



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

TREBALL FI DE GRAU

Grau en Enginyeria de l'Energia

**EMISSIONS ASSOCIADES A LA INTEGRACIÓ TOTAL DEL
COTXE ELÈCTRIC A ESPANYA**



Memòria

Autor: Laia Bou March
Directora: Olga Alcaraz Sendra
Convocatòria: Juny 2020

Resum

En aquest projecte es realitza una estimació de les emissions de CO₂ que suposaria la integració total del cotxe elèctric a Espanya. Es realitzen els càlculs en base a les dades automobilístiques de 2018. És a dir, es considera el supòsit que tots els vehicles matriculats a Espanya el 2018 són elèctrics. Davant d'aquesta hipòtesi, es calculen les emissions associades al procés de fabricació, a les recàrregues i al canvi de bateria.

El càlcul es realitza per a tres escenaris de generació elèctrica diferents. En el primer cas es considera el mateix mix elèctric de 2018. Es contempla un segon escenari amb més producció renovable i un últim escenari de generació 100% renovable.

Els resultats demostren la importància del mix de generació elèctrica en l'impacte ambiental en termes d'emissions de CO₂ a l'atmosfera. Seguint els supòsits anteriors s'estima que les emissions associades als automòbils es reduirien entre un 28% i un 55% anualment segons l'escenari de mix energètic, respecte els nivells actuals.

En referència a l'impacte que la transició al vehicle elèctric tindria respecte a les emissions totals espanyoles, aquest es situaria en una reducció d'entre un 6 i un 12%. Això ens porta a la conclusió que caldrien moltes altres mesures de reducció de les emissions, a banda d'aquesta.

Resumen

En este proyecto se realiza una estimación de las emisiones de CO₂ que supondría la integración total del coche eléctrico en España. Se realizan los cálculos en base a los datos automovilísticos de 2018. De modo que se considera que todos los vehículos matriculados en España en 2018 son eléctricos. Ante esta hipótesis, se calculan las emisiones asociadas al proceso de fabricación, a las recargas y al cambio de batería.

El cálculo se realiza para tres escenarios de generación eléctrica diferentes. En el primer caso se considera el mismo mix eléctrico de 2018. Se contempla un segundo escenario con más producción renovable y un último escenario de generación 100% renovable.

Los resultados demuestran la importancia del mix de generación eléctrica en el impacto ambiental en términos de emisiones de CO₂ a la atmósfera. Siguiendo los supuestos anteriores se estima que las emisiones asociadas a los automóviles se reducirían entre un 28% y un 55% anualmente según el escenario de mix energético, respecto a los niveles actuales.

En referencia al impacto que la transición al vehículo eléctrico tendría respecto a las emisiones totales españolas, éste se situaría en una reducción de entre un 6 i un 12%. Lo que nos lleva a la conclusión de que se necesitarían muchas otras medidas de reducción de emisiones, además de ésta.

Abstract

This project estimates the CO₂ emissions that would result from the total integration of electric cars in Spain. Calculations were made based on the motoring data of the year 2018. Therefore, following the premise that all vehicles registered in Spain during 2018 were to be electric. Assuming this hypothesis, the emissions associated to the manufacturing process, recharging, and battery replacements were calculated.

These calculations were made using three different power generation scenarios. The first scenario has an electricity generation mix identical to that of 2018. The second scenario has a higher percentage of renewable production. And finally, the last scenario envisions a 100% renewable power generation.

The results demonstrate the effect that the electricity generation mix has on the environment in terms of CO₂ emissions. Thus, following the above assumptions, it can be estimated that the emissions associated to cars, compared to current measurements, would decrease between a 28% to a 55% annually. These percentages refer to scenarios one and three respectively, depending on the electric production mix.

Regarding the impact that the transition to electric vehicles would have on Spain's total emissions, it would be a reduction of between a 6% and a 12%. This leads us to the conclusion that many other emission reduction measures would be necessary in addition to this one.



Agraïments

Voldria agrair especialment a la directora del treball, Olga Alcaraz Sendra, per la seva confiança, tracte i constància en la supervisió del treball.

També vull mostrar el meu agraïment a companys, amics i familiars que m'han animat i m'han donat suport en la realització del treball.

Finalment agrair la flexibilitat horària que m'ha facilitat l'empresa amb la qual estic realitzant les pràctiques extracurriculars: la consultoria energètica *Energetips*.



Glossari

A continuació es mostren les abreviatures utilitzades en les equacions del projecte i la seva corresponent definició.

Abreviatura	Definició
$E_{totals\ despl\ 2018}$	Emissions de CO ₂ totals degudes als desplaçaments dels turismes l'any 2018 (kg CO ₂).
$Parc_{2018}$	Parc automobilístic espanyol l'any 2018 (unitats).
\bar{d}_{anual}	Distància mitjana anual recorreguda pels automòbils (km).
$\bar{E}_d\ 2018$	Emissions de CO ₂ mitjanes per unitat de distància recorreguda durant el 2018 (kg CO ₂ /km).
$\bar{E}_{veh\ despl\ 2018}$	Emissions de CO ₂ mitjanes per vehicle degudes als desplaçaments dels turismes l'any 2018 (kg CO ₂ /veh).
$E_{totals\ fab\ 2018}$	Emissions de CO ₂ totals degudes a la fabricació de turismes l'any 2018 (kg CO ₂).
$Matr_{2018}$	Matriculacions realitzades l'any 2018 (unitats).
% <i>Dièsel</i>	Percentatge de vehicles dièsel matriculats (tant per u).
% <i>Gasolina</i>	Percentatge de vehicles de gasolina matriculats (tant per u).
$\bar{E}_{fab\ dièsel}$	Emissions de CO ₂ totals degudes a la fabricació de turismes l'any 2018 (kg CO ₂).
$E_{globals\ 2018}$	Emissions de CO ₂ totals degudes als turismes l'any 2018 (kg CO ₂).
$\bar{E}_{veh\ globals\ vida\ útil}$	Emissions de CO ₂ globals mitjanes per vehicle durant la seva vida útil (kg CO ₂ /veh).
$\overline{Vida\ Útil}$	Vida útil mitjana d'un turisme (anys).
$Consum_{elèctric\ total\ anual}$	Consum elèctric anual degut al desplaçament de cotxes elèctrics (Wh).
$\overline{Consum}_{elèctric\ d}$	Consum elèctric mitjà dels vehicles elèctrics per unitat de distància (Wh/km).
$\overline{Consum}_{elèctric\ veh\ anual}$	Consum elèctric mitjà per vehicle anual (Wh).
G_{font}	Energia elèctrica generada per una font (GWh).
% G_{font}	Percentatge de generació de cada font seguint el mix energètic actual.
G_{total}	Energia elèctrica destinada al turisme elèctric (GWh).
E_{font}	Emissions associades a la generació d'una font (tCO ₂).

