria. El suro com a solució tèxtil es pot trobar:

- Com a suro natural o aglomerats, per exemple, en soles de sabates.
- Combinat amb cotó, polièster o poliuretà gelificat, per a calçat i marroquineria.
- Làmines fines de suro en combinació amb fibres, com cotó, polièster o niló, per a confecció de roba i marroquineria.
- Aglomerats de suro compostos amb niló per a productes repel·lents a l'aigua.

Mobiliari

El suro s'ha usat àmpliament en mobiliari, degut a la seva versatilitat i aspecte visual. Es pot trobar mobiliari d'aglomerat de suro expandit o utensilis de cuina resistents a la temperatura, per cuinar amb nitrogen líquid, per exemple.

Terres vegetals

Els granulats de suro destinats a la indústria alimentària passen per uns processos de separació basats en la densitat. Aquells granulats considerats d'alta densitat (d'entre 150 i 250 kg/m³) no són aptes per a la indústria del tap, ja que tenen una gran part llenyosa. Considerats com a subproductes, el seu principal destí són les terres vegetals gràcies al seu alt contingut en lignina, o fins i tot com a sòls als estables (igual que la pols de suro) per mantenir el confort del bestiar.

A més d'aquestes aplicacions tradicionals, hi ha una sèrie de noves aplicacions emergents del suro en diferents formats.

Farmàcia i cosmètica

El suro i els seus subproductes són una font important de múltiples compostos bioactius, amb propietats antiinflamatòries, antienvelliment, activitat depurativa o captura de radicals lliures, els quals s'estan estudiant per afegir en productes de farmàcia i cosmètica.

Tractament d'aigües residuals com a material absorbent a aiguamolls

Els aiguamolls artificials són sistemes de purificació d'aigües on, de forma controlada, s'eliminen contaminants d'aigües residuals, imiten els mecanismes presents en aiguamolls naturals. Aquests tenen una alta capacitat per a absorbir matèria orgànica, excés de nutrients i altres contaminants, a més de poder-se manejar amb nivells d'aigua fluctuants i pH baixos. En aquest sentit, el suro és un bon candidat com a complement del substrat on creixen les plantes dels aiguamolls per dos motius:

- La composició química del suro, amb alt contingut en suberina, fa que tingui una alta capacitat de bioabsorció de metalls i molècules orgàniques, com ara pesticides o hidrocarburs aromàtics policíclics.
- D'altra banda, la seva superfície porosa fa de suport per al creixement microbià (que contribueix a la filtració de les aigües) a més del desenvolupament de les plantes que constitueixen l'aiguamoll artificial.

En aquest aspecte, entre les aplicacions industrials que tenen els aiguamolls artificials hi ha el tractament d'aigües residuals de sectors del processament de menjar, com ara la producció de vi. Estudis en el marc del projecte LIFE Ecorkwaste, amb la col·laboració de l'ICSuro, van demostrar, a nivell de laboratori, que les zones humides artificials que contenen partícules de suro com a substrat aconseguien sostreure d'un 70% a un 100% dels contaminants presents a les aigües residuals procedents de la producció de vi.

Impressions 3D

El suro té múltiples propietats que poden aportar valor afegit a la impressió 3D, permetent competir directament amb productes plàstics. El 2018, després del desenvolupament d'un estudi per l'Institut Català del suro, es va obtenir el material 3DCORK, amb base de PLA (àcid polilàctic fabricat a base de recursos renovables) i 20% de pols de suro. Aquest material, a part del seu ús com a bobina d'impressió 3D, es pot utilitzar en un sistema de fabricació estàndard en motlles d'injecció plàstica.

Alimentació animal

Les micotoxines, generades per fongs, poden generar intoxicacions agudes en humans i animals. Per això, en l'alimentació animal es fan servir absorbents d'aquestes toxines, com ara argila. No obstant això, l'argila pot generar problemes de digestió per als animals i hi ha estudis que apunten a la possible utilitat del suro com a material adsorbent d'aquestes micotoxines a causa de la seva macroporositat i els grups funcionals presents a la superfície. D'altra banda, també té potencial d'ús a l'aqüicultura, ja que l'aportació de grànuls de suro a l'alimentació dels peixos provoca la creació de femta flotant, facilitant-ne l'eliminació i mantenint estable el sistema.

