

Anàlisi comparatiu de la idoneïtat de diversos combustibles respecte costos i emissions

Semestre 2020-1

Nom de l'estudiant: ALEJANDRO PALENCIA PICÓ

E-mail: apalenciap@uoc.edu

Nom del Director/a: PAU MORALES FUSCO

FITXA DEL TREBALL FINAL

Títol del treball:	<i>Anàlisi comparatiu de la idoneïtat de diversos combustibles respecte costos i emissions.</i>
Nom de l'autor:	<i>Alejandro Palencia Picó</i>
Nom del Director/a:	<i>Pau Morales Fusco</i>
Data de lliurament (mm/aaaa):	01/2021
Resum del treball (màxim 250 paraules):	
<p>L'ús dels vehicles que empren Hidrogen (FEV) o electricitat (BEV) es mostren com una alternativa ideal a l'hegemonia actual que presenten els vehicles de combustió interna (ICE). No obstant, existeix una preocupació pel desequilibri que generen les noves tipologies de combustibles en relació a les emissions generades durant el procés Well-to-Wheel (WTW).</p> <p>El present document pretén analitzar de manera genèrica, els costos– directes i indirectes–, així com les externalitats i emissions generades per aquestes tipologies de combustibles, mitjançant la presentació de diversos escenaris ficticis, amb la intenció de presentar resultats sobre la idoneïtat d'un combustible sobre la resta en les circumstancies analitzades.</p> <p>La metodologia es basa en l'anàlisi bibliogràfic; en l'ús dels principals observatoris del transport de mercaderies per carretera per l'anàlisi de costos; el Handbook on the external costs of transport per als costos externs, i programari informàtic per l'anàlisi d'emissions, tot basant-se en el model GLEC i UNE EN 16258.</p> <p>A priori, els millors resultats els presentava el ICE, donat que l'obtenció de l'energia necessària per generar electricitat i hidrogen, presentava uns factors d'emissió molt elevats amb el mix energètic actual. Una adaptació i consolidació per part del estat en l'ús d'energies renovables, així com en descomptes fiscals presenta als BEV com un competidor excel·lent, així com mostren la fortalesa de l'hidrogen com a combustible. L'adequació del model de producció energètic, és el factor principal que afectarà tant a les emissions, costos i externalitats.</p>	

Abstract (in English, 250 words or less):

The use of vehicles that use Hydrogen (FEV) or electricity (BEV) are shown as an ideal alternative to the current hegemony of internal combustion engine vehicles (ICE). However, there are concerns about the possible imbalance generated by new types of fuels in relation to emissions generated during the Well-to-Wheel (WTW) process.

This paper aims to analyze the costs- direct and indirect - in a generic way as well as the externalities and emissions generated by these types of fuels, by creating various fictitious scenarios, aiming to obtain results on the suitability of a fuel over the rest in the currently analyzed circumstances

The methodology is based on bibliographic analysis; the use of major road freight transport observatories for cost analysis; the Handbook on the external costs of transport for external costs, and computer software for emissions analysis, based on the GLEC and UNE EN 16258 model.

At first, the best results were presented by the ICE, given that obtaining the energy needed to generate electricity and hydrogen had very high emission factors with the current energy mix. An adaptation and consolidation by the state in the use of renewable energies, as well as a tax reduction, similarly to the ones applied to ICE, could shift completely the current hegemony in favour of BEV and FEV vehicles.

Paraules clau (entre 4 i 8):

Hidrogen, electricitat, motors combustió interna, Well-to-Wheel, emissions, costos.

Índex

INTRODUCCIÓ	1
Objectius.....	2
Hipòtesis i Metodologia	3
Estructura	3
CAPÍTOL 1	4
1.1. Anàlisi de Costos	4
1.1.1 Costos directes	4
1.1.2 Costos indirectes	5
1.2. ANÀLISI D'EXTERNALITATS – COSTOS EXTERNES	6
1.2.1 Accidents.....	6
1.2.2 Contaminants aeris.....	7
1.2.3 Emissions WTW	8
1.2.4 Costos de canvi climàtic – gasos efecte hivernacle	8
1.2.5 Internalització	8
1.3 MÈTODES ANÀLISI EMISSIONS	9
1.3.1 GLEC	9
1.3.2 GREET.....	10
1.3.3 UNE EN 16258	10
1.3.4 Autors.....	10
CAPÍTOL 2	12
2.1 MOTORS DE COMBUSTIÓ INTERNA - ICE	12
2.1.1 Característiques.....	12
2.1.2 Procés obtenció	12
2.1.3 Emmagatzematge	13
2.1.4 Distribució.....	13
2.1.5. Millores a implementar	13
2.1.5.1 Combustibles sintètics	13
2.2 HIDROGEN	14
2.2.1 Característiques.....	14
2.2.2 Mètodes d'obtenció.....	14
2.2.3 Emmagatzematge d'Hidrogen	15
2.2.3.1Compressió	15
2.2.3.2 Liquefacció	15
2.2.4 Distribució.....	16
2.2.5 Millores a implementar	16
2.3 VEHICLES DE BATERIA ELÈCTRICA - BEV.....	17
2.3.1Característiques.....	17
2.3.2 Mètodes d'obtenció.....	18
2.3.3 Emmagatzematge i Distribució.....	18
2.3.4 Problemes d'emissions.....	18
2.3.5 Toxicitat	19
2.3.6 Cadena de subministrament de bateries	19
2.3.7 Reciclatge de bateries.	19
2.3.8 Millora rendiment BEV	20

CAPÍTOL 3	20
3.1 Emissions	20
3.2 Producció.....	20
3.3 Casuística	21
3.4 Preus	22
CAPÍTOL 4	24
4.1 Ruta	24
4.2 Especificacions del vehicle.	24
CAPÍTOL 5	26
5.1 Anàlisi de Costos. Directes i Indirectes	26
5.2 Anàlisi d'emissions	29
5.3 Anàlisi de rutes.....	32
5.4 Escenari 2030.....	34
CAPÍTOL 6	37
Bibliografia.....	40

INTRODUCCIÓ

Per tal que una societat floreixi i evolucioni, és necessari un bon sistema de distribució de béns de consum, ja sigui importacions o exportacions, l'essencial, és el procés productiu.

En aquest aspecte, i durant molts segles, l'ésser humà ha adoptat els combustibles fòssils com fonts principals d'energia, ja sigui per la seva facilitat d'obtenció (carbó) així com, posteriorment, alternatives que presenten un gran avantatge en el què productes derivats del seu tractament es refereix (petroli).

Per tant, no és d'estranyar l'hegemonia dels motors de combustió interna (ICE en anglès) com a element generador d'energia cinètica per als vehicles que s'empren diàriament: transport de mercaderies, o per ús personal.

Malauradament, l'ús d'aquests ICE, comporta grans consums de derivats de petroli, fet que simultàniament genera un gran impacte ambiental. No tan sols augmenten els gasos d'efecte hivernacle (GHG en anglès), sinó també comporten un augment de casos de malalties cròniques [1].

Per tal de pal·liar aquest efecte, s'estan duent a terme diferents propostes a nivell global, amb l'objectiu de disminuir el màxim possible aquests elements generadors de pol·lució. L'Acord de París, l'agenda 2030 proposada per la ONU o el European Green Deal en són alguns dels seus màxims exponents.

Tot i l'aplicació de diversos protocols, el descens observat en les emissions dels principals contaminants generadors de GHG [2] ; CO₂, CH₄, N₂O i Gasos fluorats [3,4], en el 2018 el sector del transport continuava sent responsable del 72% del seu total, on un 19% procedia de vehicles de transport pesat, generant l'equivalent a 792 milions de tones de CO₂ equivalent [4].

Per tal de pal·liar i reduir encara més les emissions de GHG, la Comissió Europea va proposar una nova normativa, la qual requereix que els nous vehicles manufacturats a partir de 2020

emetin menys de 95 g/km de CO₂ a l'atmosfera (en funció del pes màxim del vehicle), reduint tal valor fins a 68-78 g/km en 2025.

Comparant els valors de 2017 en el referent a la intensitat d'emissió mitjana dels combustibles, l'any 2018 va representar un increment del 0.3%, situant-se d'aquesta manera en 3,7% de reducció de GHG sobre la base de referència de 2010. Per tant, l'objectiu marcat per la Unió Europea (UE), la qual pretén una reducció d'un 6% en totes les emissions de GHG per al període de 2020, pot no complir-se [5].

Amb l'objectiu d'assolir els nous criteris proposats per la UE, és imperatiu modificar els factors; com al tipus de combustible que els vehicles empen, que afecten i generen més emissions. L'anàlisi a través d'un model Well-to-Wheel (WTW), permet obtenir una perspectiva de l'impacte ambiental d'un procés, des del seu inici, fins al final.

Addicionalment als costos mediambientals que es generen de la utilització dels diferents combustibles durant les etapes WTW (Well-to-Wheel), és menester tenir en consideració els factors socioeconòmics implicats, ja sigui de manera directa, o indirecta, ja que no solament existeix un impacte WTW, sinó que els costos són molts més profunds.

Tal com s'ha comentat anteriorment, les malalties derivades o agreujades per tal emissió de components nocius suposa un cost per la sanitat. Així, algun dels processos d'extracció de les matèries primeres que formen part ja sigui de l'estructura/carrosseria del vehicle, o de la font d'alimentació, es troben sota sospita per violacions de drets humans o per recursos de dubtosa procedència [6].

En aquest sentit, i tot tenint en consideració les noves tendències i preocupacions de la societat, així com el canvi de paradigma pel qual s'estan decidits grans companyies productores de d'automòbils, no es d'estranyar, l'aparició de nous vehicles que empen bateries elèctriques (BEV), piles d'hidrogen (FEV) per tal de fer front als motors de combustió interna (ICE). Aquests últims, i tal com s'ha comentat anteriorment, sent un dels principals generadors de GHG.

Existeix extensa bibliografia referent a la parametrització de valors WTW tant en vehicles de combustió interna [7], elèctrics [8] o d'hidrogen [9-11]. En aquest sentit, és innegable l'interès tant de la comunitat científica, com de les organitzacions governamentals [12] en determinar l'impacte real-aproximat de l'efecte de l'ús intensiu del transport, i així com dels efectes generats per tot el procés productiu d'extracció i distribució de combustible, tant en el medi ambient, com índole socioeconòmica i de salut humana.

Objectius

Donada la gran quantitat d'estudis i publicacions realitzats en l'àmbit de la comparació de WTW entre tipologies de fonts d'energia– BEV, FEV, ICE– el present treball no pretén crear-ne una de nova, sinó emprar els coneixements i dades obtingudes, per tal de realitzar una aproximació dels principals costos externs, incloent-hi factors socioeconòmics, que generen aquests tipus de combustibles sobre la penjada ecològica.

D'aquesta manera, es podrà obtenir una visió general, del millor tipus de font d'energia a seleccionar en funció dels costos que representi, així com de l'impacte ambiental que generi.

Tanmateix, l'estudi indagarà sobre alternatives o millores de les actuals tecnologies emprades per l'obtenció o aplicació de les fonts d'energia seleccionades sobre el sector del transport.

Hipòtesis i Metodologia

Per tal de poder obtenir una visió tan acurada com sigui possible, el present projecte emprarà com a model central, dos escenaris ficticis focalitzats en rutes de transport. Un des de Barcelona a Madrid, i un altre des de Barcelona a Bilbao per tal de representar les casuístiques concretes de les diferents tipologies de combustibles (fòssils, hidrogen, elèctric), amb els costos—directes i indirecte—així com externalitats, en cas que escaigui o sigui aplicable.

Per tal d'homogeneïtzar valors, el present treball emprarà com a font d'informació sobre les externalitats, procedents del transport de mercaderies, els valors presents en els observatoris de costos a nivell estatal i autonòmic, així com el *Handbook on the external costs of transport* de la UE per el DELFT [12].

Els paràmetres que romandran inalterables, o es catalogaran com a negligibles dins d'aquest estudi són:

- Variacions climàtiques o de rendiment per alçada.
- Impacte acústic.
- Impacte sobre el terreny.
- Impacte sobre fauna i flora.
- Metodologies de transport diferents de la del terrestre (aèria, marítima).
- Manteniment, millora o construcció d'infraestructures.

S'empraran valors obtinguts per l'autor a partir del recurs web EcoTransIT [13] i PTV Map & Guide [14], així com valors extrapolats de diversos autors i mètodes publicats de d'anàlisi d'emissions, per tal de definir el WTW. En conseqüència, es tracta d'un projecte eminentment bibliogràfic amb factors de comparació.

Es seguirà la normativa EURO VI en el que emissions es refereix. El vehicle en qüestió consistirà en un camió rígid de 18 t.

Estructura

Capítol 1. ANÀLISI DE COSTOS, EXTERNALITATS I EMISSIONS

Menció sobre la tipologia d'anàlisi de costos que es realitzarà, tot tenint en consideració les externalitats.

Capítol 2. COMBUSTIBLES

Breu descripció de les característiques de cada tipus d'energia seleccionada per la comparativa i cas d'estudi. Sent aquestes ICE (dièsel), Hidrogen (Piles de combustible) i Electricitat (Bateries)

Capítol 3. ENERGIA

Es presenta la tipologia d'energia emprada a l'estat espanyol, això com les fonts generadores.

Capítol 4. PARÀMETRES DE RUTA I ESPECIFICACIONS

Menció de les característiques del vehicle amb el qual es realitzarà l'anàlisi, així com els paràmetres que la defineixen.

Capítol 5. RESULTATS I DISCUSSIÓ

Es presenten els resultats obtinguts de l'anàlisi de costos, externalitats i emissions del vehicle, segons la tipologia de combustible emprat, així com el WTW.

Capítol 6 . CONCLUSIÓ

Exposició dels elements determinants del treball.

CAPÍTOL 1

ANÀLISI DE COSTOS, EXTERNALITATS I EMISSIONS

Es presenten els diversos elements que es consideraran dins de l'anàlisi de costos—directes i indirectes—així com destinats a l'anàlisi d'externalitats.

1.1. Anàlisis de Costos

L'anàlisi de costos constitueix la millor eina disponible per tal d'identificar la viabilitat o rendibilitat d'un projecte o empresa, en termes econòmics, doncs la informació obtinguda, representarà de la manera més acurada possible, quins són els factors clau de rendiment. Segons la tipologia d'anàlisi que es vulgui dur a terme (costos de fabricació, distribució, etc.), els paràmetres variaran.