FE_{font}	Factor d'emissió associat a una font de producció (tCO ₂ /GWh).
$E_{totals\ fab\ anual}$	Emissions de CO ₂ totals degudes a la fabricació de turismes elèctrics anual (kg CO ₂).
$\bar{E}_{fab\ elèctric}$	Emissions de CO ₂ mitjanes per vehicle elèctric (kg CO ₂ /veh).
$\overline{Canvis\ bat}_{anual}$	Canvis de bateria considerats anualment (unitats).
$E_{totals\ canvi\ bat\ anual}$	Emissions anuals de CO ₂ degudes al reemplaçament de bateries dels turismes elèctrics (kg CO ₂).
$\bar{E}_{fab\ bat}$	Emissions anuals de CO ₂ degudes al reemplaçament de bateries dels turismes elèctrics (kg CO ₂).
$E_{globals\ anual}$	Emissions de CO ₂ totals degudes als turismes elèctrics (kg CO ₂).
$\bar{E}_{veh\ globals\ vida\ útil}$	Emissions de CO ₂ globals mitjanes per vehicle durant la seva vida útil (kg CO ₂ /veh).
$\bar{E}_{veh\ fab\ anual}$	Emissions de CO ₂ mitjanes per vehicle degudes a la fabricació de turismes anual (kg CO ₂ /veh).
$\bar{E}_{veh\ despl\ anual}$	Emissions de CO ₂ mitjanes anuals per vehicle degudes als desplaçaments dels turismes (kg CO ₂ /veh).
$E_{totals\ despl\ anual}$	Emissions de CO ₂ totals degudes als desplaçaments dels turismes elèctrics (tCO ₂).
$Cost\ anual\ i$	Cost anual de desplaçament del vehicle i (€).
$Consum\ anual\ i$	Consum anual del vehicle i considerant els 18.033 km anuals (l) o (kWh).
$preu\ energètic\ i$	Preu energètic de la font utilitzada pel vehicle i ja sigui gasolina (€/l) o electricitat (€/kWh).
\overline{Consum}_i	Consum mig del vehicle i (l/km) o (kWh/km).
$\overline{Distancia\ anual}$	Distància mitjana anual recorreguda pels automòbils (km).
$Cost\ total\ i$	Cost total al llarg de la vida útil del vehicle i.
$Cost\ compra\ i$	Cost de compra del vehicle i.
$\overline{Vida\ Útil}$	Vida útil mitjana d'un turisme (anys).
TR	Temps de retorn de la inversió extra de comprar el vehicle elèctric enlloc del convencional (anys).
$Inversió\ extra$	Inversió extra en la compra del vehicle elèctric enlloc del convencional (€).
$Estalvi\ anual$	Estalvi econòmic anual associat als desplaçaments dels turismes convencionals davant els elèctrics (€)



Índex

RESUM	I
RESUMEN	II
ABSTRACT	III
AGRAÏMENTS	V
GLOSSARI	VII
1. PREFACI	1
1.1. Origen del treball	1
1.2. Motivació	1
2. INTRODUCCIÓ	2
2.1. Objectius del treball.....	2
2.2. Abast del treball	2
3. SITUACIÓ ACTUAL DELS AUTOMÒBILS	3
3.1. Emissions de CO ₂ associades als desplaçaments	3
3.1.1. Dades necessàries.....	3
3.1.2. Càlcul de les emissions degudes als desplaçaments de turismes durant el 2018 ..	4
3.2. Emissions de CO ₂ associades al procés de fabricació	5
3.2.1. Matriculacions anuals a Espanya	5
3.2.2. Emissions de CO ₂ mitjanes de vehicles elèctrics i convencionals	5
3.2.3. Càlcul de les emissions degudes a la fabricació de turismes durant el 2018	8
3.3. Emissions durant la vida útil d'un cotxe convencional	9
3.4. Resum de dades i resultats	10
4. INTEGRACIÓ DEL COTXE ELÈCTRIC	12
4.1. Càlcul de la demanda elèctrica deguda a la incorporació del cotxe elèctric.....	12
4.2. Gestió de recàrrega de vehicles elèctrics	14
4.3. Tipologia de recàrregues	16
4.4. Transició en la incorporació del cotxe elèctric	16
4.5. Mesures del Pla Nacional Integrat d'Energia i Clima 2021-2030	17
4.5.1. Zones de baixes emissions i mesures de canvi modal	18
4.5.2. Ús més eficient dels mitjans de transport.....	18
4.5.3. Renovació del parc automobilístic	19

4.5.4.	Impuls del vehicle elèctric.....	19
4.6.	Conclusions de la integració del cotxe elèctric	21
5.	GENERACIÓ ELÈCTRICA ACTUAL	22
5.1.	Producció elèctrica.....	22
5.2.	Mix de generació elèctrica	22
5.3.	Emissions associades a la generació elèctrica	23
6.	EMISSIONS ASSOCIADES A LA INTEGRACIÓ TOTAL DEL COTXE ELÈCTRIC EN DIFERENTS ESCENARIS DE GENERACIÓ D'ELECTRICITAT	25
6.1.	Metodologia de càlcul	25
6.1.1.	Emissions de CO ₂ degudes a la generació elèctrica destinada a la recàrrega de turismes	25
6.1.2.	Emissions de CO ₂ anuals associades als vehicles elèctrics	26
6.1.3.	Emissions de CO ₂ durant la vida útil del cotxe elèctric	27
6.2.	Escenari 1: Generació elèctrica segons el mix energètic espanyol actual (38% renovable).....	29
6.2.1.	Emissions de CO ₂ degudes a la generació elèctrica destinada a la recàrrega de turismes	29
6.2.2.	Emissions de CO ₂ anuals associades als vehicles elèctrics	30
6.2.3.	Emissions de CO ₂ durant la vida útil del cotxe elèctric	30
6.3.	Escenari 2: Reducció del 50% de generació no renovable respecte el mix de 2018 a Espanya (69% renovable)	32
6.3.1.	Emissions de CO ₂ degudes a la generació elèctrica destinada a la recàrrega de turismes	32
6.3.2.	Emissions de CO ₂ anuals associades als vehicles elèctrics	33
6.3.3.	Emissions de CO ₂ durant la vida útil del cotxe elèctric	33
6.4.	Escenari 3: Generació elèctrica 100% renovable	35
6.4.1.	Emissions de CO ₂ degudes a la generació elèctrica destinada a la recàrrega de turismes	35
6.4.2.	Emissions de CO ₂ anuals associades als vehicles elèctrics	36
6.4.3.	Emissions de CO ₂ durant la vida útil del cotxe elèctric	36
6.5.	Resum de resultats	38
6.5.1.	Anàlisi de resultats.....	39
7.	ANÀLISI COMPARATIU DE RESULTATS	40
7.1.	Visió global dels resultats	40

7.2.	Estimacions i abast dels resultats	42
7.3.	Eficiència dels automòbils de combustió i elèctrics	43
8.	ANÀLISI ECONÒMIC	44
8.1.	Cost de compra	44
8.2.	Cost energètic.....	44
8.3.	Cost de manteniment	45
8.4.	Exemples de models concrets	45
8.4.1.	Consideracions.....	45
8.4.2.	Metodologia de càlcul.....	47
8.4.3.	Resultats	47
CONCLUSIONS	49
PRESSUPOST	52
BIBLIOGRAFIA	54

1. Prefaci

En aquest apartat es posen sobre la taula un seguit d'aspectes d'actualitat que han portat a escollir la temàtica del Treball de Fi de Grau.

1.1. Origen del treball

Darrerament sembla que hi ha molt interès en la venda massiva de cotxes elèctrics i híbrids, i que la transició cap a una flota de vehicles elèctrics ha començat. El fet de no generar emissions de forma directa dona una gran aparença ecològica. Però fins a quin punt, aquests vehicles, poden reduir les emissions globals?

Darrere d'un cotxe elèctric hi ha grans emissions de gasos d'efecte hivernacle associades, sobretot en la fabricació de les bateries i en la generació elèctrica destinada a alimentar els turismes.