En aquest context, el ventall de productes que utilitzen suro cada cop és més ampli, gràcies a ser un material renovable i biodegradable amb molta resistència. Per això, les indústries dedicades a aquests usos emergents del suro podrien aprofitar-se d'un sistema de recollida de suro usat per incorporar primeres matèries secundàries en els seus processos productius.

2. El sector de fabricació de productes de suro a les Illes Balears

La producció de matèria primera de suro a Espanya està concentrada principalment a Extremadura, Andalusia i el Nord de Catalunya. Al seu torn, en general, la localització de la indústria de suro és geogràficament propera a la localització de les suredes. En aquest sentit, Extremadura i Andalusia estan especialitzades en la preparació de suro, que posteriorment s'exporta a altres comunitats o fora de l'estat espanyol per transformar-les, mentre que Catalunya està especialitzada en el procés de transformació, en sinergia amb l'elevada activitat vitivinícola de la comunitat autònoma.

La superfície de l'alzina surera ocupa gairebé 575.000 ha i la seva escorça sol extreure's entre cada 9 i 12 anys, donant lloc a l'extracció de més de 60.000 tones anuals de suro (encara que amb alta variabilitat entre anys). Aquest fet situa Espanya en el segon productor mundial de suro, amb un 27% de la superfície mundial i un 30,5% de la producció, superat únicament per Portugal.

Taula 2. Producció i superfície de suro per país

País	Producció anual mitjana (t)	Àrea (Miles de ha)
Portugal	100.000	720
Espanya	61.504	574
Marroc	11.686	383
Algèria	9.915	230
Tunísia	6.962	86
França	5.200	65
Itàlia	6.161	65

Font: APCO, 2020

En aquest sentit a Espanya s'estima que hi ha unes 195 empreses dedicades a la preparació i transformació de suro, les quals van produir els següents productes derivats entre 2016 i 2020:

Taula 3. Evolució de la producció de productes derivats del suro 2016-2020 (tones).

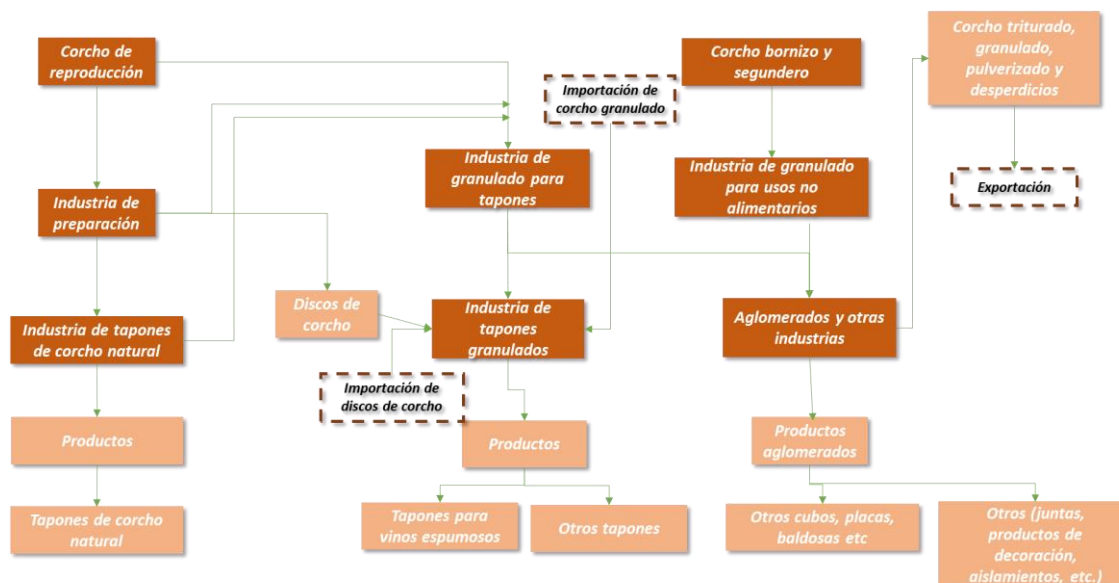
	2016	2017	2018	2019	2020
Suro triturat, granulat, polvoritzat i deixalles	41.976,25	36.829,91	40.388,90	35.048,14	37.354,53
Suro natural en planxes	13.736,85	14.135,01	11.334,25	10.745,78	8.885,51
Manufactures de suro natural	6.125,33	4.034,58	3.798,20	3.645,24	2.798,28
Taps	3.875,96	1.524,02	1.629,47	1.346,34	1.264,81
Altres (discos, anells, etc.)	2.249,38	2.510,56	2.168,73	2.298,91	1.533,47
Suro aglomerat i les seves manufactures (fins i tot amb aglutinant)	17.219,84*	19.256,27	19.976,15	19.150,19*	16.553,57*
Galledes, plaques, planxes, fulles, rajoles, cilindres, discos	17.044,11*	19.045,62	19.786,86	18.946,32*	16.427,84*
Taps per a vins escumosos	6.995,70	6.858,28	6.994,01	7.152,88	6.864,81
Altres taps	10.048,41	9.934,94	11.078,14	11.793,43	9.563,03
Altres cubs, plaques, rajoles etc	**	2.252,40	1.714,71	**	**
Altres (juntres, productes de decoració, aïllaments, etc.)	175,73	210,65	189,29	203,87	125,73