En el referent a bibliografia centrada en l'anàlisi de costos amb caire logístic, tot i existir diverses publicacions centrades en tals temes [15], la disparitat en els mètodes emprats, així com la complexitat dels models matemàtics per la qual s'analitzen alguns elements [16,17], dificulta en alguns casos la tasca d'unificar criteris. No obstant, es procurarà emprar paràmetres específics en l'anàlisi, presents en les esmenades bibliografies, així com per una metodologia tradicional i conservadora de caràcter econòmic.

1.1.1 Costos directes

Es poden definir com aquells costos que poden quantificar-se i assignar-se de manera directa a un producte o servei que s'ofereix. En el context que refereix aquest document, es basa en els costos als quals incorre un vehicle per la seva explotació directa.

Dins dels directes podem trobar:

- Fixos. Aquells que es generen independentment de l'activitat que realitzi la flota de vehicles. Àmbit temporal.
- Variables: Aquells que varien proporcionalment a l'activitat de la flota. Àmbit quilomètric, distància.

Els principals elements a tenir en consideració, per tal de definir els costos directes d'una explotadora de transport són:

- **Amortització:** Definida com la pèrdua de valor dels actius o passius amb el transcurs del temps. Posseeix caràcter anual.
- **Despeses financeres:** Costos anuals originats per al finançament dels vehicles i equips.
- **Personal de conducció:** Cost anual que representa per a la companyia el personal contractat per la conducció dels vehicles.
- **Assegurances:** Cost total anual de l'assegurança contractada per al vehicle.
- **Costos fiscals:** Definit pel total anual dels costos fiscals repercutibles a un vehicle.
- **Combustible:** La suma anual dels costos derivats de l'ús del carburant per part del vehicle (es pot incloure solament l'element tractor, això com la dualitat tractora i equipament).
- **Pneumàtics:** Costos anuals dels pneumàtics emprats. A efectes pràctics, i en especial per aquest document en concret, es consideren negligibles.
- **Manteniment i reparacions:** Comprèn el costos de les operacions de manteniment periòdic del vehicle, tant en tallers propis com en el de tercers.
- **Dietes:** Quantitat econòmica entregada al conductor segons els convenis i protocols establerts, en funció dels quilometratges anuals i de les característiques del viatge realitzat.
- **Peatges:** Cost dels peatges de les autopistes emprades durant el desplaçament del vehicle i/o mercaderies. Nivell anual.

La **Taula 1** representa les agrupacions dels diversos elements mencionats anteriorment, segons la casuística a la que pertanyen.

Taula 1. Tipologia de costos directes.

Costos directes fixos
1. Amortització
2. Despeses financeres
3. Personal
4. Assegurança
5. Costos fiscals
Costos directes variables
1. Combustible
2. Pneumàtics (negligible)
3. Manteniment i reparacions
4. Peatges
5. Dietes

1.1.2 Costos indirectes

En contraposició als directes, els indirectes no es troben relacionats directament amb els serveis que s'ofereix. És a dir, aquells no directament aplicables a l'explotació d'un vehicle, però que són necessaris per al correcte funcionament de l'empresa a la qual pertanyen.

Dins dels indirectes podem trobar:

- **Costos d'infraestructura:** Amortització i costos financers, lloguers que posseeixi l'empresa, assegurança de la infraestructura, etc.
- **Costos d'administració:** Personal, comptabilitat, facturació d'equipament (oficina, informàtic, comunicacions), etc.
- **Cost comercial:** Personal i màrqueting.

1.2. ANÀLISI D'EXTERNALITATS – COSTOS EXTERNES

Es considera com costos externs, aquells que procedeixen de l'impacte que genera l'activitat econòmica o social d'un agent sobre un altre, no trobant-se el darrer, directament involucrat en les accions del primer.

Existeixen una gran varietat d'elements a considerar com costos externs, doncs l'impacte dels processos productius o de transport, són grans generadors de contaminants; acústics, gasos nocius (inclosos GHG), els quals poden agreujar la condició sanitària d'una persona; d'incidències d'índole socioeconòmica, tals com accidents (laborals o no); complicacions en la circulació a causa de congestions de les vies de transport, o impactes a nivell ecològic.

Un dels principals elements a considerar en el referent a comparatives i mostres de costos, rau en la capacitat d'emprar un document o format que sigui reproduïble a nivell global, per tal de mantenir uns nivells de qualitat estandarditzats. En aquest sentit, El *Handbook on the external costs of transport* a càrrec de Delft per la Comissió Europea és un dels seus màxims exponents. Tal document, encarregat per la Comissió Europea a DELFT, és referent, doncs, proporciona informació sobre una àmplia tipologia de mètodes de transport, així com de les externalitats derivades de cada un d'ells, dins el marc comunitari dels 28.

En aquest sentit, la **Taula 2** representa els principals elements generadors de sinergies amb el transport de mercaderies en un context de mitja-llarga distància.

Taula 2. Principals elements considerats

Externalitats
Contaminants aeris
Incidències sanitàries relacionades
Accidents
Malalties cròniques derivades
Gasos efecte hivernacle
Emissions WTW

1.2.1 Accidents

A causa dels accidents causats de manera directa o indirecta pel mitjà de transport, i en aquest cas, del transport rodat de mercaderies, es generen una sèrie de costos, ja sigui de caire humà, mèdic o de producció.

- **Cost humà:** Representació monetària del dolor, sofriment o fins i tot pèrdua de productivitat, a causa de la mort d'un membre de la societat.
- **Cost mèdic:** Costos de tractament de la víctima d'un accident. Inclou sessions de rehabilitació, hospital, preu dels medicaments i serveis.
- **Costos administratius:** Costos derivats dels serveis d'atenció d'emergències (policia, ambulàncies, bombers, etc), que han assistit a la víctima durant l'incident.
- **Pèrdua de producció:** Costos relacionats amb la pèrdua de producció a causa de la manca de força laboral, així com dels substituïts necessaris.

Taula 3. Costos externs d'accidents per component d'incidència. Valors Estatals envers mitjana EU.

	Cost humà			Pèrdua de producció			Costos mèdics			Costos administratius		
	Fatalitat	Lesió greu	Lesió lleu	Fatalitat	Lesió greu	Lesió lleu	Fatalitat	Lesió greu	Lesió lleu	Fatalitat	Lesió greu	Lesió lleu
EU28	2,907,921	464,844	35,757	361,358	24,055	1,472	2,722	8,380	721	1,909	1,312	564
ES	2,690,282	427,815	32,909	325,423	21,663	1,325	2,451	7,547	650	1,719	1,182	508

Fatalitat: Qualsevol persona morta en acció o durant els 30 dies posteriors del incident a causa de ferides generades per el mateix.

Lesió greu: Qualsevol persona que a causa del incident, ha hagut d'ésser hospitalitzada durant un període superior a 24 hores.

Lesió lleu: Qualsevol persona que ha patit una lesió com a conseqüència del incident, però no es pot categoritzar com a lesió greu.

A nivell estatal, els costos totals derivats dels accidents en carreteres, prestant especial atenció al transport pesat de mercaderies representa un 8% del total de 19,6 milions d'euros, on el 68% procedeix dels vehicles de passatgers. El cost mitjà general en vehicles pesants és de 0,7 cents€/tkm. Així mateix, el cost marginal extern, el qual indica el cost extra que es generarà d'afegir un nou vehicle al tràfic, proporciona valors de 0,06 cents€/tkm per autopista, 0,07 cents€/tkm per carretera urbana, i 0,19 cents€/tkm en carretera rural.

1.2.2 Contaminants aeris

Determinat l'impacte dels contaminants aeris, és quelcom d'importància, doncs existeix una sinergia negativa entre les partícules nocives en l'aire, i les malalties cròniques de caire respiratori, o fins i tot cardiovascular.

Taula 4. Costos mitjans externs de contaminants aeris a nivell estatal. Inclosos efectes de salut, pèrdua de biodiversitat i pèrdua de collita.

€/2016/kg	NH ₃	NMVOG	SO ₂	NO _x transport ciutat	NO _x transport rural	PM _{2.5} transport metropolità	PM _{2.5} transport ciutat	PM _{2.5} transport rural	PM ₁₀ mitjana
Espanya	6.4	0.7	6.8	8.5	5.1	348	112	46	11,9

En el referent a vehicles de transport de mercaderies, s'estimen uns costos estatals de 1,08 milions d'euros en concepte de costos derivats dels contaminants aeris. El cost mitjà representat en cents€/tkm és de 0,5. En aquest sentit, el model Delft no proporciona informació sobre vehicles de mercaderies elèctrics o d'hidrogen.

Segons les dades disponibles, a nivell del marc comunitari, els vehicles de transport de mercaderies de 18t, tot seguint la normativa EURO VI per combustibles dièsel, presenten uns costos de mitjans de 0,09 cents€/tkm.

1.2.3 Emissions WTW

El cost d'emissió WTW inclou les produccions de tots els tipus de fonts d'energia, els processos d'extracció, producció i transformació d'aquestes, transport i distribució. En aquest sentit, identificar i quantificar els costos, és quelcom de gran importància, doncs representen un dels elements fonamentals l'anàlisi dels costos totals externs.

La **Taula 4**, inclou els valors d'emissions WTW pel territori Espanyol. En aquest sentit, els vehicles pesants de transport de mercaderies impliquen uns costos de 316 milions d'euros sobre un total de 1.570 milions. El cost mitjà en termes de cents€/tkm és de 0,146.

Segons les dades disponibles, a nivell del marc comunitari, els vehicles de transport de mercaderies de 18t, tot seguint la normativa EURO VI per combustibles dièsel, presenten uns costos de mitjans de 0,14 cents€/tkm.

1.2.4 Costos de canvi climàtic – gasos efecte hivernacle

Un dels principals elements a considerar a nivell d'emissions, rau en el control dels principals gasos d'efecte hivernacle (CO₂, N₂O and CH₄), doncs són uns dels principals responsables en el desequilibri atmosfèric i meteorològic a nivell global.

Espanya presenta uns costos en el referent a transport de mercaderies pesades de 1.026 milions d'euros. El cost mitjà en termes de cents€/tkm és de 0,473.

Segons les dades disponibles, a nivell del marc comunitari, els vehicles de transport de mercaderies de 18t, tot seguint la normativa EURO VI per combustibles dièsel, presenten uns costos de mitjans de 0,60 cents€/tkm.

1.2.5 Internalització

En aquest sentit, la pràctica de la internalització dels costos permet una millora en el que reduccions d'emissions de CO₂ o contaminants aeris es refereix, al mateix temps que es procura oferir un servei de qualitat a la població i ciutadania.

S'estima que l'increment o creació en tarifes i impostos envers els diferents modes de transport actuals, pugui esdevenir un dels principals elements en la reducció dels susdits costos externs.

Tanmateix, no és d'utilitat mantenir per se una política constant d'internalització dels costos aplicant impostos als vehicles, empreses o ciutats que més contaminin, sense crear una dinàmica de millora. Conseqüentment, el capital obtingut a partir de tals impostos, i tarifes, ha d'ésser reinvertit en la millora de la distribució urbanística, ajuts que incentivin mitjans de transport més sostenibles, etc.

No obstant, un increment desmesurat en els impostos, sense seguir una política raonada i curosa, pot esdevenir una font de problemes de caire social, doncs la població mostrarà el seu descontent, així com es podrà generar una situació de no competitivitat envers diferents països a causa de la diferència, per exemple, en els preus dels carburants.

En aquest sentit, la política europea actual de gestió dels costos externs és extremadament heterogènia, on per exemple, un 95% dels impostos procedeixen del transport per carretera, i un 5% pel ferroviari. És per tant imperatiu, l'estudi rigorós de les diferents opcions a aplicar segons el model de transport [18].

1.3 MÈTODES ANÀLISI EMISSIONS

Existeixen innumerables mètodes emprats per tal d'analitzar les emissions durant el procés WTW. L'elecció d'una envers la resta pot resultar quelcom complex, doncs els paràmetres, opcions i resultats que s'obtenen, poden presentar discrepàncies segons el mètode emprat. En aquest sentit, es presenten les eines més emprades, així com una breu descripció comparativa per tal de facilitar l'elecció del model.

1.3.1 GLEC

El model GLEC (Global Logistics Emissions Council) [19] permet valorar, definir i quantificar paràmetres susceptibles de generar GHG en el referent a cadenes de subministraments, tot centrant-se en els elements d'emissió plantejats en el Protocol de Kyoto.

Tal eina es troba destinada a ser emprada per qualsevol part interessada dins una cadena de distribució, permetent així identificar i copsar aquells processos que suposen un risc d'emissions més elevat. Una característica notable, rau com el model proporciona l'usuari informació sobre com millorar l'anàlisi obtinguda per tal de reduir el risc d'incertesa causat durant els càlculs, així com de tots els paràmetres inclosos i s'han de tenir en consideració (tipologia de transport, parades durant recorregut, repacks, etc)

Una de les característiques més importants del GLEC rau en l'abast de la seva interacció, doncs és gràcies a la sinèrgies i interrelacions entre diverses eines—EcoTransIT, PTV Map & Guide — i protocols —Protocol de Kyoto, UNE EN 16258 [20]— ja presents i a disposició de domini públic, que tal metodologia permet aporta gran valor afegit.

En aquest sentit, GLEC proporciona una pauta metodològica per l'anàlisi de GHG. Tal parametrització es basa en 3 pilars fonamentals:

1. Emissions directes procedents dels recursos són propietat o es troben sota control de la companyia que realitza l'anàlisi. Tals com (combustible / recursos per generar energia, vehicles, edificis, magatzems, etc)
2. Emissions indirectes de la producció i distribució de l'energia adquirida per la companyia que realitza el anàlisi
3. Emissions indirectes procedents de la cadena de subministrament. Ha d'incloure la producció i distribució dels combustibles adquirits i emprats en la part 1.

Cal mencionar que els següents elements no es consideren per l'anàlisi al GLEC:

- Producció i manteniment de vehicles.
- Construcció i manteniment d'infraestructures destinades al transport / mobilitat.
- Emissions de construcció o manteniment o mètodes de reciclatge de vehicles o d'infraestructures.

1.3.2 GREET

L'eina GREET del Argonne National Laboratory [21], s'ha emprat en nombrosos estudis, doncs proporciona informació extremadament detallada i extensa, sobre gasos d'efecte hivernacle, generats durant tot el procés WTW.

Donat les seves característiques i casuístiques, es troben focalitzades en els Estats Units d'Amèrica, és necessari una modificació dels paràmetres proporcionats per tal d'ajustar-lo a la realitat de cada país o tipologia que es vulgui estudiar.