Actualment s'està restringint l'ús dels vehicles convencionals més contaminants. L'Ajuntament de Barcelona ha impulsat la Zona de Baixes Emissions, que impedeix als vehicles sense distintiu ambiental circular per Barcelona durant els dies laborables.

Sembla que aquestes mesures i aquest interès per la compra de turismes elèctrics estiguin enfocats, en gran part, cap a la millora de la qualitat de l'aire de les ciutats. D'altra banda, també hi ha un gran interès en reduir les emissions atmosfèriques amb l'objectiu de contribuir a combatre el canvi climàtic.

1.2. Motivació

La motivació del treball rau, bàsicament, en les ganes de conèixer les emissions reals dels cotxes elèctrics. Davant de l'aparença de 0 emissions en aquests vehicles, es pretén considerar també les emissions indirectes.

Així doncs, es decideix realitzar un treball de final de grau per estudiar les emissions associades als turismes elèctrics, tant les directes com les indirectes. L'estimació es realitza segons tres escenaris de generació elèctrica.

2. Introducció

A continuació es defineixen breument els objectius més destacats i l'abast del treball de final de grau.

2.1. Objectius del treball

El principal objectiu del projecte és determinar el grau de reducció d'emissions de diòxid de carboni que representaria la substitució total dels cotxes convencionals per elèctrics a Espanya. Es plantegen tres escenaris de generació elèctrica i se n'avaluen els resultats.

Altres objectius que té el treball de final de grau són:

- Determinar la magnitud de les emissions produïdes en la fabricació de cotxes elèctrics i convencionals.
- Estimar les emissions degudes a la circulació de cotxes elèctrics i de combustió.
- Comparar la quantitat de diòxid de carboni emès al llarg de la vida útil d'un turisme elèctric amb un de combustió.
- Conèixer la demanda elèctrica necessària per abastir el possible parc de turismes elèctrics.
- Preveure la integració del cotxe elèctric al Sistema Elèctric Espanyol.
- Avaluar la rellevància del mix de generació elèctrica.
- Analitzar les diferències econòmiques entre les dues tipologies de turismes.

2.2. Abast del treball

L'abast d'aquest treball s'acota bàsicament als turismes d'Espanya i no es consideren altres vehicles de carretera (motocicletes, furgonetes, camions, etc.). S'utilitzen les dades de referència de l'any 2018 degut a la manca de dades del 2019 durant la redacció de l'informe. En cap cas es té en compte la possible evolució dels paràmetres del 2018, sinó que es realitzen les hipòtesis futures partint de dades conegudes. És a dir, es treballa sobre el supòsit que tots els cotxes comptabilitzats el 2018 a Espanya són elèctrics.

També és important destacar que en el projecte no es tenen en compte els residus generats per cada tipologia de vehicle ni les futures emissions un cop acabada la vida útil del vehicle. Es consideren els següents paràmetres d'estudi, tant pel cotxe de combustió com per l'elèctric:

- Emissions en la fabricació.
- Emissions en els desplaçaments / recàrrega.
- Emissions associades a la segona bateria (en el cas del turisme elèctric).

3. Situació actual dels automòbils

En aquest apartat es defineix la situació actual dels turismes a Espanya. A partir de les darreres dades reals publicades, es realitzen càlculs amb l'objectiu de conèixer les emissions anuals causades pels turismes. Es distingeixen les emissions associades als desplaçaments en automòbil i les emissions associades a la fabricació dels turismes matriculats a Espanya.

A més a més, s'obtenen dades d'interès per tal de realitzar el càlcul de la demanda elèctrica total destinada als cotxes elèctrics, considerant que tots els vehicles convencionals passaran a ser elèctrics i recorreran la mateixa distància que el 2018.

3.1. Emissions de CO₂ associades als desplaçaments

A continuació es realitza una estimació de les emissions de CO₂ associades a la circulació de turismes durant el 2018.

3.1.1. Dades necessàries

Per calcular les emissions anuals associades als desplaçaments dels turismes en l'actualitat cal conèixer la totalitat d'automòbils que hi ha a Espanya, la distància que recorren i les emissions que es produeixen per unitat de distància.

La Direcció General de Trànsit (DGT) posa a disposició el parc de vehicles del 2018 segons la tipologia. En total hi havia 24.074.151 turismes matriculats a Espanya [1].

Pel que fa a la distància recorreguda anual, hi ha dades molt diverses d'entre els 12.266 km d'unes enquestes publicades el 2017 per la DGT [2] fins als 23.800 km que marca l'edició 2019 de l'Observatori Arval [3]. Pels càlculs s'utilitzarà un valor mig de 18.033 km anuals.

Finalment es consideren unes emissions mitjanes de 117 grams de CO₂ per kilòmetre recorregut [3].

Concepte	Xifra	Unitats	Font
Parc d'automòbils Espanya	24.074.151	unitats	[1]
Distància recorreguda mitjana anual	18.033	km	[2] i [3]
Emissions mitjanes de CO ₂	117	g CO ₂ /km	[3]

Taula 1. Dades necessàries pel càlcul de les emissions degudes a desplaçaments de turismes.

3.1.2. Càlcul de les emissions degudes als desplaçaments de turismes durant el 2018

Un cop s'han obtingut les dades anteriors, es procedeix a calcular quines van ser les emissions totals degudes a la mobilitat d'automòbils durant l'any 2018 (Eq.1).

A més a més, es pot obtenir una referència més clara coneixent la contaminació anual mitjana per cada vehicle (Eq. 2).

$$E_{totals\ despl\ 2018} = Parc_{2018} \cdot \bar{d}_{anual} \cdot \bar{E}_d\ 2018 \quad (\text{Eq.1})$$

$$\bar{E}_{veh\ despl\ 2018} = \bar{d}_{anual} \cdot \bar{E}_d\ 2018 \quad (\text{Eq.2})$$

On:

$E_{totals\ despl\ 2018}$: Emissions de CO₂ totals degudes als desplaçaments dels turismes l'any 2018 (kg CO₂).

$Parc_{2018}$: Parc automobilístic espanyol l'any 2018 (unitats).

\bar{d}_{anual} : Distància mitjana anual recorreguda pels automòbils (km).

$\bar{E}_d\ 2018$: Emissions de CO₂ mitjanes per unitat de distància recorreguda durant el 2018 (kg CO₂/km).

$\bar{E}_{veh\ despl\ 2018}$: Emissions de CO₂ mitjanes per vehicle degudes als desplaçaments dels turismes l'any 2018 (kg CO₂/veh).

Les dades utilitzades i els resultats obtinguts es recullen a la taula 4 (apartat 3.4.). Els desplaçaments de turismes a Espanya van suposar unes emissions totals de 50,8 MtCO₂ durant el 2018. Això implica que cada automòbil va emetre de mitjana 2.785 kg de CO₂ durant el mateix any.

Els resultats obtinguts es poden comparar amb les dades reportades per Espanya a la Convenció Marc de les Nacions Unides sobre el Canvi Climàtic (UNFCCC). Aquesta comptabilitza unes emissions de 50,5 MtCO₂ degudes al transport de cotxes durant el 2017 [4].

La discrepància de només un 1% entre l'estimació feta en aquest treball i les reportades davant la UNFCCC serveix per corroborar la metodologia de càlcul utilitzada.