* La suma no inclou la quantitat produïda de "Altres cubs, plaques, rajoles, etc"

**Dada no publicable per secret estadístic

Font: EIP, INE

Figura 8. Fluxos en la producció de productes derivats del suro



Font: Institut Cerdà a partir d' Integrated waste management plan for the cork industry: Life ECORKWASTE (2018).

i

Els additius emprats pel sector procedeixen de matèries primeres verges, i no s'ha explorat gairebé el seu subministrament a partir de matèries primeres secundàries procedents de residus.

Tenint en compte la producció industrial de productes derivats del suro és inferior a la producció de primera matèria, gran part d'aquest suro s'ha d'importar.

No obstant això, tenint en compte que el consum de vi a Espanya, tant domèstic com extradomèstic, va ser el 2019 de 540,15 milions de litres, s'estima que es podrien haver recuperat al territori espanyol 2.554 tones de suro, que podrien destinar-se posteriorment a la indústria de l'aglomerat.

- En el cas de la indústria de suro aglomerat per a ús no alimentari, concretament composites i aglomerats tradicionals, la indústria del país tindria la capacitat d'absorbir part del suro recuperat directament, sense la necessitat de dependre d'importacions de països tercers.
- En el cas de la indústria de suro aglomerat per a ús alimentari (taps de diferents tipus), el procediment per a la seva reutilització no seria tan senzill.

Per poder reutilitzar el suro d'ampolles de vi usades, aquest hauria de passar per un procés de neteja i desinfecció, en haver estat en contacte amb productes alimentaris. Així mateix, probablement el tap s'hauria de regranular per poder tornar a ser usat.

En aquest sentit, el seu reaprofitament es troba amb diverses problemàtiques:

- Els materials i objectes destinats a entrar en contacte amb aliments estaran fabricats conforme a bones pràctiques de fabricació perquè, en les condicions previsibles d'ocupació, **no transfereixin els components als aliments en quantitats que puguin representar un perill per a la salut humana**, o provocar modificacions inacceptables de la composició dels aliments, o provocar-ne alteracions de les característiques organolèptiques. Per això, caldria remetre la corresponent sol·licitud a l'autoritat competent a través dels punts Nacionals de Contacte, a fi de fer-la arribar a l'Autoritat Europea de Seguretat Alimentària (EFSA) perquè avalui la seguretat de la substància en qüestió i emeti un dictamen que seria considerat per la Comissió Europea per prendre una decisió.
- L'obtenció de matèria primera per al granulat de suro és molt barata (0,2 - 0,4 €/kg el preu del suro directament tret de l'arbre no apte per a taps naturals).

En concret, les Illes Balears no disposen d'empreses dedicades a la fabricació de productes de suro. No obstant això, es genera una certa quantitat de residus de suro a nivell industrial, provinents d'altres tipus d'activitats industrials amb l'objectiu principal no és la fabricació de productes de suro.

En aquest sentit, s'estima que l'any 2019 la generació de residus de suro a la Comunitat Autònoma va ser de 114 tones en l'àmbit municipal, tenint en compte els residus produïts per taps de suro en vins i escumosos després del seu consum, i 394 tones en l'àmbit industrial el 2018.

Institut  Cerdà