1.3.3 UNE EN 16258

L'estàndard europeu UNE EN 16258 estableix una metodologia comuna per tot el territori de la UE, per tal de calcular i declarar el consum d'energia i de les emissions de gasos d'efecte hivernacle (GHG), sense diferències entre vehicles de mercaderia, de passatgers o d'ambdós.

1.3.4 Autors

Com ja s'ha mencionat, existeix una ampla bibliografia en el que anàlisi d'emissions es refereix. En aquest sentit, la **Taula 5**, mostra per als principals autors consultats en el referent a anàlisi d'emissions, la tipologia de model d'anàlisi emprat.

Tal comparativa, permet obtenir una lleugera idea del mètode més emprat.

Taula 5. Comparació de autors segons mètode d'anàlisi emprat

Autor	Any	País	Mètode d'anàlisi d'emissions		
			GREET	GLEC	ALTRES
Desantes et al	2020	Espanya	x		
Paster et al	2011	USA	x		
Shin J, Hwang W	2019	Sud Corea			MDCEV
Sinigaglia T	2017	Brasil			Bibliogràfic
Benveniste G.	2016	Espanya	x		
Balali Y, Stegen S	2020	Austràlia			ISO 14040
Rosenfeld D. et al	2019	Àustria	x		
Ugurlu A.	2020	Turquia			ISO 14040
Dincer I, Acar C	2015	Canada	x		
Hawkins T.R. et al	2012	Noruega	x		
Wang Q et al	2020	China	x		
Liu X et al	2019	USA	x		

Es pot apreciar, com en aquesta mostra d'autors, el model més emprat és el GREET. És tracta d'un model que presenta de manera clara la informació, sobre les emissions generades durant els processos de manufactura dels vehicles, així com de la tipologia de combustible que emprada. Tanmateix, aquest mètode permet introduir dades que no siguin les establertes (basades en USA) per tal d'adaptar-lo a les necessitats específiques segons el cas. No és d'estranyar, per tant, la quasi unanimitat en la seva adopció com a metodologia d'anàlisi d'emissions WTW.

La manca del model GLEC en la bibliografia és deguda principalment a la seva data de publicació. El primer document publicat data de 2019, on el consorci logístic global d'emissions (GLEC) no va ser creat fins a 2014. Conseqüentment, es pot esperar en uns anys les primeres publicacions basades en aquesta metodologia. El present treball, tal com s'ha comentat en la secció de Metodologia, és eminentment bibliogràfic, i en aquest sentit no s'ha dut a terme cap anàlisi per mitjà del GLEC en profunditat. Futurs articles podran emprar-lo com a referència.

Tanmateix, cal mencionar el fet que l'UNE EN 16258 és un document de pagament, mentre que els altres dos mètodes presentats són gratuïts, o no requereixen d'una inversió per tal d'accedir-hi.

CAPÍTOL 2

COMBUSTIBLES

Descripció de les tipologies emprades en l'anàlisi del present estudi, tot fent menció de les característiques més notòries. Es contextualitzarà tal informació en el Capítol 5.

2.1 MOTORS DE COMBUSTIÓ INTERNA - ICE

2.1.1 Característiques

Actualment el 99% dels vehicles a nivell mundial, empen combustibles fòssils com a font d'energia per als motors de combustió interna, principals elements generadors d'energia cinètica [22].

En aquest sentit, la utilització de tals combustibles, genera un impacte ambiental, no solament durant el seu procés de combustió dins els motors— els quals presenten nivells d'eficiència baixos donades les característiques intrínseques dels anomenats processos de combustió o una gran part de l'energia del carburant es perd en forma de calor [23] – sinó també durant tot el procés WTT, doncs l'economia d'escala es basa en tals fonts energètiques.

2.1.2 Procés obtenció

El principal mètode d'obtenció de dièsel o gasolina, rau en l'ús de columnes de destil·lació, les quals permeten separar per punt d'ebullició diversos compostos presents en el cru de petroli (matèria prima). En el cas del dièsel, es necessària una temperatura de 270°C i 140°C per la gasolina.

L'energia emprada per als processos de destil·lació, procedeix eminentment d'altres combustibles fòssils, ja sigui carbó o gas natural (subproducte d'extraccions de petroli, o extret de dipòsits de gas naturals).

2.1.3 Emmagatzematge

Els combustibles, s'emmagatzemen en dipòsits o cisternes. Ja siguin els propis dels vehicles, on posteriorment es produirà el procés de combustió, generant d'aquesta manera energia cinètica.

2.1.4 Distribució

El cru de petroli, una vegada transportat a les refineries (mitjançant petroliers, sistemes de canonades, camions o trens) i transformat en producte final – gasolina, dièsel, querosè, nafta, etc–es distribueix a les diverses benzineres on el consumidor final, adquirirà el combustible.

2.1.5. Millores a implementar

Donades les característiques intrínseques del dièsel, els nivells d'emissió de contaminants són més elevats que aquells motors que empen gasolina. En aquest sentit, els fabricants de motors, procuren incloure tecnologies d'absorció o reducció de partícules i gasos nocius–millora de la combustió de combustible o recirculació de gasos–, amb l'objectiu de mantenir la seva competitivitat dins el mercat, mentre compleixen els rigorosos estàndards d'emissions de la UE.

Un clar exemple, es pot apreciar en la **Taula 6** on els vehicles seleccionats, turismes, ja presenten valors d'emissions de NO_x per sota de la nova normativa EURO 6, mostrant d'aquesta manera, que la inversió i millora de les presents tecnologies relacionades amb els ICE, permeten una reducció en GHG [24]. A nivell de camions, el nou model Actros de Mercedes-Benz, presenta una reducció de combustible del 10% sobre models anteriors [25].

Adicionalment, s'estima que l'adició d'hidrogen en motors dièsel, pot reduir les emissions de NO_x en comparació a motors convencionals a causa de la reducció en l'oxidació durant el període de combustió gràcies a les elevades temperatures que s'assoleixen, així com la millora en l'eficiència en el procés de combustió, arribant fins al 37% en millora en comparació amb motors que empen exclusivament dièsel [26].

Taula 6 .Emissions de NOX segons test RDE

Cotxe	RDE NO _x (mg/km)
Audi A8 50 TDI	15
BMW 520d Steptronic	5
BMW 520d Touring	1
Audi A8 50 TDI	15
Honda Civic 1.6 i-DTEC	101
Mercedes C 220 d	0
Opel Astra 1.6 D	1
VW Golf 1.6 TDI SCR	14

2.1.5.1 Combustibles sintètics

La creació i síntesis de combustibles sintètics, es presenta com un element a considerar, doncs poden permetre el manteniment del model de consum actual, en el referent a implantació i extensió de ICE, al mateix temps que disminueixen el impacte ambiental, arribant a suposar un balanç neutre.

2.2 HIDROGEN

2.2.1 Característiques

L'Hidrogen, (H_2), element químic més abundant de l'univers, posseeix unes característiques molt favorables, que el presenten com a un sòlid candidat enfront dels combustibles fòssils. Viabilitat infinita, baix impacte ambiental— prèvia producció per fonts d'energia renovables—, així com l'energia superior específica envers la gasolina, 120 MJ/kg i 46 MJ/kg respectivament (**Figura 1**) [27], són alguns factors a tenir en consideració. En termes de potència, l' H_2 suposa 33,6 kWh/kg on la gasolina merament assoleix 13 kWh/kg.

En contraposició, la densitat volumètrica del H_2 es converteix en un factor limitant. Doncs és necessari transformar l'estat de l'element, ja que a major densitat, majors tancs de combustible seran necessaris.

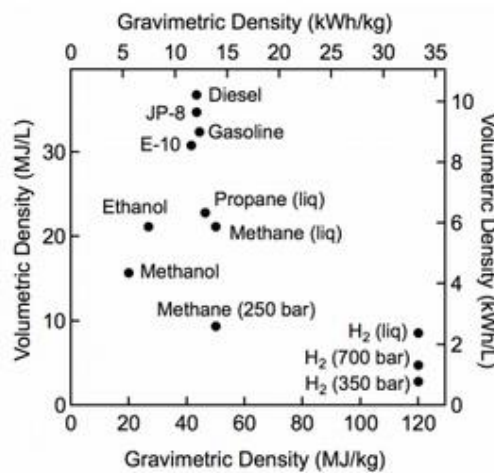


Figura 1. Comparació de l'energia específica (Densitat gravimètrica) i densitat energètica (Densitat volumètrica) segons la tipologia de combustible emprat.

2.2.2 Mètodes d'obtenció

Existeixen diverses metodologies d'extracció de H_2 , el qual tot i ésser l'element més abundant, no es troba en estat desvinculat de manera natural, sinó que acostuma a formar part d'estructures químiques més complexes, sent necessari d'aquesta manera la seva obtenció per altres mitjans.

Una de les principals tècniques, la qual representa el 48% del mètode de producció actual, es basa en la reformació per vapor [28]. Tal tècnica consisteix en la interacció del metà (CH_4) amb molècules d'aigua, per tal d'obtenir diòxid de carboni (CO_2) i H_2 com a resultat.

La principal font d'energia que alimenta aquest procés químic, són els combustibles fòssils— els quals generen CH_4 com a derivat—representat un 95% de les fonts d'energia [8].

Per contra, l'electròlisi, procés pel qual trenca els enllaços covalents de les molècules d'aigua, per tal d'obtenir H_2 i Oxigen (O), mitjançant l'aplicació d'una descàrrega elèctrica, és quelcom a tenir en consideració. Tal electricitat, pot procedir de diverses fonts: nuclear, hidràulica, solar o eòlica. L'elecció de la susdita font, afectarà de manera directa al WTW GHG.

Malauradament, el procés electrolític requereix de grans quantitats d'energia, doncs per tal de produir 1 kg de H₂, assumint una eficiència superior del 60%, es requereixen aproximadament 55 kWh/kg [29].

La **Taula 7** mostra diversos mètodes, en relació a factors de costos, eficiència energètica, potencial mundial d'escalfament (GPW en anglès), acidificació potencial (AP en anglès). La puntuació es troba estandarditzada entre 0 i 10, on 0 representa pitjor rendiment i 10 una situació ideal (cost zero i zero emissions) [30].

Taula 7 . Comparativa de mètodes de producció d'hidrogen (Adaptació) [11,30]

Mètode	Eficiència energètica	Cost	AP*	GPW**	Eficiència % [11]
Reformació	8,3	9,28	2,5	5,71	70-85
Elec.Electròlisis	5,3	7,34	8,86	3,33	50-70
Fotocatàlisis	0,20	5,19	9,71	9,58	0.5
Termoquímica	4,2	8,06	9,43	9,17	40-60

*GWP – Potencial d'escalfament global. Impacte relacionat amb les emissions de gasos d'efecte hivernacle a l'atmosfera.

**AP – Potencial d'acidificació. Relacionat amb el potencial que posseeixen els contaminants de depositar-se en un ecosistema (aquàtic, terrestre).

Es considera mix energètic actual per l'anàlisi i interpretació de les dades.

En visió dels valors presentats, es pot apreciar que la tècnica de termoquímica (nuclear), és la que presenta una consistència entre cost, AP o GPW. L'electròlisi per mitjans elèctrics, presenta uns valors relativament adequats, a excepció del GPW.

2.2.3 Emmagatzematge d'Hidrogen

Un dels principals factors que afecten l'Hidrogen, tal com s'ha comentat prèviament, rau en la densitat volumètrica que posseeix. Doncs, amb l'objectiu de convertir-lo en una alternativa a les fonts d'energia convencional, és necessari sotmetre'l a un procés que permeti emmagatzemar-lo. Els processos més emprats són:

2.2.3.1 Compressió

El procés de compressió és àmpliament emprat, doncs comparteix característiques i tecnologies semblants a les del gas natural. Un tanc d'hidrogen a pressions de 70 MPa, podria proporcionar aproximadament una autonomia de 450 km, però tal com s'ha comentat, la compressió generaria un augment significatiu del volum, sent necessari per tal fet, tancs de grans dimensions. La pressió nominal acostuma a ser 30-35 MPa [31].

2.2.3.2 Lliqüefacció

Tal procés consisteix en transformar l'estat gasós en líquid. En aquest sentit, la densitat del H₂ líquid, és superior a la de l'estat gasós–0,07 kg/L i 0,03 kg/L respectivament– fet que permet transportar major quantitat en un volum similar. Malauradament, donades les característiques fisicoquímiques de l'Hidrogen, és necessari mantenir-lo a una temperatura constant de -253°C. Conseqüentment, el tanc que transporta l'hidrogen no solament ha de suportar major pressió, sinó que ha d'ésser capaç de mantenir la temperatura en condicions de buit. Tal sistema

d'emmagatzematge no s'acostuma a emprar donat el elevat cost, així com la pèrdua d'energia que es produeix durant la líquefacció [32].

2.2.4 Distribució

En contraposició a les gasolineres convencionals, les quals troben distribuïdes per tot el territori nacional, amb una freqüència elevada [33], existeix un dèficit en estacions de repostatge d'Hidrogen—118 a Europa, 2 en Espanya [34,35]—, fet que dificulta la permeabilitat i acceptació d'un vehicles d'aquestes característiques per part dels consumidors. En termes generals, es considera que una distribució aproximada d'entre el 5-10% d'estacions d'hidrogen, ben emplaçades dins una zona urbana, tindria un impacte significatiu en el mercat [9].

Per tant, és necessari incrementar de manera substancial les xarxes d'abastiment en què H₂ es refereix, ja sigui emprant plantes de producció in situ, o sistemes deslocalitzats.

L'ús d'energies renovables com a font generadora d'energia per als processos d'electròlisi, és quelcom a considerar, degut al seu reduït impacte ambiental en termes de WTW GHG, doncs permetria la producció in situ d'H₂. Malauradament, el seu cost comparativament més elevat que les tècniques actuals de reformació (**Taula 7**), en addició a la necessitat d'inversió en infraestructures capaces de generar l'energia suficient per al procés d'obtenció, no la presenta com una opció viable—en curt termini [10, 11].

La producció deslocalitzada, per contra, es basa en mètodes similars als de transport de combustibles fòssils; vehicles cisterna; canonades d'hidrogen que connecten simultàniament la zona de producció amb l'estació de repostatge. En aquest sentit, les infraestructures existents de distribució de gas natural, poden ser transformades i adaptades per tal fi, estimat una reducció d'entre 10 i 20 vegades dels costos necessaris per a la construcció d'una nova xarxa d'abastiment [9]. Conseqüentment, tal producció de H₂ en zones habilitades per tal fi, o simplement emprant plantes ja existents, pot resultar preferible a la producció in situ, donada la quantitat ingent d'aigua requerida, així com per factors d'economia d'escala [36, 10].