3.2. Emissions de CO₂ associades al procés de fabricació

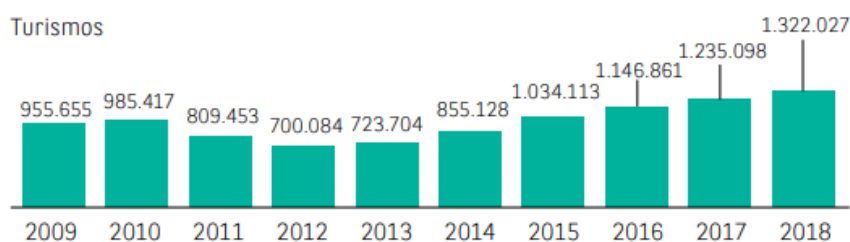
Les emissions de CO₂ associades al procés de fabricació es calculen en funció dels cotxes matriculats a Espanya. És a dir, els cotxes nous que es compren a l'estat, i que per tant, han de ser fabricats a causa del seu consum. En aquest projecte interessa conèixer quina és la contaminació que causa la demanda de mobilitat espanyola, però no el lloc on s'ha produït aquesta fabricació.

Per realitzar el càlcul de les emissions de CO₂ associades a la fabricació cal conèixer les matriculacions a Espanya i la quantitat de CO₂ que s'emet en fabricar cada vehicle.

Tenint en compte que tant sols un 1,3% del parc d'automòbils no són de dièsel ni de gasolina, i que les dades d'aquests vehicles són de difícil accés i poc representatives, no es tindran en compte en el càlcul.

3.2.1. Matriculacions anuals a Espanya

Tal com es representa a la gràfica 1, des del 2012 que les matriculacions a Espanya han anat augmentant progressivament, arribant a 1.322.027 turismes matriculats el 2018. Els vehicles de gasolina van representar un 38,3% i els de dièsel un 60,4% sobre la totalitat [3].



Gràfica 1. Evolució interanual de les matriculacions a Espanya. [3]

3.2.2. Emissions de CO₂ mitjanes de vehicles elèctrics i convencionals

Les emissions degudes al procés de fabricació d'automòbils tenen un pes força important i depenen de la tipologia del vehicle en qüestió.

La fabricació d'un cotxe requereix d'una cadena logística força extensa. En aquest apartat es comptabilitza l'extracció de materials, la producció de les diferents peces i el muntatge d'aquests.

A la taula 2, es mostren els kilograms de CO₂ emesos durant la fabricació de diferents elements d'automòbils, com el xassís, els diferents motors, la bateria i l'inversor. Els elements es consideren d'un cotxe de pes i motor mitjà, i pot ser representatiu per a tots els vehicles [5].

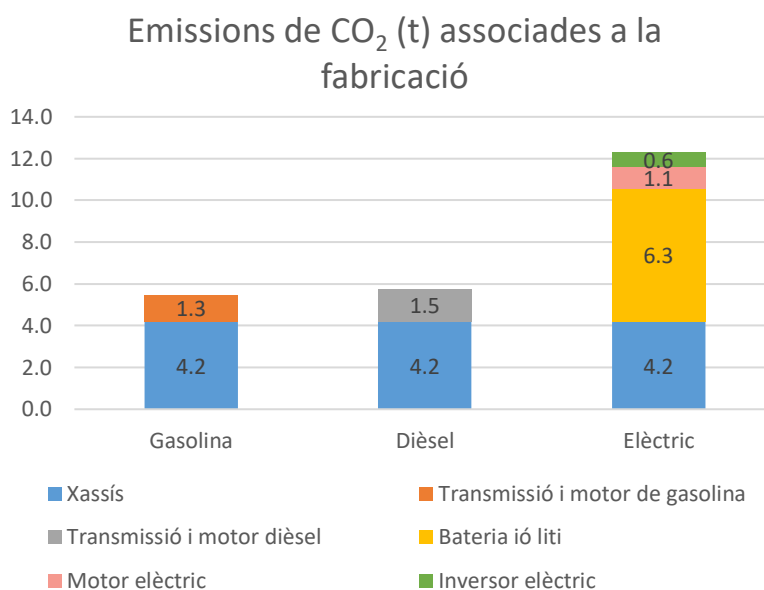
Part Name	Reference	Referenced Data of CO ₂ Emission [kg-CO ₂]	Apply to
Chassis parts (Body, tires, interior, etc.)	JLCA [27]	4219 (76.8 % of overall production)	GE, DE, BEV
Gasoline engine and transmission	JLCA [27]	1274 (23.2 % of overall production)	GE
Diesel engine and transmission	JLCA [27] modified	1539 (20.8% higher than the gasoline engine)	DE
Electric drive unit parts (Elec. parts)	Li-ion battery	CO ₂ factor: Average of Table 3 Capacity: Table 2 (177 kg-CO ₂ /kWh × 35.8 kWh)	BEV
	Motor	Hawkins et al. [28]	BEV
	Inverter	Hawkins et al. [28]	BEV

Taula 2. Quantitat de CO₂ emès per fases de producció dels vehicles. Font [5].

Sabent quins elements tenen els turismes de gasolina, dièsel i elèctric, s'obtenen els resultats recollits a la taula 3 i representats a la gràfica 2.

Tipologia de vehicle	Emissions associades a la fabricació (kgCO ₂ /vehicle)
Gasolina	5.493
Dièsel	5.758
Elèctric	12.267

Taula 3. Emissions de CO₂ associades a la fabricació dels vehicles de gasolina, dièsel i elèctric.

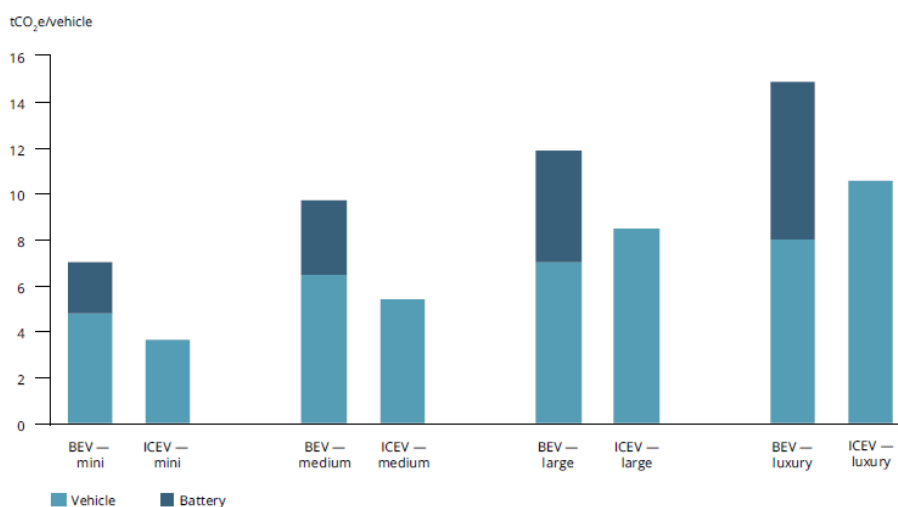


Gràfica 2. Emissions de CO₂ associades a la fabricació dels vehicles de gasolina, dièsel i elèctric.

La fabricació d'un turisme elèctric provoca més del doble d'emissions que la fabricació d'un de convencional. Aquest fet és degut a que la fabricació de les bateries necessàries per aquests vehicles són processos altament contaminants.

La fabricació del xassís representa el gran gruix d'emissions de la producció de vehicles de dièsel i benzina. Mentre que la fabricació dels seus respectius motors provoca una menor part d'emissions. La única diferència en la producció d'aquests dos tipus de vehicles és la fabricació del motor, en que el vehicle de dièsel emet 265 kg de CO₂ més que el de benzina.

D'altra banda, un informe de l'Agència Europea del Medi Ambient (EEA) mostra les emissions de CO₂ equivalent durant la fabricació d'un cotxe elèctric i convencional, segmentat per diferents categories de turismes (gràfica 3). Es refereix a vehicles de combustió com a "internal combustion engine vehicles" (ICEV) i a vehicles elèctrics com a "Battery electric vehicles" (BEV) [6].



Gràfica 3. Emissions de CO₂ equivalent associades a la fabricació dels turismes elèctrics (BEVs) i de combustió interna (ICEVs), segons la tipologia de cotxe. Font [6]

L'Agència Europea del Medi ambient marca unes emissions causades per la producció del cotxe elèctric d'entre 7 i 15 tones de CO₂ equivalent segons la tipologia del turisme. En el cas dels vehicles de combustió el rang s'estableix entre 4 i 11 tones de CO₂ equivalent.

Aquestes dades coincideixen amb les obtingudes per la font [5], que considera unes emissions de 12 tones de CO₂ per la fabricació d'un cotxe elèctric i de 5,5 i 5,8 tones pels vehicles gasolina i dièsel respectivament.

Cal tenir en compte que l'Agència Europea del Medi Ambient considera les emissions d'altres gasos d'efecte hivernacle, a banda del CO₂, d'aquí que les unitats emprades a la gràfica 3 siguin tCO₂eq. Aquesta és la raó que explica que els resultats obtinguts siguin lleugerament més grans que els de la font [5].

3.2.3. Càlcul de les emissions degudes a la fabricació de turismes durant el 2018

Coneixent les matriculacions de turismes que hi va haver a Espanya l'any 2018 i les emissions que es produeixen en la fabricació d'un vehicle, es poden calcular les emissions degudes a les compres de cotxes a Espanya (Eq. 3). També es pot determinar la contaminació anual mitjana per cada vehicle (Eq. 4).

Tal com s'ha mencionat anteriorment, en el càlcul es consideren només els vehicles de dièsel i gasolina, que suposen el 98,7% de les matriculacions totals.

Finalment es calculen les emissions globals a Espanya degudes a la mobilitat de turismes durant el mateix any (Eq. 5).

$$E_{totals\ fab\ 2018} = Matr_{2018} \cdot \%Dièsel \cdot \bar{E}_{fab\ dièsel} + Matr_{2018} \cdot \%Gasolina \cdot \bar{E}_{fab\ gasolina} \quad (\text{Eq. 3})$$

$$\bar{E}_{veh\ fab\ 2018} = \%Dièsel \cdot \bar{E}_{fab\ dièsel} + \%Gasolina \cdot \bar{E}_{fab\ gasolina} \quad (\text{Eq. 4})$$

$$E_{globals\ 2018} = E_{totals\ despl\ 2018} + E_{totals\ fab\ 2018} \quad (\text{Eq. 5})$$

On:

$E_{totals\ fab\ 2018}$: Emissions de CO₂ totals degudes a la fabricació de turismes l'any 2018 (kg CO₂).

$Matr_{2018}$: Matriculacions realitzades l'any 2018 (unitats).

$\%Dièsel$: Percentatge de vehicles dièsel matriculats (tant per u).

$\%Gasolina$: Percentatge de vehicles de gasolina matriculats (tant per u).

$\bar{E}_{fab\ dièsel}$: Emissions de CO₂ mitjanes per vehicle dièsel (kg CO₂/veh).

$\bar{E}_{fab\ gasolina}$: Emissions de CO₂ mitjanes per vehicle de gasolina (kg CO₂/veh).

$\bar{E}_{veh\ fab\ 2018}$: Emissions de CO₂ mitjanes per vehicle degudes a la fabricació de turismes l'any 2018 (kg CO₂/veh).

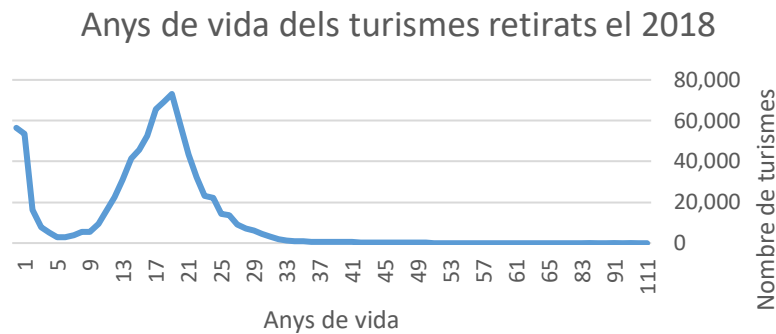
$E_{globals\ 2018}$: Emissions de CO₂ totals degudes als turismes l'any 2018 (kg CO₂).

Les dades utilitzades i els resultats obtinguts es recullen a la taula 4 (apartat 3.4.). La fabricació de turismes comprats a Espanya va suposar unes emissions totals de més de 7 milions de tones de CO₂ durant el 2018. Això implica que la fabricació de cada automòbil va suposar unes emissions de 5.582 kg de CO₂ de mitjana durant el mateix any.

Les emissions globals, degudes tant als desplaçaments com a la producció de turismes, van suposar una emissió de prop de 74 milions de tones de CO₂ durant l'any.

3.3. Emissions durant la vida útil d'un cotxe convencional

En primer lloc, cal determinar la vida útil mitjana d'un turisme. La DGT té a disposició una base de dades on apareixen el nombre de baixes dels cotxes durant el 2018 segons el seu any de matriculació. D'aquesta manera es pot obtenir quina ha sigut la vida útil dels vehicles que s'han retirat de la circulació, tal com es mostra a la gràfica 4 [1].



Gràfica 4. Anys de vida útil dels turismes retirats el 2018.

La vida útil mitjana segons les baixes del 2018 resulta ser de 15,46 anys.

A continuació, s'avaluen les emissions de CO₂ mitjanes d'un turisme durant aquests anys, tenint en compte la seva fabricació i la circulació durant aquest temps (Eq. 6).

$$\bar{E}_{veh\ global\ vida\ útil} = \bar{E}_{veh\ fab\ 2018} + \overline{Vida\ Útil} \cdot \bar{E}_{veh\ despl\ 2018} \quad (\text{Eq. 6})$$

On:

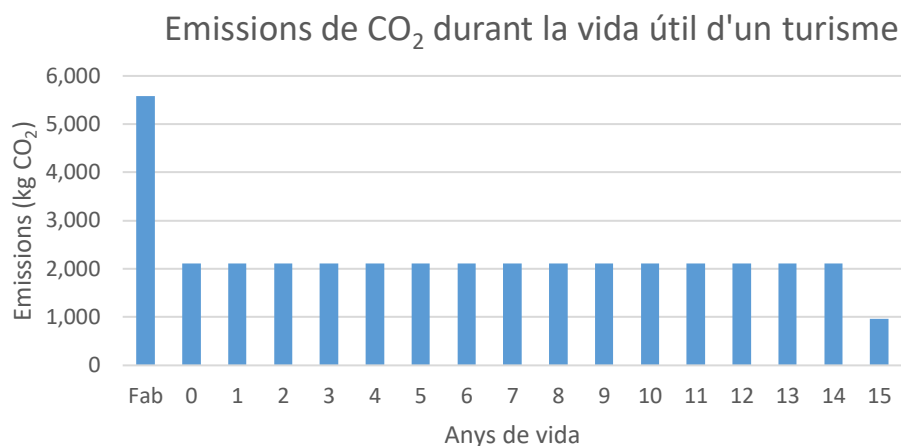
$\bar{E}_{veh\ global\ vida\ útil}$: Emissions de CO₂ globals mitjanes per vehicle durant la seva vida útil (kg CO₂/veh).