En el que emmagatzematge es refereix, es proposa l'ús de les cavernes de sal com a reservori, posseïnt una capacitat d'aproximadament 6000 tones a nivell europeu (240 GWh) segons estimacions de la UE [37,36], d'aquesta manera, l'excedent generat podria ser emprat en situacions de pic de consum, o de necessitat específica, permetent reduir ja no solament el cost de producció, sinó emprar novament recursos que anteriorment havien deixat d'ésser útils (mines de sal).

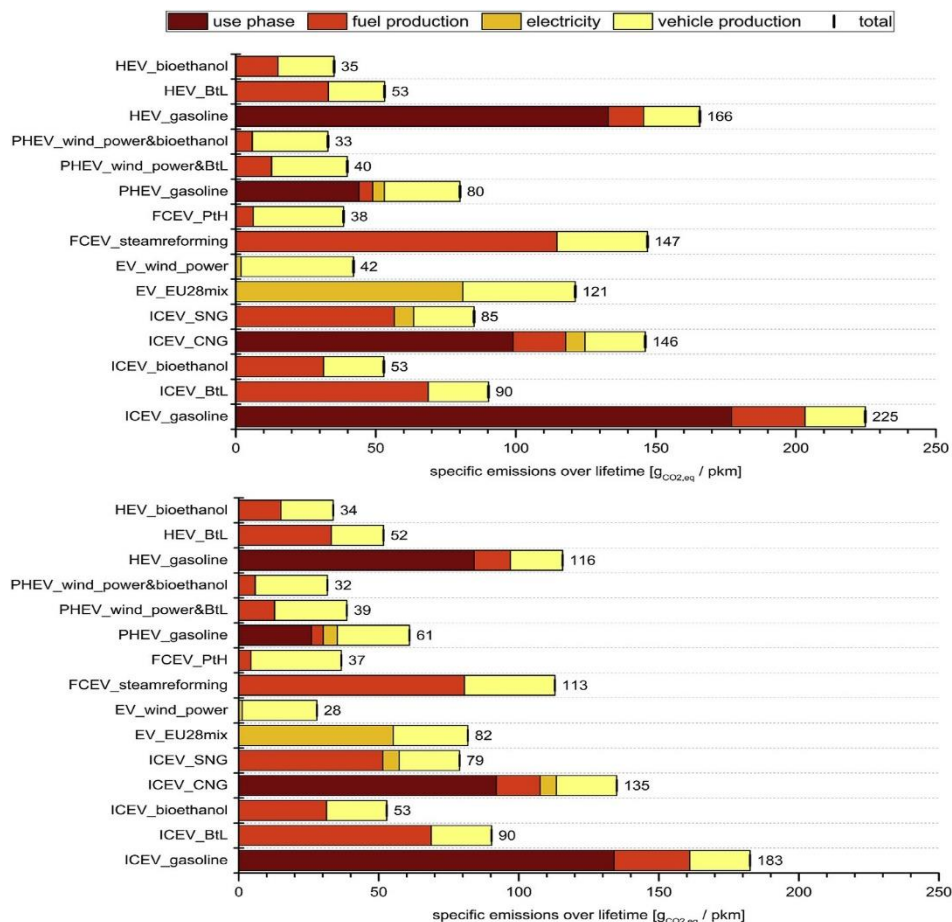
2.2.5 Millores a implementar

Tal com succeeix amb els BEV, un dels principals factors en el referent a la idoneïtat del model, rau en la tipologia d'energia emprada per l'obtenció d'hidrogen, la qual generarà un impacte significatiu en els valors de GHG durant el WTT. Tanmateix, l'elecció del procés de producció, tindrà un impacte directe en el cost final del preu de l'hidrogen.

La producció d'aquests models especials de trens motrius, sigui aplicant tecnologies basades en hidrogen o electricitat, suposen un increment aproximat del 50% l'escalfament global potencial comparat amb els ICE [38].

En aquest sentit, la **Figura 2** [38], tot i proporcionar informació específica sobre vehicle SUV i compactes, permet obtenir una visió genèrica de la casuística concreta sobre els vehicles elèctrics i d'hidrogen. Sent necessària una extrapolació per massa i quantitat de materials per a vehicles de gran tonatge.

Figura 2. Comparació emulsions de vehicles SUV envers compactes durant vida útil.



Les característiques inherents del gas hidrogen, el converteixen en un combustible molt segur, doncs donada la seva gran dispersió una vegada entra en contacte amb l'atmosfera, permet reduir substancialment la possibilitat d'explosió tal com succeeix amb el dièsel o gasolina una vegada el vehicle ha patit un accident. Tanmateix, els elements de seguretat, els quals tanquen de manera automàtica les vàlvules de circulació d'hidrogen a través del vehicle, li ofereixen un element extra de seguretat [39].

2.3 VEHICLES DE BATERIA ELÈCTRICA - BEV

2.3.1 Característiques

Les bateries de Ió de Liti (Li-Io), són les més comuns actualment, doncs la majoria de fabricants empenen aquesta tecnologia. Un dels principals al·licients que presenten aquests models de transport, rau en els baixos nivells d'emissió de GHG, així com en la teòrica reducció de costos derivada de l'ús d'un combustible no fòssil [40].

S'estima que la distància mitjana que pot recórrer un BEV oscil·la entre els 250 km i el 350 km, en contraposició als 1000 km que pot assolir un ICE. Per tant, és indispensable augmentar el límit energètic (500Wh/kg), així com reduir el consum energètic per tal de millorar tal situació enfront dels ICE.

En aquest sentit, l'aparició de les bateries que empren sulfur com a càtode, Li-S, poden presentar una gran alternativa, doncs l'energia pràctica es troba entre 200 i 500 Wh/kg. El reduït cost, l'increment en la densitat energètica, la seguretat que presenten envers les Li-Io, en addició a la mínima petjada ecològica derivada dels materials que la formen en són grans al·licients per al seu ús. En contraposició, el nivell de descàrrega que pateix aquest tipus de bateria, així com el poca densitat energètica que presenta, envers les Li-Io, 100-200 W/L envers 200-450 W/L, respectivament, en són els seus principals factor limitant [40,41].

El 30-40% del valor del d'un vehicle elèctric, procedeix de la seva bateria, doncs els materials i tecnologies que s'empren per la seva manufactura són molt específics [8], així com la dependència d'Europa de proveïdors asiàtics, crea un efecte on els preus dels béns poden augmentar donada la falta de competència en territori de la Unió.

2.3.2 Mètodes d'obtenció

Molts fabricants de vehicles com Volkswagen o Renault, estudien crear els seus propis departaments o plantes de producció de bateries, doncs s'estima que la diferència entre adquirir-les a tercer o produir-les, és aproximadament del 10 % sobre els costos [42].

Actualment, la gran majoria de les cel·les de bateries que s'empren en el mercat Europeu, provenen de manufactura asiàtica (Panasonic, Samsung, Gatel, LG Chem). Tot i la qualitat dels productes, cal assegurar-se que tals matèries primeres no provenen de fonts il·lícites o que impliquin vulneracions de tres humans [43].

En el referent a l'energia elèctrica, aquesta es pot obtenir de diverses maneres. Emprant energies renovables—fotovoltaica, eòlica, hidràulica—o per mitjà de la combustió, ja sigui de combustibles fòssils—carbó i gas natural—com d'altres elements-biomassa.

2.3.3 Emmagatzematge i Distribució

Un dels principals inconvenients de la transició energètica tan abrupte i sobtada que s'està duent a terme actualment, rau en la relativa manca d'infraestructura relacionada amb la xarxa de distribució dels nous combustibles, així com en l'adaptació i a condicionament de les plantes de producció d'energia. A escala nacional, tal adaptació s'està realitzant d'una manera relativament adequada. On volum d'energia produïda, en relació amb la quantitat de vehicles elèctrics en circulació encara no suposa un estrès per la xarxa elèctrica. No obstant, es requerirà estacions de recàrrega a peu de carrer, doncs un elevat nombre de vehicles no es troben estacionats en aparcaments privats. Conseqüentment, caldrà realitzar algun tipus d'inversió en aquest sentit.

2.3.4 Problemes d'emissions

S'estima que l'impacte dels BEV sobre els GHG, pot presentar pitjors resultats envers els ICE, en cas que l'energia emprada per tal de generar tal electricitat, vingui de fonts no descarbonitzades [7].

Xina i Índia, especialment, han mostrat un gran interès pels vehicles elèctrics, doncs es presenten com una eina per reduir emissions mentre es manté un nivell de globalització adequat. En aquest cas, ambdós països són clars exemples de l'esmenat anteriorment, doncs encara depenen en gran mesura de plantes de carbó per obtenir l'energia, les quals posseeixen la capacitat d'augmentar el GWP entre 17-27% en comparació als ICE. Aquest fet, acaba desplaçant la possible compensació d'emissions dels vehicles elèctrics en el TTW cap al WTT, podent arribar a augmentar els valors de contaminants en tot el procés. Conseqüentment, la capacitat de reduir o no tals GHG, es troba implícitament relacionada amb la tipologia de producció elèctrica. A nivell Europeu, s'estima una reducció del 29% d'emissions derivada dels BEV en comparació als ICE, emprant el mix energètic actual [44].

2.3.5 Toxicitat

Les bateries, així com altres elements que requereixen matèries primeres específiques, tals com níquel o cobalt, presenten de manera indirecta un increment significant associat a la toxicitat humana, causat pels processos miners, [44] presentant valor fins a 5 vegades superiors als ICE [45].

S'estima un impacte d'entre 35-41% en la producció relacionada amb GWP [44] durant la manufactura de bateries, podent arribar a valors fins a 200 kg de CO₂eq/kWh [46].

2.3.6 Cadena de subministrament de bateries

Existeix un problema i perill en el fet del transport i distribució de bateries procedents principalment d'Àsia, donat que en si, les cel·les elèctriques són inestables, i propenses a patir deflagracions espontànies si les tècniques de conservació i distribució no es realitzen per canals segurs. Per tant, és necessari que Europa produeixi les seves pròpies bateries, ja no solament per tal d'alliberar-se de la necessitat de recórrer a proveïdors externs, sinó per tal de garantir una qualitat òptima, així com una seguretat de transport.

En el referent a les principals matèries primeres que conformen les bateries dels vehicles elèctrics—Níquel, Liti i Cobalt—poden assolir uns preus molt elevats en el mercat, ja sigui per la dificultat relacionada amb els processos d'extracció i gestió, com per elements de caràcter polític. En aquest sentit, la República democràtica del Congo s'ha vist involucrada en la vulneració de drets humans, destrucció i devastació de grans zones de selva per tal d'accedir a les mines, així com per emprar nens en l'obtenció del Cobalt, una de les matèries primeres de les bateries [44].

Tal com s'ha comentat prèviament en l'apartat 2.3.2, la majoria de les bateries, es manufacturen a la Xina, país conegut per emprar mà d'obra esclava per la manufactura de molts productes. Si bé és cert que no hi ha informació respecte del seu ús per la fabricació de bateries, la no demostració no els eximeix de pràctiques irregulars [47,48].

2.3.7 Reciclatge de bateries

A mesura que el nombre de vehicles elèctrics augmenti també ho farà exponencialment la necessitat de reciclatge, doncs els materials i compostos que les constitueixen, no solament permeten abaratir costos, sinó reduir la quantitat de GHG generats derivats dels processos d'extracció i manufactura de noves bateries. No obstant, degut a les característiques de manufactura de les bateries, on cada model parteix d'un fabricant diferent, pot resultar complex estandarditzar tals processos.

2.3.8 Millora rendiment BEV

L'increment de la vida útil de les bateries del vehicle, des de 150.000 km fins a 250.000 km comportaria una reducció de 40 g CO₂eq/km, fins a 165g CO₂ eq/km respectivament, on un increment semblant en els ICE, solament suposaria una reducció de 19 g CO₂eq/km [44].

L'ús de les tecnologies regeneratives, siguin frens o suspensió, poden presentar-se com a coadjuvants en la mitigació dels GHG emesos. En aquest sentit, la suspensió regenerativa pot assolir fins a una reducció del 4,5% en emissions per vehicles elèctrics de tonatge lleuger [49], tot i no ser d'aplicació per vehicles de gran tonatge, és innegable la seva utilitat.

CAPÍTOL 3 ENERGIA

Un dels principals elements a considerar, rau en la procedència de l'energia que s'empra en l'estat Espanyol, ja que en gran manera, afectarà l'impacte dels valors obtinguts en l'anàlisi WTW. Tant mateix, és menester identificar aquelles energies més emprades, així com els seus preus.

3.1 Emissions

El Sistema Nacional d'Inventari d'Emissions, estima aproximadament una quantitat bruta de 334,3 kilotones de tones de CO₂ equivalent en el període de 2018, on el sector del transport, va generar 89.215 del total d'emissions de CO₂ equivalent del total. 768,1 Kilotones d'òxid de nitrogen (NO_x), 638,1 kilotones de compostos orgànics volàtils no metàncics (COVNM), 212 kilotones d'òxids de sofre (SO_x), 473,8 kilotones d'amoníac (NH₃) i 128 kilotones de material de partícules (PM₂₅) [50].

3.2 Producció

El model de producció a Espanya, tot i posseir i desenvolupar un ús sòlid de les energies renovables, encara depèn sobre manera de la combustió de productes petrolífers (**Figura 3**), així com del gas natural per tal d'obtenir tota l'energia necessària per suplir la demanda estatal.

Per consegüent, el grau d'autoabastiment en el referent a la metodologia i la quantitat d'energia produïda i emprada, encara dista molt de ser l'adequat, implicant un 2% del PIB solament en l'adquisició de recursos energètics [50].