$\bar{E}_{veh\ fab\ 2018}$: Emissions de CO₂ mitjanes per vehicle degudes a la fabricació de turismes l'any 2018 (kg CO₂/veh).

$\overline{Vida\ Útil}$: Vida útil mitjana d'un turisme (anys).

$\bar{E}_{veh\ despl\ 2018}$: Emissions de CO₂ mitjanes per vehicle degudes als desplaçaments dels turismes l'any 2018 (kg CO₂/veh).

Es conclou que, cada vehicle emet de mitjana 38,2 tCO₂ repartits en el 15,46 anys de vida, tal com es mostra a la gràfica 5.



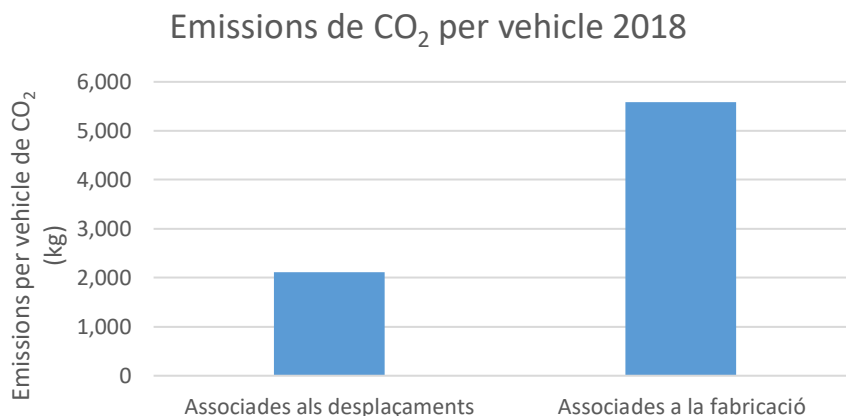
Gràfica 5. Emissions de CO₂ durant la vida útil d'un turisme.

3.4. Resum de dades i resultats

	Concepte	Xifra	Unitats	Any	Font
Emissions de CO₂ associades als desplaçaments	Parc d'automòbils Espanya	24.074.151	unitats	2018	[1]
	Distància recorreguda mitjana anual	18.033	km	2018	[2] i [3]
	Emissions mitjana de CO ₂	117	g CO ₂ /km	2018	[3]
	Emissions de CO ₂ totals anuals 2018	50.793.112	tCO ₂	2018	Eq. 1
	Emissions de CO ₂ per vehicle anuals 2018	2.110	kg CO ₂ /veh	2018	Eq. 2
Emissions de CO₂ associades a la fabricació	Matriculacions anuals Espanya 2018	1.322.027	unitats	2018	[3]
	Vehicle elèctric	12.267	kgCO ₂ /veh	2019	[5]
	Vehicle dièsel	5.758	kgCO ₂ /veh	2019	[5]
	Vehicle gasolina	5.493	kgCO ₂ /veh	2019	[5]
	Emissions de CO ₂ totals anuals 2018	7.379.093	tCO ₂	2018	Eq. 3
	Emissions de CO ₂ per vehicle anuals 2018	5.582	kgCO ₂ /veh	2018	Eq. 4
Emissions de CO₂ globals	Emissions de CO ₂ totals anuals 2018	58.172.206	tCO ₂	2018	Eq. 5
	Emissions de CO ₂ durant la vida útil mitjana d'un turisme (15,46 anys)	38.196	kgCO ₂ /veh	2018	Eq. 6

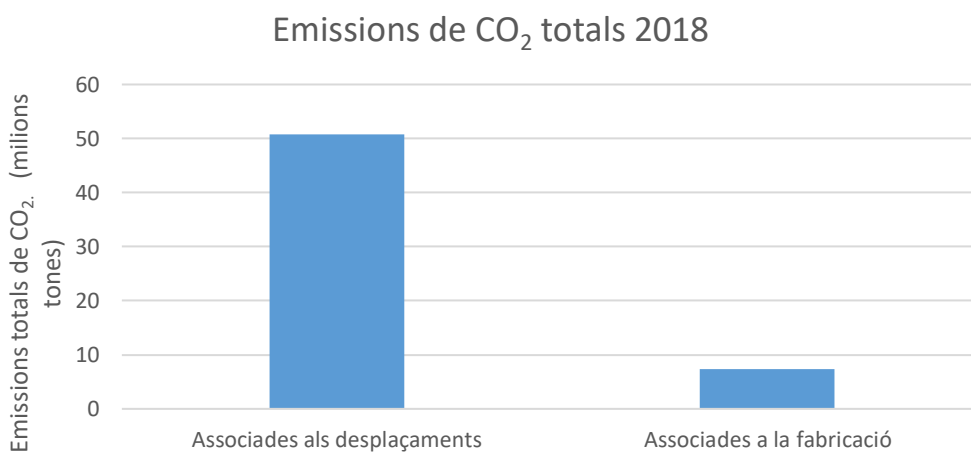
Taula 4. Resum de paràmetres de la situació actual automobilística.

Tal com es representa a la gràfica 6, les emissions associades a la fabricació de cada vehicle provoquen, gairebé el triple d'emissions que les degudes a la distància recorreguda anual. En altres paraules, la contaminació emesa durant tres anys de circulació d'un cotxe equival a la fabricació d'un.



Gràfica 6. Emissions de CO₂ per vehicle associades als desplaçaments i a la fabricació durant el 2018.

En canvi, les emissions associades als desplaçaments a Espanya representen el gran gruix de les emissions totals (gràfica 7). Això és degut a que hi ha molts més cotxes circulant a l'estat que vehicles matriculats anualment.



Gràfica 7. Emissions de CO₂ totals associades als desplaçaments i a la fabricació durant el 2018.

4. Integració del cotxe elèctric

La incorporació total del cotxe elèctric suposaria un augment considerable en la demanda elèctrica actual. En el present apartat es fa un càlcul per estimar aquest augment en termes energètics, però també s'analitza com es pot distribuir al llarg del temps.

Es tenen en compte tres importants factors que afecten als canvis en la demanda: la gestió de la recàrrega, els diferents tipus de recàrregues que es poden realitzar i la transició en la incorporació del cotxe elèctric. Finalment es defineix el Pla Nacional Integrat d'Energia i Clima 2021-2030, on s'inclouen mesures per fomentar l'impuls del vehicle elèctric a Espanya.

4.1. Càlcul de la demanda elèctrica deguda a la incorporació del cotxe elèctric

Seguint el supòsit de que tots els cotxes del parc automobilístic del 2018 fossin elèctrics i recorreguessin la mateixa distància que a l'actualitat, es calcula quin seria el consum elèctric d'aquests vehicles a nivell estatal (Eq. 7). També es calcula el consum elèctric mitjà per cada vehicle (Eq. 8).

Per a realitzar el càlcul, és necessari conèixer el consum mitjà d'un vehicle elèctric. Aquest depèn, en gran mesura, del pes de l'automòbil i de la potència del motor. Tot i això, actualment es considera que el seu consum mitjà és de 15 kWh/100 km [7].

$$Consum_{elèctric\ total\ anual} = Parc_{2018} \cdot \bar{d}_{anual} \cdot \overline{Consum}_{elèctric\ d} \quad (\text{Eq. 7})$$

$$\overline{Consum}_{elèctric\ veh\ anual} = \bar{d}_{anual} \cdot \overline{Consum}_{elèctric\ d} \quad (\text{Eq. 8})$$

$Consum_{elèctric\ total\ anual}$: Consum elèctric anual degut al desplaçament de cotxes elèctrics (Wh).

$Parc_{2018}$: Parc automobilístic espanyol l'any 2018 (unitats).

\bar{d}_{anual} : Distància mitjana anual recorreguda pels automòbils (km).

$\overline{Consum}_{elèctric\ d}$: Consum elèctric mitjà dels vehicles elèctrics per unitat de distància (Wh/km).

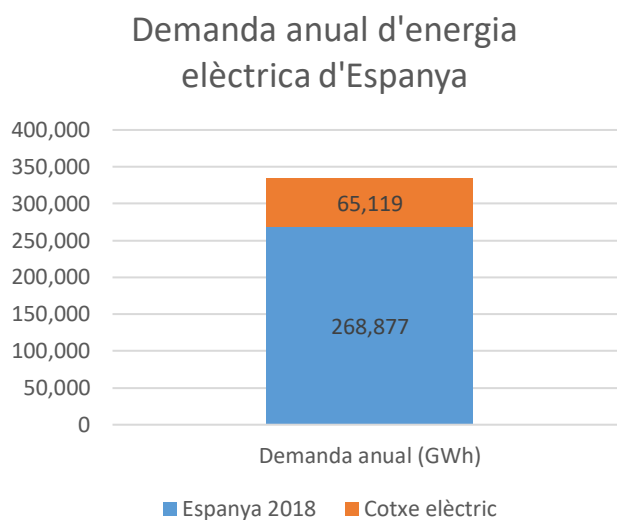
$\overline{Consum}_{elèctric\ veh\ anual}$: Consum elèctric mitjà per vehicle anual (Wh).

Concepte	Xifra	Unitats	Font
Parc d'automòbils Espanya	24.074.151	unitats	[1]
Distància recorreguda mitjana anual	18.033	km	[2] i [3]
Consum elèctric vehicles	15	kWh/100 km	[7]
Consum elèctric total anual	65.119	GWh	Eq. 7
Consum elèctric total diari	178	GWh	Eq. 7
Consum elèctric per vehicle anual	2.705	kWh	Eq. 8

Taula 5. Dades emprades i consum elèctric resultant.

La taula 5 mostra les dades utilitzades en els càlculs i el consum elèctric anual calculat. La incorporació del cotxe elèctric, en les condicions actuals, implicaria un increment de la demanda elèctrica a Espanya d'uns 65.119 GWh anuals, és a dir 178 GWh al dia.

El 2018, la demanda elèctrica de l'estat espanyol va ser de 268.877 GWh [8]. Segons els càlculs realitzats, la demanda deguda a la incorporació de 24 milions de cotxes elèctrics representaria un 24,23 % de la demanda elèctrica actual. Aquesta xifra concorda amb el que estima "Red Eléctrica de España", que per cada milió de vehicles elèctrics que s'incorporen, la demanda elèctrica s'incrementa al voltant d'un 1% [9].



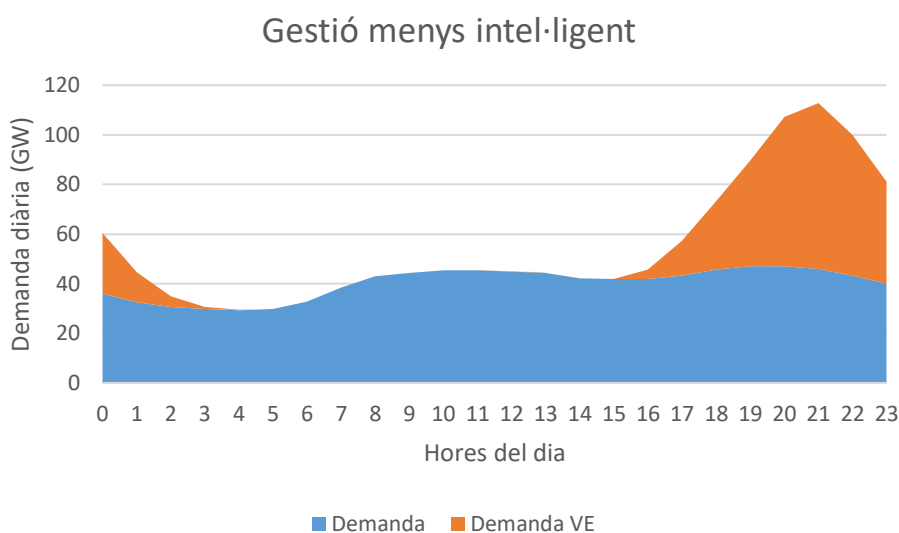
Gràfica 8. Demanda elèctrica anual a Espanya l'any 2018 [8] i demanda calculada deguda a la incorporació total d'automòbils elèctrics.

4.2. Gestió de recàrrega de vehicles elèctrics

La pàgina web de “Red Eléctrica de España” compta amb un simulador de l’impacte del vehicle elèctric on es representa la demanda elèctrica diària considerant la incorporació de vehicles elèctrics. Conté una opció que permet ajustar la recàrrega d’una manera més o menys intel·ligent [10].

A continuació es mostren els resultats de tres simulacions, amb diferents graus de gestió, on es considera que tota la flota d’automòbils del 2018 és 100% elèctrica en un dia d’hivern laborable.

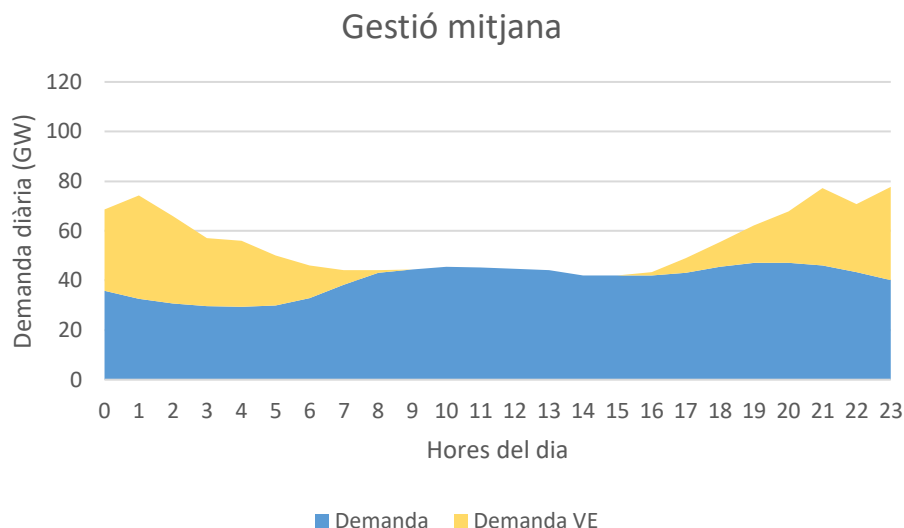
La primera simulació representa la gestió de recàrrega de vehicles menys intel·ligent, que no té en compte cap tipus de discriminació horària ni cap sistema de gestió de recàrrega (gràfica 9).