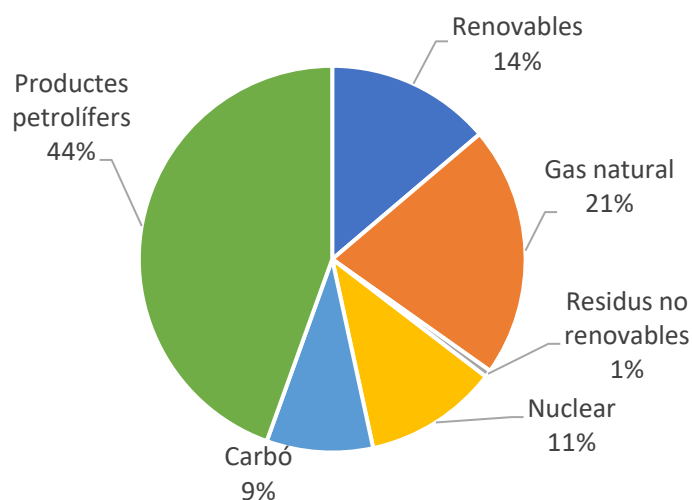


Figura 3. Consum d'energia primera en Espanya 2018

3.3 Casuística

Dins la metodologia del transport, és d'ampli coneixement que el volum de turismes suposa una gran proporció dels vehicles presents en qualsevol parc mòbil d'un estat. En aquest sentit, existeixen diverses alternatives energètiques que tenen per objectiu reduir els GHG generats per tals vehicles (**Figura 4**). Cal tenir en consideració, que tot i la majoria d'esforços i aplicacions comercials, es troben focalitzades primerament en turismes, existeix un alt interès en la millora dels vehicles de transport de mercaderies, doncs suposen el 34,3% del consum energètic total (**Figura 5**) [50].

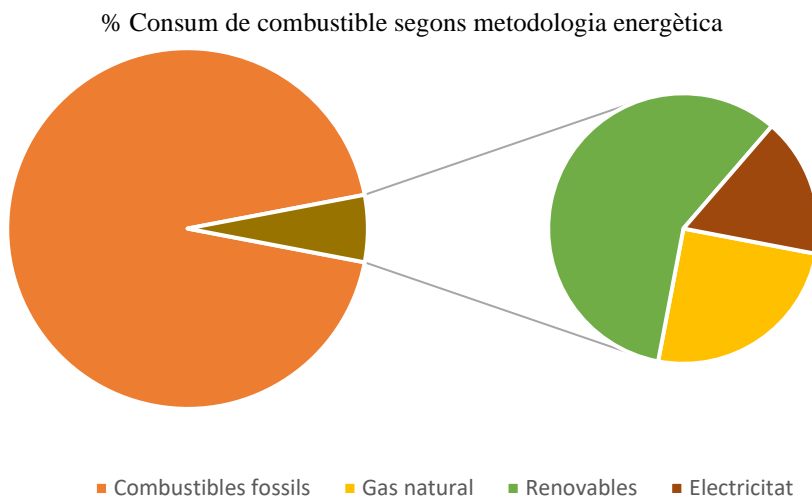


Figura 4 . Percentatge de demanda de combustible segons fonts d'energia emprada com a font impulsora per al sector del transport durant 2018. Adaptació

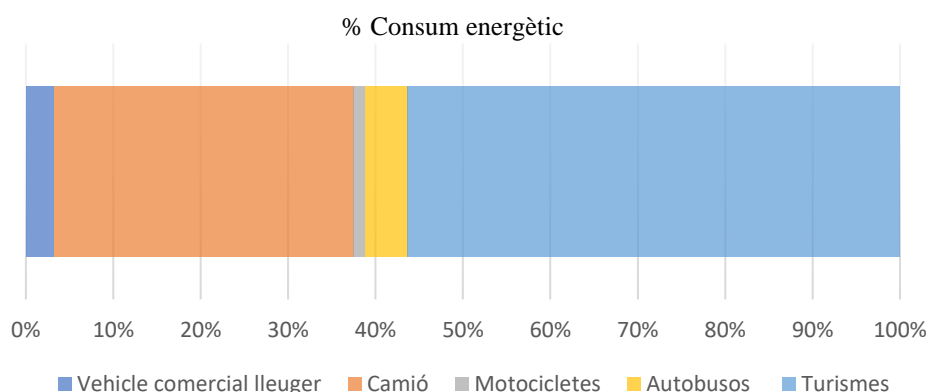


Figura 5. Consum energètic del transport per carretera a nivell estatal segons tipologia de vehicle durant 2018. Adaptació [50].

En la **Figura 4**, es pot apreciar que tot i l'hegemonia i l'ús consistent dels productes petrolífers com a font d'energia, s'està començant a implantar— en reduït nombre—vehicles que empen un conjunt de combustibles alternatius—gas natural, energia renovable, o bateries—com a substituïts. A Espanya, el consum energètic procedent de les renovables destinat al transport, va equivaler al 6.94% en el període de 2018.

3.4 Preus

Donades les característiques i casuístiques en el referent a la implantació i adopció gradual de noves tipologies de combustible, es necessari determinar-ne els preus, doncs així es podrà copsar l'abast més real possible de la idoneïtat dels models (**Taula 8-12**).

Taula 8. Preus de l'electricitat a nivell estatal per consumidors no domèstics. Adaptació [50].

Zones de consum no domèstic	Consum anual en MWh		Preu + IVA (EUR/kWh)
	Mínim	Màxim	
IA	< 20		0,2959
IB	≥ 20	< 500	0,1718
IC	≥ 500	< 2.000	0,1329
ID	≥ 2.000	< 20.000	0,1150
IE	≥ 20.000	< 70.000	0,1026
IF	≥ 70.000	>= 150.000	0,1000
IG	≥ 150.000		0,0947

Taula 9. Preus de l'electricitat a nivell estatal segons proveïdor. Elaboració pròpia.

Tarifa [51-53]	Preu mitjà kWh (cts)	Tipus recàrrega	
		40-50 kW	170-400kW
Ionity	79	x	x
Endesa X	49	x	
Repsol	47	x	x
Iberdrola	30	x	x

Taula 10. Evolució de preus mitjos de Dièsel i gasolina.95 amb els anys. Adaptació [54].

Any	Dièsel + IVA	Gasolina.95 sense plom + IVA
2018	127 cts/litre	126 cts/litre
2019	116 cts/litre	119 cts/litre
2020	104 cts/litre	117 cts/litre

Taula 11. Preus mitjos d'AdBlue amb els anys [55].

Any	AdBlue
2018	102 cts/litre
2019	105 cts/litre
2020	96 cts/litre

Taula 12. Preu aproximat de producció de H2 segons font energètica [56-59]. Elaboració pròpia.

Tipus obtenció	H2
Reformació vapor	9 €/kg
Fòssils + captura CO ₂	11€/kg
Renovable	15€/ /kg
Separació termica nuclear	10€/ /kg [11]
Estimació Any [57,59]	
2030	5.5 €/kg

Repsol posseeix dues estacions de càrrega ultraràpida en les localitats de Vitoria-Gasteiz i Bilbao. Iberdrola ha desenvolupat un pla per incloure i augmentar les estacions de recàrrega a un volum d'una estació cada 50 km, tot emprant tecnologia de recàrrega ràpida i superràpida, mitjançant el pla Smart Mobility en l'àmbit del territori nacional, amb l'objectiu de convertir-se en un dels principals proveïdors d'energia del mercat, en el que vehicles elèctrics es refereix.

CAPÍTOL 4 PARÀMETRES DE RUTA I ESPECIFICACIONS

Donades les característiques intrínseques dels diversos models energètics presentats anteriorment, no es d'estranyar la diferència entre les especificacions dels vehicles que les empen. En aquest sentit, per exemple, els vehicles elèctrics posseeixen un tonatge superior, donat el volum i pes derivat del transport de les cel·les de bateries. Per tant, i a causa del model d'estudi present, és imperatiu harmonitzar la major quantitat de variants possibles.

4.1 Ruta

L'anàlisi de les emissions i costos derivats de l'ús i manteniment del mètode de transport emprat, es basa en valors obtinguts mitjançant l'eina EcoTransIT i PTV Map & Guide , per determinar l'impacte aproximat WTW. Així, les rutes seleccionades són:

Barcelona – Bilbao

Barcelona – Madrid

Es considera una distància de 50 km entre gasolineres / estacions de servei. Tals estacions inclouen serveis de repostatge de combustible per totes tres variants seleccionades. La diferència d'alçada entre capitals de província a nivell orogràfic, es considera negligible a efectes de rendiment. La distància entre ambdues rutes, és d'aproximadament 600 km.

La selecció de les rutes es basa en criteris personals.

La normativa estatal limita el nombre d'hores de conducció a un màxim de 9 hores diàries. Sent necessària una pausa de 45 minuts cada quatre hores i mitja de conducció. En aquest sentit, s'empra l'eina PTV per obtenir informació (**Taula 13**) sobre la casuística temporal de la ruta.

Taula 13. Informació detallada sobre les rutes. Inclou distància, i temps de viatge.

Ruta	Distància (km)	Sortida (h)	Arribada (h)	T. viatge (h)	T. Conducció (h)
BCN-BILBO	603,23	8:00	17:09	09:09	08:24
Ruta	Distància (km)	Sortida (h)	Arribada (h)	T. viatge (h)	T. Conducció (h)
BCN-MADRID	614,96	8:00	17:12	09:12	08:27

4.2 Especificacions del vehicle

A continuació, es presenten aquells paràmetres característics del vehicle a estudiar (Camió), presentant especial atenció als elements que romandran constants durant l'aplicació del l'estudi de la ruta, en relació amb les peculiaritats dels diversos combustibles seleccionats (Dièsel, Hidrogen, Electricitat) (**Taula 14-17**).

Taula 14. Característiques d'exploració estudiades. Invariables. Elaboració pròpia.

Característiques d'exploració		
Quilometratge anual	[km]	150.000
Activitat		

Dies	230
Hores [h]	2000

Taula 15. Característiques tècniques estudiades. Invariables. Elaboració pròpia.

Característiques tècniques	
Tipus transport	Llarga distància
Configuració eixos	4 x 2
Pes [kg]	
Càrrega útil	9,5t
Massa màxima autoritzada	18 t
Emissions	
Normativa Europea	Euro VI
Tren motriu	
Cavalls (CV)	476
(kW)	350

Taula 16. Preus dels vehicles estudiats i paràmetres de finançament emprats per als càlculs.

Preu vehicles*		Paràmetres per finançament	
ICE	101.000	Vida útil	6 anys
FEV	156.000	Període de finançament	5 anys
BEV	130.000	Interès	4%
		Capital a finançar	100%

*Preus extrapolats de diverses fonts. S'estima un increment del 20% en el preu del FEV sobre el BEV.

Taula 17. Característiques estudiades. Elaboració pròpia.

Elements	ICE ^a	FEV ^b	BEV ^c
Bateria	2 x 12V/170Ah	73.2kWh	340 kWh
Alternador	24-30 V / 100 A	--	--
Capacitat tanc combustible	390 L	32.09 kg	340 kWh
Autonomia	1150 km	400 km	380 km
Velocitat mitjana anual [km/h]	75	75	75
Consum mitjà [100 km]	29L	8kg*	90kWh*
Consum mitjà AdBlue [L/100 km]	0.8	--	--

^a Basat en el vehicle Actros de Mercedes-Benz

^b Basat en el vehicle FEV – Xcient Fuel Cell proposat per Hyundai

^c Basat en model Futuricum Logistics 18E - sota llicència de Volvo

*Es realitza una estimació aproximada donat falta de dades existents.

Limitacions

Donat l'impacte que presenten els pneumàtics en els valors de consum de combustible, s'opta per considerar-los negligibles per tal simplificar els resultats. Tanmateix, la variació de rendiment i consum de combustible degut a l'alçada (pressió atmosfèrica), es considera negligible. En el referent a la potència del vehicle elèctric, els valors reals són de 500 kW o 680

CV, no obstant, a causa del pes addicional que suposen les bateries—2270 kg—es considera que la seva potència és inferior a efectes pràctics.

CAPÍTOL 5 RESULTATS I DISCUSSIÓ

Es mostren els valors obtinguts a partir de la metodologia presentada prèviament, així com s'analitzen els resultats obtinguts a través d'aquest mètode.

5.1 Anàlisi de Costos. Directes i Indirectes

Mitjançant la informació disponible tant en l'observatori Nacional com el de Catalunya, en el referent a costos de transport de mercaderies per carretera, es pot realitzar una extrapolació de les dades presentades, obtenint d'aquesta manera una representació genèrica de les casuístiques que es volen estudiar. Les **Taules 18-20** mostren els valors parametritzats dels costos en el referent a vehicles que empen motora ICE (extrapolació directa dels observatoris), FEV i BEV, on en aquests últims es realitzen modificacions per tal d'adaptar-los a les característiques particulars que presenten.

Taula 18. Costos directes i indirectes d'exploració de vehicle ICE segons parametrització.

Costos	Observatori*	Costos unitaris	Estructura costos %
Costos totals	153.642	€	100,0
Costos Directes	144.265	€	93,9
Costos per temps	60.596	€	39,4
Personal*	39.000	19,5 €/h	25,4
Amortització*	13.466	6,733€/h	8,8
Costos fiscals	700	0,35 €/h	0,5
Assegurances	3.450	1,725 €/h	2,2
Despeses financeres*	3.980	1,99 €/h	2,6
Costos quilomètrics	83.669	€	54,5
Combustible + AdBlue	47460	0,316 €/km ^a	30,9
Manteniment i reparacions*	6100	0,041 €/km	4,0
Dietes*	19.709	33,52 €/dia + 0,08€/km	12,8
Peatges	10.400	€	6,8
Costos Indirectes**	9.377	€	6,1

* Dades extretes de l'observatori nacional de costos del transport de mercaderies per carretera i d l'Observatori de costos del transport de mercaderies per carretera a Catalunya [60,61]. Es considera un valor residual del 20%.

**S'estima un 6.5% del total de costos directes. Observatori nacional.

^a Inclou reducció de preu; descompte de 0,057€/L; devolució de gasoil professional. Preu obtingut a partir valors taula 10.

Taula 19. Costos directes i indirectes d'exploració de vehicle BEV segons parametrització.

Costos	Observatori*	Costos unitaris	Estructura costos %
Costos totals	176.794	€	100,0
Costos directes	166.004	€	93,9
Costos per temps	65.955	€	37,3
Personal	39.000	19,5 €/h	22,1
Amortització	17.333	8,6665 €/h	9,8
Costos fiscals	500	0,25 €/h	0,3
Assegurances	4.000	2 €/h	2,3
Despeses financeres	5.122	2,561 €/h	2,9
Costos quilomètrics	100.049	€	56,6
Combustible	67.500	0,45 €/km ^b	38,2
Manteniment i reparacions	2440	0,016 €/km	1,4
Dietes	19.709	33,52 €/dia + 0.08€/km	11,1
Peatges	10.400	€	5,9
Costos indirectes **	10.790	€	6,1

* Dades extretes de l'observatori nacional de costos del transport de mercaderies per carretera i de l'Observatori de costos del transport de mercaderies per carretera a Catalunya [60,61]. Es considera un valor residual del 20%.

**S'estima un 6.5% del total de costos directes. Observatori nacional.

^b Valor obtingut realitzant la mitjana de preus mostrats en la Taula 9.

Taula 20. Costos directes i indirectes d'exploració de vehicle FEV segons parametrització.

Costos	Observatori*	Costos unitaris	Estructura costos %
Costos totals	256.660	€	100,0
Costos directes	240.995	€	93,9
Costos per temps	70.446	€	27,4
Personal	39.000	19,5 €/h	15,2
Amortització	20.800	10,4 €/h	8,1
Costos fiscals	500	0,25 €/h	0,2
Assegurances	4.000	2 €/h	1,6
Despeses financeres	6.146	3,073€/h	2,4
Costos quilomètrics	170.549	€	66,4
Combustible	138.000	0,92€/km ^c	53,8
Manteniment i reparacions	2440	0,016€/km	1,0
Dietes	19.709	33,52 €/dia + 0.08€/km	7,7
Peatges	10.400	€	4,1
Costos indirectes **	15.665	€	6,1

* Dades extretes de l'observatori nacional de costos del transport de mercaderies per carretera i de l'Observatori de costos del transport de mercaderies per carretera a Catalunya [60,61]. Es considera un valor residual del 20%.

**S'estima un 6.5% del total de costos directes. Observatori nacional.

^c Valor obtingut realitzant la mitjana de preus mostrats en la Taula 12. No inclòs valor 2030.

Dins dels costos fiscals, s'inclouen el ITV, IAE, IVTM i revisió de tacògraf. Donada la bonificació de IVTM en el referent a vehicles elèctrics i d'hidrogen (zero emissions), es pot apreciar un lleuger estalvi en els costos finals.

Malauradament, actualment no existeix una reducció de preu ni en el referent als kWh o el Kg d'Hidrogen emprats, tal com la devolució per gasoli professional, que si afecta els combustibles fòssils. Conseqüentment, existeix una reducció substancial en el preu del gasoil, representant únicament el 30,9% dels costos directes d'explotació, enfront al 38,2% dels BEV o el 53,8% del FEV.

A priori, la diferència entre els costos totals dels ICE i BEV, tot i suposar un increment del 15% sobre el preu del darrer, no presenta un desavantatge tàcit. La implantació d'una política energètica, que impliqui una reducció o descompte similar l'aplicat actualment als vehicles que empen combustibles fòssils, permetrà la millora dels BEV en competitivitat energètica. L'ús del preu establert per consumidors no domèstics (**Taula 8**), en el segment del transport de mercaderies, suposaria una gran reducció de costos derivats del combustible emprat. Tanmateix, l'aplicació de descomptes aplicats als peatges, tal com es duu a terme actualment en algunes seccions d'autopista per turismes, permetria una disminució encara més acusada en el resultat dels costos.

Adicionalment, degut a les característiques de construcció dels motors elèctrics, els quals empen els dos vehicles, el manteniment i reparació d'aquests, és substancialment inferior als dels ICE –4% ICE, 1,4% BEV, 1% FEV–donat que els motors de combustió requereixen més components, sent així més susceptibles a patir incidències.

En el referent als FEV, tal com ja s'ha comentat prèviament, el 50% dels costos directes procedeixen del combustible, així com aproximadament el 50% del preu d'adquisició del vehicle, procedeix dels dipòsits d'emmagatzematge d'hidrogen, els quals han d'estar regits per unes característiques i paràmetres de seguretat i manufactura elevats [8]. L'extensió, estudi i millora dels processos d'obtenció d'hidrogen, així com de la seva infraestructura de distribució–reducció 50% en costos distribució emprant canonades enfront de vehicles de cisterna [9]– permetrà una reducció substancial del preu del combustible, resultant en un augment directe en la competitivitat envers els altres dos models proposats.

A efectes pràctics, i en visió de les dades proporcionades en les taules 18-20, es podria determinar que el mètode més adequat per transport, és el ICE. No obstant, donades les polítiques actuals en el referent a emissions dins de zona urbana i metropolitana, així com de les infraestructures existents, la variant de BEV és de consideració. Serà necessari un volum considerable de desplaçaments per vehicle en zona urbana per a poder obtenir un rendiment WTT adequat [8].

5.2 Anàlisi d'emissions

L'anàlisi d'emissions de les dues rutes seleccionades (**Taula 21-22**), es realitza en mitjançant els programes informàtics, EcoTransIT i PTV Map & Guide, així com basant-se en bibliografia existent, per complimentar informació en aquells casos on la no idoneïtat dels programes quedi demostrada.

Taula 21 . Emissions totals segons WTW de ICE, BEV i FEV. Ruta Barcelona – Bilbao

Característiques					ECOTRANSIT			PTV Map & Guide
Element	Tipus	Valors	Unitats	WTW	WTT	TTW	WTW	
Camió	12-20 t	Consum energètic	kWh	2521	457	2064	-	
Estàndard d'emissions	EURO6	GHG CO ₂ /eq	CO ₂ /eq (t)	0,66	0,13	0,53	0,389	
Factor càrrega	70%	CO ₂ emissions	t	0,64	0,12	0,52	0,384	
Factor càrrega en buit	20%	Nox	kg	6,18	0	6,18	0,123	
Combustible	ICE	No hidrocarburs metà	kg	0,5	0,18	0,32	0,029	
t/TEU	10	SO ₂	kg	0,2	0,197	0,003	-	
Tipus	Normal	PM ₁₀	kg	0,2	0	0,2	-	
Característiques					ECOTRANSIT			PTV Map & Guide
Element	Tipus	Valors	Unitats	WTW	WTT	TTW	WTW	
Camió	12-20 t	Consum energètic	kWh	3630	2474	1155	-	
Estàndard d'emissions	EURO6	GHG CO ₂ /eq	CO ₂ /eq (t)	0,4	0,4	0	-	
Factor càrrega	70%	CO ₂ emissions	t	0,4	0,4	0	-	
Factor càrrega en buit	20%	Nox	kg	0,98	0,98	0	-	
Combustible	BEV	No hidrocarburs metà	kg	0,05	0,05	0	-	
t/TEU	10	SO ₂	kg	0,98	0,5	0	-	
Tipus	Normal	PM ₁₀	kg	0,1	0,1	0	-	

Taula 22 . Emissions totals segons WTW de ICE, BEV i FEV. Ruta Barcelona – Madrid

Característiques		ECOTRANSIT					PTV Map & Guide
Element	Tipus	Valors	Unitats	WTW	WTT	TTW	WTW
Camió	12-20 t	Consum energètic	kWh	2521	457	2064	-
Estàndard d'emissions	EURO6	GHG CO ₂ /eq	CO ₂ /eq (t)	0,66	0,13	0,53	0,418
Factor càrrega	70%	CO ₂ emissions	t	0,64	0,12	0,52	0,413
Factor càrrega en buit	20%	Nox	kg	6,18	0	6,18	0,126
Combustible	ICE	No hidrocarburs metà	kg	0,5	0,18	0,32	0,029
t/TEU	10	SO ₂	kg	0,2	0,197	0,003	-
Tipus	Normal	PM ₁₀	kg	0,2	0	0,2	-
Característiques		ECOTRANSIT					PTV Map & Guide
Element	Tipus	Valors	Unitats	WTW	WTT	TTW	WTW
Camió	12-20 t	Consum energètic	kWh	3673	2504	1169	-
Estàndard d'emissions	EURO6	GHG CO ₂ /eq	CO ₂ /eq (t)	0,42	0,42	0	-
Factor càrrega	70%	CO ₂ emissions	t	0,4	0,4	0	-
Factor càrrega en buit	20%	Nox	kg	1	1	0	-
Combustible	BEV	No hidrocarburs metà	kg	0,052	0,052	0	-
t/TEU	10	SO ₂	kg	0,99	0,99	0	-
Tipus	Normal	PM ₁₀	kg	0,14	0,14	0	-

Els programes EcoTransIT i PTV Map & Guide no presenten l'opció de elaborar una anàlisi d'emissions en vehicles d'Hidrogen. Tanmateix, PTV Map & Guide, tampoc ofereix tal opció per BEV. Conseqüentment, per obtenir valors relativament representatius, és imperatiu recórrer a altres estudis que analitzin les característiques WTW en relació l'Hidrogen. La **Taula 23**, mostra alguns dels valors segons diversos recursos bibliogràfics consultats.

Taula 23. Comparativa d'emissions WTW per Hidrogen, segons diversos autors.

Regió	Any	Procedència H ₂	WTW GHG (CO ₂ eq - g/km)		Referència
			HFCV	ICE	
EU	2018	Reformació per vapor	115	203	[38]
		Electròlisi energia renovable.	6.2	-	
Corea	2015	Reformació per vapor	218	220	[62]
		Electròlisi amb Mix elèctric	388	-	
U.S.	2018	Reformació per vapor	145	228	[63]
		Electròlisi energia renovable	28	-	
Xina	2017	Reformació per vapor	173	309	[64]
		Electròlisi energia renovable	35	-	
		Electròlisi amb Mix elèctric	431	-	

Tal com succeeix amb els BEV, la font d'energia seleccionada per obtenir el combustible, generarà un impacte en emissions. En aquest sentint, la **taula 24** mostra les emissions d'ús de la reformació per vapor i energia eòlica en la producció d'Hidrogen [32,65].

Taula 24. Comparativa d'emissions per tècniques de reformació de vapor i electròlisi per energia eòlica, en l'obtenció d'hidrogen, segons diversos autors.

Emissió	Reformació per	
	vapor [g/Kg H ₂]	Eòlica [g/Kg H ₂]
CO ₂	8756	1.8-41.8
CO	0,07	0,03
NO _x	0,82	2,21
PM ₁₀	0,02	0,2

L'obtenció d'hidrogen per descomposició mitjançant el cicle Cu-Cl presenta uns valors d'emissions de CO₂ eq extremadament favorables, estimats en 0.8 g/KgH₂ [66].

5.3 Anàlisi de rutes

En vista dels valors obtinguts d'ambdues rutes, per a la casuística de combustible seleccionada—ICE i BEV— es pot apreciar els valors quasi idèntics generats per l'aplicació EcoTransIT. PTV Map & Guide presenta una lleugera variació en l'únic combustible analitzat, ICE.

EcoTransIT indica, que els seus càlculs es realitzen seguint la metodologia establerta per la UNE- EN 16258, així com pel model GLEC en el que anàlisi *upstream* d'emissions es refereix. En el context dels valors generats, donat que es tracta d'un programa que tot i trobar-se focalitzat en les emissions WTW, no pretén analitzar les rutes seleccionades amb un gran nivell de definició, es considera normal el biaix de valors, en aquest cas ± 43 , tant pel model de vehicle elèctric, com pel de combustió.

Per contra, PTV Map & Guide sí que s'identifica com un programa especialitzat en l'anàlisi de rutes de transport, especialment per camions. Aquest fet li permet controlar de manera molt més acurada les rutes a seleccionar, així com la tipologia de base de dades a la qual té accés és més extensa i curosa, permetent així, obtenir valors de WTW–opció inclosa dins de les eines que oferta–molt més específics.

Donat que la distància entre Barcelona i Madrid és a 614 km aproximadament, en contraposició als 600 km entre Barcelona i Bilbao, així com el punt més elevat en les rutes és de 1221m en el primer cas, i 703m en el segon, és lògic obtenir valors de WTW més elevats, a causa del requeriment de major quantitat de combustible per assolir aquestes diferències geogràfiques.

En el que fa a la diferència substancial entre els valors obtinguts per tots dos programaris, es pot considerar que la tipologia d'anàlisi d'algoritmes pròpia de cada sistema és la responsable de tal variabilitat, donat que cap dels paràmetres de ruta i vehicle introduïts en el sistema per part de l'autor, ha patit cap mena de diferència significativa.

Mencionat que ambdós programes tenen en consideració de manera automàtica les característiques orogràfiques de la ruta analitzada, i per tant, l'alçada.

Malauradament, i tal com s'ha comentat prèviament, cap dels dos programes emprats presenten l'opció d'anàlisi d'emissions per vehicles elèctrics o d'hidrogen.

Si bé és cert que a efectes pràctics, no es generarien elements nocius durant el segment TTW, sí que ho farien durant el WTT. En aquest sentit, existeix una complexitat a l'hora de determinar tals valors, doncs vénen relacionats de manera intrínseca amb la tipologia d'energia emprada per la seva obtenció. Mentre els combustibles fòssils s'obtenen per processos extremadament estandarditzats, on la necessitat d'energia tot i presentar variacions, es manté relativament constant i per tant, tot el model d'emissions es troba repartit al llarg de la cadena WTW, no succeeix el mateix amb l'hidrogen i l'electricitat, on hi ha una translocació de les emissions que es produïrien en el TTW al WTT. L'apartat 2.2.2 mostra clarament la variabilitat de les emissions contaminats en funció de l'energia seleccionada per als processos de d'obtenció de l'Hidrogen.

5.4 Escenari 2030

En visió dels resultats obtinguts en l'actualitat, en el que costos directes i indirectes es refereix, tot tenint en consideració les casuístiques actuals, pot resultar adequat presentar un conjunt d'hipòtesis de millora per al període de 2030, on s'estima, una millora substancial de les noves tecnologies.

En aquest sentit, es presenten les hipòtesis següents:

1. Millora del preu de producció d'hidrogen. Valor Taula 12, preu hidrogen 2030.
2. Ús preu electricitat per consumidors no domèstics. Taula 8.
3. Implantació de descomptes fiscals i ajuts sobre els combustibles. -10% del preu final. (A excepció del dièsel i gasolina, els quals ja posseeixen descomptes aplicats, així com percentatge de devolució de gasoil per ús professional).
4. Millora rendiment d'eficiència dels motors ICE. -10% consum.
5. No s'estima descompte en l'adquisició de vehicles elèctrics o d'hidrogen. Plan Moves / Renove.
6. La resta de valors romanen constants.

D'aquesta manera la **Taula 25** representa el canvi en preus de combustible.

Taula 25. Modificació preus combustible en conjunt de millores aplicades.

	ICE	BEV	FEV
Preu combustible [€/km]			
Actual	0,3164	0,45	0,92
2030	0,3002	0,115	0,36

Taula 26. Comparativa costos totals segons preus de combustible emprats. ICE, Actualitat–2030.

Costos	ACTUALITAT		2030	
	Observatori*	Costos unitaris	Modificació	Costos unitaris
Costos totals	153.642	€	151.046	€
Costos directes	144.265	€	141.828	€
Costos per temps	60.596	€	60.596	€
Personal	39.000	19,5 €/h	39.000	19,5 €/h
Amortització	13.466	6,733€/h	13.466	6,733 €/h
Costos fiscals	700	0,35 €/h	700	0,35 €/h
Assegurances	3.450	1,725 €/h	3.450	1,725 €/h
Despeses financeres	3.980	1,99 €/h	3.980	1,99 €/h
Costos quilomètrics	83.669	€	81.232	€
Combustible	47460	0,3164 €/km	45022,5	0,30015 €/km
Manteniment i reparacions	6100	0,056 €/km	6100	0,056 €/km
Dietes	19.709	33,52€/dia + 0,08€/km	19.709	33,52€/dia + 0.08€/km
Peatges	10.400	€	10.400	€
Costos indirectes **	9.377	€	9.219	€
	Diferència		-2.596	€

Taula 27. Comparativa costos totals segons preus de combustible emprats. BEV, Actualitat – 2030.

Costos	ACTUALITAT		2030	
	Observatori*	Costos unitaris	Modificació	Costos unitaris
Costos totals	176.794	€	123.278	€
Costos directes	166.004	€	115.754	€
Costos per temps	65.955	€	65.955	€
Personal	39.000	19,5 €/h	39.000	19,5 €/h
Amortització	17.333	8,6665 €/h	17.333	8,6665 €/h
Costos fiscals	500	0,25 €/h	500	0,25 €/h
Assegurances	4.000	2 €/h	4.000	2 €/h
Despeses financeres	5.122	2,561 €/h	5.122	2,561 €/h
Costos quilomètrics	100.049	€	49.799	€
Combustible	67.500	0,45 €/km	17.250	0,115 €/km
Manteniment i reparacions	2440	0,016€/km	2440	0,016€/km
Dietes	19.709	33,52 €/dia + 0.08€/km	19.709	33,52 €/dia + 0.08€/km
Peatges	10.400	€	10.400	€
Costos indirectes **	10.790	€	7.524	€
	Diferència		-53.516	€

Taula 28. Comparativa costos totals segons preus de combustible emprats. FEV , Actualitat – 2030.

Costos	ACTUALITAT		2030	
	Observatori*	Costos unitaris	Modificació	Costos unitaris
Costos totals	256.660	€	167.361	€
Costos directes	240.995	€	157.147	€
Costos per temps	70.446	€	70.446	€
Personal	39.000	19,5 €/h	39.000	19,5 €/h
Amortització	20.800	10,4 €/h	20.800	10,4 €/h
Costos fiscals	500	0,25 €/h	500	0,25 €/h
Assegurances	4.000	2 €/h	4.000	2 €/h
Despeses financeres	6.146	3,073€/h	6.146	3,073 €/h
Costos quilomètrics	170.549	€	86.701	€
Combustible	138.000	0,92 €/km	54.152	0,36 €/km
Manteniment i reparacions	2440	0,016€/km	2440	0,016€/km
Dietes	19.709	33,52 €/dia + 0.08€/km	19.709	33,52 €/dia + 0.08€/km
Peatges	10.400	€	10.400	€
Costos indirectes **	15.665	€	157.147	€
	Diferència		-89.298	€

Tal com es pot apreciar clarament, els costos totals de les diferents tipologies de vehicles segons el combustible emprat (**Taules 26-28**), presenten una disminució considerable en el període de 2030–ICE 1,71%, BEV 43,41% , FEV 53,36%–, sobre els preus calculats pel període actual.

En el referent al percentatge que representen els combustibles, s’observa una reducció de 1,1 punts per ICE, 24,2 punts per BEV i 21,4 punts per FEV.

Conseqüentment, una millora dels preus, ja sigui per reduccions fiscals o per ajudes, genera un impacte significatiu a nivell de costos directes i indirectes.

Donades les millores presentades i esmenades anteriorment durant el capítol 2, la reducció de les emissions de gasos hivernacle i de partícules nocives és quelcom que es troba al nostre abast.

Així mateix, realitzar una aproximació als costos externs, és quelcom complex donada l'extensa variabilitat dels paràmetres, ja que es troben relacionats directament i en gran proporció al nivell d'emissions. No obstant, és de lògica interpretar que una disminució de les emissions provocarà de manera directa una reducció dels costos presentats.

A causa que els combustibles, dièsel i gasolina, s'obtenen forçosament per combustió i posterior destil·lació del cru de petroli, així com els seus processos d'extracció són difícilment susceptibles de millora en el que disminució d'emissions durant el procés WTT. Per contra, la millora del rendiment dels vehicles, i dels filtres de partícules, representen un gran impacte en la secció TTW.

En contraposició, la producció d'electricitat i d'hidrogen és més susceptible de patir millores durant tot el procés, ja que no existeixen emissions durant el segment TTW, solament existeixen durant el WTT.

En aquest sentit i en visió de les millores i elements esmentats durant el present document, es podria suposar de manera genèrica, una reducció d'aproximadament el 10% d'emissions durant tot el WTW per al 2030 en el segment de ICE, un 35% en l'electricitat i un 20% en l'hidrogen derivat de la millora i consolidació de les fonts productores d'electricitat (**Taula 28**).

Taula 28. Disminució en els costos externs per millora rendiment segons combustible. Relacionat amb emissions.

Paràmetres	Valors normals	€/tkm		
		ICE 10%	FEV 20%	BEV 35%
Cont. aeris				
Bilbao	3015	2713,5	2412	1959,75
Madrid	3070	2763	2456	1995,5
WTW				
Bilbao	880,38	792,34	704,30	572,24
Madrid	896,44	806,796	717,15	582,68
GHG				
Bilbao	2852,19	2566,97	2281,75	1853,92
Madrid	2904,22	2613,80	2323,38	1887,74

CAPÍTOL 6

CONCLUSIÓ

L'objectiu d'aquest treball era identificar la tipologia de combustible més adequada per una ruta determinada, emprant una aproximació dels principals costos—externs, directes, indirectes—incloent-hi factors socioeconòmics, que generen aquests tipus de combustibles sobre la penjada ecològica. Al mateix temps es presenta una visió general de les característiques i millores tecnològiques per tal d'assolir una reducció de gasos d'efecte hivernacle.

En aquest sentit, es van seleccionar els combustibles a estudi—hidrogen, dièsel i electricitat—ja que representen de manera directa el futur de l'automoció. On les principals cases de vehicles i científics realitzen nombrosos esforços per convertir-los en el següent element revolucionari tal com va suposar el carbó durant la revolució industrial.

Per tal de determinar els principals costos directes i indirectes derivats de la gestió dels vehicles pesants, es va optar per emprar tant l'Observatori de costos del transport de mercaderies per carretera, tant en àmbit Nacional, com Autonòmic. D'aquesta manera, es pretenia unir característiques, metodologies i models d'aproximació d'ambdós documents, per generar un anàlisi el més robust possible. Degut a la manca d'informació en tals observatoris, en el referent a combustibles alternatius (hidrogen i electricitat), doncs el predominant és el gasoil, va ser necessària una lleugera adaptació del model.

En el que mètode d'anàlisi d'emissions es refereix, es pretenia realitzar una comparativa entre la metodologia presentada per el GLEC, el GREET i la UNE EN 16258. Malauradament, tal comparativa no s'ha pogut dur a terme en l'escala i profunditat requerida. Les eines EcoTRANSIT (la qual empra una metodologia mixta entre EN 16258 i GLEC) i PVT Map and Guide, van ser finalment emprades degut a la seva facilitat d'ús.

Per determinar de manera genèrica els costos externs, es va recórrer al *Handbook on the external costs of transport* de la UE, publicat per el DELFT. Les dades obtingudes no són del tot acurades, degut a la manca principal de metodologia i anàlisi per la besant dels combustibles alternatius.

Donats els paràmetres i valors obtinguts, és quelcom complex afirmar de manera rotunda la millor tipologia de combustible, malgrat això, actualment els ICE són els clars favorits. Això és deu a la gran estandardització, extensió i acceptació d'aquest tipus de vehicles a escala global, així com al relatiu baix preu del dièsel o gasolina, tot tenint en consideració que les infraestructures destinades per abastir-se ja es troben construïdes i consolidades. El BEV tot i presentar molts avantatges en paper, a la pràctica, i en especial en el referent a emissions procedents de manufactura, procedència de l'energia emprada, així com elements de caràcter social (mines de níquel i cobalt, esclavitud a la Xina), pot no ser el més adequat, com a mínim a escala global. L'hidrogen tot i posseir uns problemes similars en el que emissions es refereix (procedència de l'energia emprada per obtenció d'hidrogen), no presenta tanta controvèrsia. Tanmateix, una millora en producció i reducció de preus, permetria que altres indústries, tals com la metal·lúrgica o química, es beneficiessin d'aquest possible excedent d'hidrogen.

La procedència de l'energia emprada, tant en la producció d'Hidrogen, com l'electricitat, posseirà unes implicacions directes en les emissions generades, ja que a priori, tals tecnologies– BEV i FEV–semblen comportar-se com a elements destinats a modificar i allunyar les emissions de la carretera (TTW), cap al mètode de generació WTP, en comptes d'oferir una millora definitiva als problemes d'emissió de contaminants.

A efectes energètics, Espanya ha de millorar i augmentar la xarxa de distribució, prestant especial atenció en l'adopció de majors quantitats de tecnologies renovables, doncs en aquest sentit, es podrà convertir en un país energèticament autosuficient a nivell de transport, gràcies als vehicles elèctrics, sense la necessitat d'importar cru o productes gasosos extres. L'adaptació en l'àmbit europeu del model de distribució d'hidrogen basat en canonades, és també quelcom a considerar, així com la transició i modificació d'algunes plantes nuclears de baix rendiment sobre el total energètic de la xarxa per tal de produir hidrogen.

Realitzar un debat sobre FEV envers BEV no és correcte. L'element clau rau en la transició de combustibles purament fòssils (ICE) a hidrogen en el referent a mètodes de transport que requereixin grans distàncies, tals com el transport internacional de mercaderies per carretera, o aquells que impliquin uns rangs d'acció superiors–sent 200-300 km en el millor dels casos– als de les bateries actuals. L'ús dels vehicles elèctrics, es podria centralitzar en les grans ciutats o àrees metropolitanes, donat la seva facilitat de trobar fonts de recàrrega, tot procurant realitzar desplaçaments amb gran nombre de quilòmetres, ja que a major amortització de recorregut, menor serà l'impacte ambiental generat.

Altres elements a considerar i/o millorar són:

- I. Augmentar el rang d'acció de les bateries, així com la seva vida útil (lligada a quilometratge)–fins a 200.000 km–implicaria de manera directa una reducció dels GWP.
- II. La procedència de l'energia emprada, tant en la producció de d'Hidrogen, com l'electricitat, posseirà unes implicacions directes en les emissions generades, doncs a priori, tals tecnologies– BEV i FEV–semblen comportar-se com elements destinats a modificar i allunyar les emissions de la carretera (TTW), cap al mètode de generació WTP, en comptes d'oferir una millora definitiva als problemes d'emissió de contaminants.
- III. La re-localització de les plantes de produccions de bateries i de components indispensables en la manufactura dels vehicles, permetrà no solament generar una economia d'escala més sostenible, sinó que addicionalment, suposarà una reducció en els elements GWP GHG.
- IV. El control sobre les matèries primeres de les bateries, així com sobre els països encarregats de la seva manufactura, és quelcom essencial per tal d'assegurar l'eticitat dels components. Suprimir esclavitud i respecte per drets humans.
- V. S'ha de millorar el temps de recàrrega de les bateries, doncs els vehicles d'hidrogen i ICE actualment comparteixen un temps aproximats de 3-5 minuts.
- VI. La eficiència relativa dels vehicles d'hidrogen es inferior a la dels elèctrics, doncs es requereix una gran quantitat d'energia per obtenir gas líquid d'ús en el transport, així com per generar de manera inicial el hidrogen (assumint procés d'electròlisi).

- VII. És necessària millorar i ampliar la infraestructura de repostatge tant dels vehicles elèctrics, com dels d'Hidrogen. Prestant especial atenció en els darrers, on la manca és extremadament acusada.
- VIII. Manca d'informació sobre costos externs en el referent a les tipologies de combustible emergent.
- IX. Proporcionat descomptes i millores fiscals pels usuaris, especialment de caire logístics i de transport de mercaderies per tal d'adoptar l'hidrogen o electricitat.
- X. La internalització dels costos externs permetrà realitzar inversions de capital de caire sostenible.

Tanmateix, el fet de realitzar una transició tan ràpida als vehicles elèctrics, siguin turismes, o vehicles de transport de mercaderies, com els nou Mercedes i el Tesla Semi-Truck, suposa un problema en el referent a distribució de la càrrega elèctrica en les estacions de repostatge. Doncs un nombre elevat de vehicles recarregant simultàniament les bateries en una zona determinada, pot acabar generant problemes en l'àmbit de la distribució. Si bé és cert, que tal problema es podria solucionar amb l'increment d'instal·lacions generadores d'electricitat, és innegable que caldria emprar tecnologia d'intel·ligència artificial, la qual fos capaç de redistribuir l'energia de la xarxa elèctrica allà on fons més necessària, en moments puntuals, així com millorar i incrementar els elements actuals de distribució, per tal de poder proporcionar major capacitat de kWh. Un increment del mix elèctric centralitzat en les energies renovables o fins i tot, una millora de les instal·lacions nuclears, podria permetre una reducció del WTT final.

En el referent als mètodes disponibles i emprats per analitzar les emissions WTW, és pot apreciar una manca de consistència, així com s'observa la raó principal per la qual la majoria dels autors empen el mètode GREET per els seus respectius anàlisis, doncs es presenta com una eina de gran valor degut la informació que conté. Cal esperar a noves publicacions que emprin la metodologia GLEC per tal d'observar les millores i avanços que presenta sobre GREET.

En el que anàlisi de costos externs es refereix, es pot apreciar clarament la manca d'informació sobre els diferents costos en el referent als combustibles o fonts d'energia que empen bateries (cotxes elèctrics) o hidrogen, per als apartats d'emissions WTW, gasos d'efecte hivernacle i contaminants aeris. Per aquest motiu, és imperatiu. Si bé és cert que l'últim model del DELFT data de 2018, la informació recollida es basa en 2016. Conseqüentment, és de gran dificultat poder realitzar una aproximació als costos externs de les diferents tipologies de combustible presentats, doncs les dades predominants es centren en el ICE. La adaptació a les noves tendències energètiques i de transport, ha d'ésser quelcom prioritari.

Tal com s'ha observat en l'apartat de l'escenari 2030, el potencial de millora és immens, on una simple política d'ajut als combustibles, i una millora de les infraestructures relacionades amb l'abastiment i consolidació i promoció d'energies renovables pot implicar la pràctica absoluta idoneïtat dels BEV sobre els ICE. Si bé és cert que existeixen problemes d'índole socioeconòmica en el referent a les bateries, els nous avenços i la conscienciació, ja sigui ecològica, o pràctica per part dels fabricants de vehicles, permetria posicionar-les com l'opció més adequada. D'aquesta manera, i al mateix temps, els FEV, podrien desequilibrar l'hegemonia absoluta dels ICE sobre el transport de grans distàncies.

Es presenta un escenari futur extremadament interessant.

Bibliografia

1. NIH. Health impacts [En línia] https://www.niehs.nih.gov/research/programs/geh/climatechange/health_impacts/index.cfm [Consultat: 11 Novembre 2020]
2. European Environment Agency. Emissions of the main air pollutants in Europe. [En línia] <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/main-anthropogenic-air-pollutant-emissions/assessment-6> [Consultat: 12 Novembre 2020]
3. EPA. Overview of Greenhouse Gases [En línia] <https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases> [Consultat: 12 Novembre 2020]
4. European Environment Agency. Greenhouse gas emissions from transport in Europe [En línia] <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/transport-emissions-of-greenhouse-gases/transport-emissions-of-greenhouse-gases-12> [Consultat: 12 Novembre 2020]
5. European Environment Agency. Greenhouse gas emissions intensity of fuels and biofuels for road transport in Europe <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/greenhouse-gas-emissions-intensity-of/assessment>
6. BEV 5. Airqualitynews. 18 Maig 2020 The politics of making an electric vehicle battery [En línia] <https://airqualitynews.com/2020/05/18/the-politics-of-making-an-electric-vehicle-battery/> [Consultat: 30 Novembre 2020]
7. Leach F, Kalghatgi G, Stone R, Miles P. The scope for improving the efficiency and environmental impact of internal combustion engines. *Transportation Engineering* 2020; 1: 100005
8. Ajanovic, A. The future of electric vehicles: prospects and impediments. *WIREs Energy Environ* 2015; 4: 521-536.
9. Paster M.D., Ahluwalia R.K., Berry G., Elgowainy A., Lasher S., McKenney K., Gardiner M. Hydrogen storage technology options for fuel cell vehicles: Well-to-wheel costs, energy efficiencies, and greenhouse gas emissions, *Int J Hydrogen Energy*, 2011; 36 (22); 14534-51
10. Desantes J.M., Molina S., Novella R., Lopez-Juarez M., Comparative global warming impact and NOX emissions of conventional and hydrogen automotive propulsion systems. *Energy Conversion and Management* 2020; 221: 113137
11. Hosseini SE, Wahid MA. Hydrogen production from renewable and sustainable energy resources: promising green energy carrier for clean development. *Renew Sustain Energy Rev* 2016; 57:850-66.
12. Publication office of the EU. Handbook on the external costs of transport. [En línia] <https://op.europa.eu/es/publication-detail/-/publication/9781f65f-8448-11ea-bf12-01aa75ed71a1>

13. EcoTransIt <https://www.ecotransit.org/>
14. PTV Map & Guide. <https://www.ptvgroup.com/es/soluciones/productos/ptv-mapandguide/>
15. Engblom J, Solakivi T, Töyli J, Ojala L. Multiple-method analysis of logistics costs, Int J Production Economics 2012; 137:29-35
16. He Y, Yin S. Cost analysis in global supply chains, Operations Research Letters 2020; 48:658-665.
17. Roosen J, Marneffe W, Vereeck L. A review of Comparative Vehicle Cost Analysis. Transport Reviewx 2015; 35 (6) 720-748.
18. FSR. Internalising the External Costs of Transport. 24 Juny 2019. [En línia] <https://fsr.eui.eu/the-observer-internalising-the-external-costs-of-transport/>
19. What is the GLEC Framework? <https://www.smartfreightcentre.org/en/how-to-implement-items/what-is-glec-framework/58/>
20. UNE EN 16258. Metodologia per al càlcul i declaració del consum d'energia i de las emissions de GHG en els serveis de transport.
21. GREET Model. Argonne National Laboratory <https://greet.es.anl.gov/index.php>
22. Leach F, Kalghatgi G, Stone R, Miles P. The scope for improving the efficiency and environmental impact of internal combustion engines. Transportation Engineering 2020; 1: 100005
23. DieselNet. Engine Efficiency. [En línia] https://dieselnet.com/tech/engine_efficiency.php [Consultat: 1 Desembre 2020]
24. ADAC: Neue Diesel stoßen kaum NOx aus. 2019. Available from: <https://www.kfz-betrieb.vogel.de/adac-neue-diesel-stossen-kaum-nox-aus-a-800922/>
25. Nuevo Actros [En línia] https://www.mercedes-benz-trucks.com/es_ES/models/new-actros/efficiency/reduced-fuel-consumption.html [Consultat: 16 Desembre 2020]
26. Shcheklein S.E, Dubinin A.M, Analysis of nitrogen oxide emissions from modern vehicles using hydrogen or other natural and synthetic fuels in combustion chamber. Int Jour of Hydrogen Energy, 2020; 45:1151-1157
27. Energy Gov. HydrogenStorage. [En línia] <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-storage> [Consultat: 19 Novembre 2020]
28. Veras TS, Mozer TS, Santos DCRM, C_esar AS. Hydrogen: trends, production and characterization of the mainprocess worldwide.

- 29.** CleanEnergy. How much electricity is needed to produce 1kg of H₂ by electrolysis? [En línia] <https://cleanenergypartnership.de/en/faq/hydrogen-production-and-storage/?scroll=true> [Consultat: 19 Novembre 2020]
- 30.** Dincer I, Acar C. Review and evaluation of hydrogen production methods for better sustainability. *Int J Hydrogen Energy* 2015; 40:11094-111
- 31.** Cipriani G, Dio VD, Genduso F, Cascia DL, Liga R, Miceli R, et al. Perspective on hydrogen energy carrier and its automotive applications. *Int J Hydrogen Energy* 2014; 39:8482-94.
- 32.** Sinigaglia T, Lewiski F, Santos-Martins ME, Mairesse-Siluk JC. Production, storage, fuel stations of hydrogen and its utilization in automotive applications-a review, *Int J Hydrogen Energy* 2017; 42, (39): 24597-611
- 33.** Expansión. 10 Juny 2019. España bate el récord de gasolineras en pleno boom del coche eléctrico. [En línia] <https://www.expansion.com/empresas/energia/2019/06/10/5cfe82f7e5fdea76798b465a.html> [Consultat: 21 Novembre 2020]
- 34.** Mapa d'estacions de repostatge d'Hidrogen a la UE. [En línia] <https://h2-map.eu/> [Consultat: 26 Novembre 2020]
- 35.** Eafo. H₂ filling stations (2020) [En línia] <https://www.eafo.eu/alternative-fuels/hydrogen/filling-stations-stats> [Consultat: 26 Novembre 2020]
- 36.** Michalski, Jan; Bünger, Ulrich; Crotogino, Fritz; Donadei, Sabine; Schneider, Gregor-Sönke; Pregger, Thomas; Cao, Karl-Kiên; Heide, Dominik. Hydrogen generation by electrolysis and storage in salt caverns: Potentials, economics and systems aspects with regard to the German energy. *Int J Hydrogen Energy* 2017; 42, (19); 13427-43
- 37.** Comisió Europea. Un pacto Verde Europeo. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es
- 38** Rosenfeld D, Lindorfer H, Fazeni-Fraisl K, Comparison of advanced fuels—Which Technology can win from the life cycle perspective?, *Journal of Cleaner Production*, 2019; 38: 117879,
- 39.** ABC Motor. 7 Maig 2019. Desmontando mitos sobre el coche de hidrógeno. [En ínia] <https://www.ituc-csi.org/apparel-brands-Uyghur-forced-labour?lang=en> [Consultat: 16 Desembre 2020]
- 40.** Balali Y, Stegen S, Review of energy storage systems for vehicles based on technology, environmental impacts, and costs, *Renewable and Sustainable Energy Rev* 2020; 135: 110185
- 41.** Benveniste G, Rallo H, Canals-Casals L, Merino A, Amante B. Comparison of the state of Lithium-Sulphur and Lithium-ion batteries applied to electromobility. *Journal of Environmental Management* 2018; 226: 1-12

- 42.** C&en. 13 Juliol 2020. Can Europe be a contender in electric vehicle bateries? [En línia] <https://cen.acs.org/energy/energy-storage-/Europe-contender-electric-vehicle-batteries/98/i27> [Consultat: 30 Novembre 2020]
- 43.** Airqualitynews. 18 Maig 2020 The politics of making an electric vehicle battery [En línia] <https://airqualitynews.com/2020/05/18/the-politics-of-making-an-electric-vehicle-battery/> [Consultat: 30 Novembre 2020]
- 44.** Hawkins T.R, Singh B, Majeau-Bettez G, Stromman A.H, Comparative environmental life cycle assessment of conventional and electric Vehicles. *Journal of Industrial Ecology* 2012; 17 (1) 53-64
- 45.** El País. 17 Juliol 2020 .Baterías sangrientas: la extracción de Cobalto en Congo. [En línea] https://elpais.com/elpais/2020/06/18/planeta_futuro/1592483206_404289.html [Consultat: 29 Desembre 2020]
- 46.** Kalghatgi G, Is it really the end of internal combustion engines and petroleum in transport? *Applied Energy*, 2018 ; 225: 965-974.
- 47.** Australian Strategic Policy Institute. 01 Març 2020. Uyghurs for Sale. [En línia] https://elpais.com/elpais/2020/06/18/planeta_futuro/1592483206_404289.html [Consultat: 27 Desembre 2020]
- 48.** International Trade Union Confederation. 23 Juliol 2020. 180+ Orgs Demand Apparel Brands end complicity in Uyghur Forced Labour [En línia] <https://www.ituc-csi.org/apparel-brands-Uyghur-forced-labour?lang=en> [Consultat: 27 Desembre 2020]
- 49.** Hu X, Sun J, Chen Y, Liu Q, Gu L. Considering Well-to-Wheels Analysis in Control Design: Regenerative Suspension Helps to Reduce Greenhouse Gas Emissions from Battery Electric Vehicles. *Energies*. 2019; 12(13):2594
- 50.** Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. [En línia] <https://energia.gob.es/balances/Balances/Paginas/Balances.aspx> [Consultat: 12 Desembre 2020]
- 51.** Iberdrola. Puntos de recarga de coche eléctrico. [En línia] <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/puntos-recarga-coche-electrico-espana> [Consultat: 19 Desembre 2020]
- 52.** Motorpasion. ¿Cuánto cuesta cargar un coche eléctrico? [En línia] <https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/cuanto-cuesta-cargar-coche-electrico-tarifas-luz-hay-espana-2020> [Consultat: 19 Desembre 2020]
- 53.** Motor.ES. ¿Cuánto cuesta cargar un coche eléctrico? [En línia] <https://www.motor.es/noticias/cuanto-cuesta-cargar-coche-electrico-202067580.html>

- 54.** Expansión. DatosMacro. Precios de los derivados del Petróleo:España [En línea] <https://datosmacro.expansion.com/energia/precios-gasolina-diesel-calefaccion/espana?anio=2019> [Consultat: 19 Desembre 2020]
- 55.** GeenChem-AdBlue. Índices de AbBlue y de urea [En línea] <https://es.greenchem-adblue.com/indices-adblue-urea/> [Consultat: 19 Desembre 2020]
- 56.** e-Automotive. ¿Cuánto cuesta y cómo se produce el hidrogeno par automoción? [En línea] <https://noticias-renting.aldautomotive.es/produccion-hidrogeno-automocion/> [Consultat: 19 Desembre 2020]
- 57.** Eropean Comissio. Questions and answers: A hydrogen strategy for a climante neutral europe [En línea] https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/QANDA_20_1257 [Consultat: 19 Desembre 2020]
- 58.** BMW. Coches de hidrogeno: todo lo que debes saber [En línea] <https://www.bmw.com/es/innovation/coches-de-hidrogeno-asi-funcionan.html> [Consultat: 19 Desembre 2020]
- 59.** HydrogenEurope. Hydrogen 2030: The Blueprint [En línea] <https://hydrogeneurope.eu/publications-0> [Consultat: 19 Desembre 2020]
CONCLUSIONS I resultats
- 60** Observatori de costos del transport de mercaderies per carretera. https://territori.gencat.cat/ca/01_departament/06_estadistica/07_publicacions_estadistiques/01_territori_i_mobilitat/observatori_costs_transport_mercaderies/
- 61.** Observatorio del transporte de mercancías por carretera. <https://www.mitma.gob.es/transporte-terrestre/servicios-al-transportista/observatorios-del-transporte/observatorios-del-transporte-de-mercancias-por-carretera>
- 62** Yoo, E., Kim, M., Song, H.H., 2018. Well-to-wheel analysis of hydrogen fuel-cell electric vehicle in Korea. *Int. J. Hydrogen Energy* 43, 19267e19278.
- 63** Liu, X., Reddi, K., Elgowainy, A., Lohse-Busch, H., Wang, M., & Rustagi, N. (2020). Comparison of well-to-wheels energy use and emissions of a hydrogen fuel cell electric vehicle relative to a conventional gasoline-powered internal combustion engine vehicle. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(1), 972-983.
- 64** Wang Q, Xue M, Lin B-L, Lei Z, Zhang Z, Well-to-Well analysis of energy consumption, greenhouse gas and air pollutants emissions of hydrogen fuel cell vehicle in China. *Journal of Cleaner Production* 2020; 75: 123061
- 65.** Cetinkaya E, Dicner I, Naterer G.F, Life cycle assessment of various hydrogen production methods. *Int. Jour of Hydrogen Energy* 2012; 37 2071-2080
- 66.** Bhandari R, Trudewind CA, Zapp P. Life cycle assessment of hydrogen production via electrolysis- a review. *J Clean Prod* 2014; 85:151-63.