Gràfica 9. Simulació de la demanda elèctrica diària amb la incorporació del cotxe elèctric, realitzant una gestió poc intel·ligent. Font [10].

En aquest cas, els consumidors carreguen els seus vehicles a l’hora que els hi és més còmode, sobretot des de les 19h fins les 22h, coincidint amb les hores de més demanda elèctrica actual. A més a més, el consum degut a les càrregues de vehicles està molt concentrat en una zona. Aquests dos factors provoquen que, amb la incorporació del cotxe elèctric, el pic de demanda passi de 47 a 113 GW.

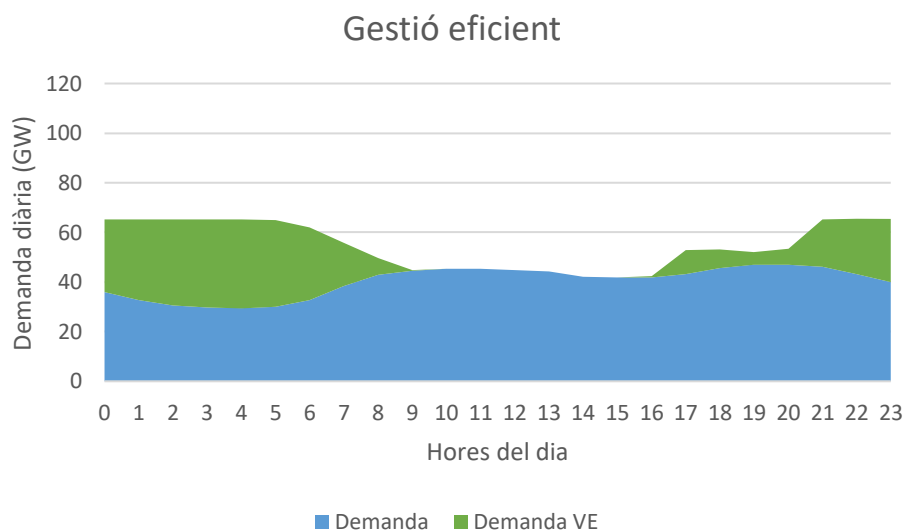
La gestió de la segona simulació considera que 1/3 de les recàrregues són sense cap gestió, un altre terç tenen en compte la discriminació horària, i el terç restant realitza una gestió molt intel·ligent (gràfica 10).



Gràfica 10. Simulació de la demanda elèctrica diària amb la incorporació del cotxe elèctric, realitzant una gestió intel·ligent mitjana. Font [10].

Amb aquesta gestió més desenvolupada el consum es distribueix més durant el dia. Es carrega molt més a la nit i menys en hores punta. S’aconsegueix que el pic de demanda no augmenti tant amb un valor màxim de 78 GW.

La darrera simulació considera la gestió més intel·ligent: que fomenta la recàrrega de vehicles fora de les hores de màxima demanda d'electricitat, però també és flexible per a adaptar-se a les necessitats dels consumidors (gràfica 11).



Gràfica 11. Simulació de la demanda elèctrica diària amb la incorporació del cotxe elèctric, realitzant una gestió molt intel·ligent. Font [10].

Els resultats d’aquesta simulació són semblants als de la gestió mitjana pel que fa a les hores de càrrega. També tenen un pic de demanda força semblant, en aquest cas de 65 GW. Tot i això, la gestió intel·ligent permet que la demanda sigui pràcticament constant durant certs intervals.

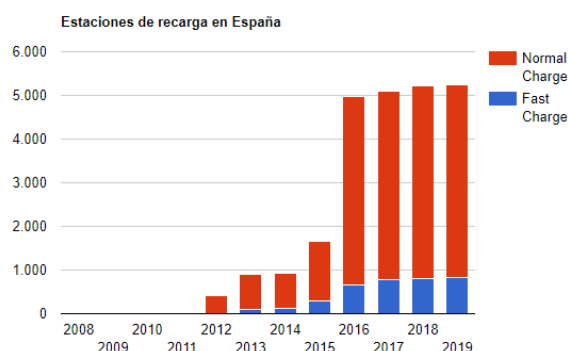
4.3. Tipologia de recàrregues

D'altra banda, cal tenir en compte la manera en que es realitzen les recàrregues. Es distingeixen tres tipus de recàrrega elèctrica segons la duració d'aquesta [11]:

- **Càrrega lenta:** Actualment és la tipologia més habitual. Es realitza a partir de corrent alterna monofàsica amb una tensió de 230 V i una intensitat de 16 A, subministrant una potència de 3,6 kW. El temps estimat per recarregar una bateria va des de les 4 fins les 8 hores.
- **Càrrega semi-ràpida:** És utilitzada sobretot en estacionaments públics i centres comercials. Es realitza amb corrent alterna trifàsica a 400 V i 16 A, oferint 11 kW de potència. El temps de càrrega aproximat és d'unes 3 hores.
- **Càrrega ràpida:** És la tipologia menys implantada. Utilitza corrent continu a 500 V i 125 A, oferint una potència de 50 kW. El temps de càrrega supera per poc els 30 minuts.

La implantació de cadascuna d'aquestes tipologies de càrrega afectarà directament a la corba de demanda. Si es consideren varies càrregues ràpides simultànies, el pic de demanda en aquell moment serà molt més accentuat que si són les càrregues lentes.

Actualment, a Espanya hi ha 4.410 estacions de càrrega lenta i 839 estacions de càrrega ràpida [12].

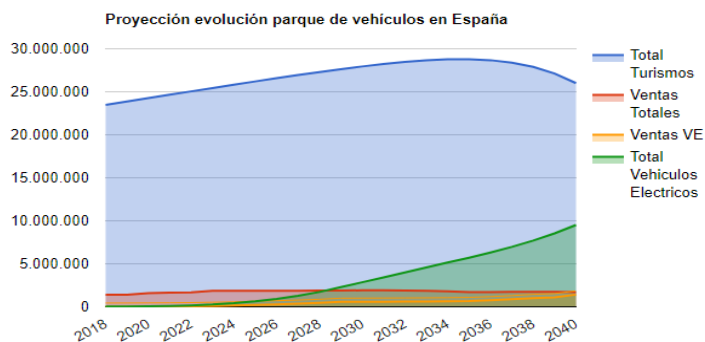


Gràfica 12. Evolució del nombre d'estacions de càrrega lenta i ràpida a Espanya. Font [12].

4.4. Transició en la incorporació del cotxe elèctric

La incorporació dels vehicles elèctrics es realitzarà de manera progressiva. Hi ha diferents previsions i escenaris sobre la taula. Des de "Red Eléctrica de España" (REE) s'estima que el 2030 hi haurà 2,4 milions de cotxes elèctrics en circulació i es pretén arribar als 24 milions al 2050 [13].

El Pla Nacional Integrat d'Energia i Clima considera que el 2030 hi haurà uns 5 milions de vehicles elèctrics (entre turismes, furgonetes, autobusos i motos) [14]. Altres fonts preveuen una incorporació més lenta en la que el 2040 només un 40 % dels vehicles siguin elèctrics [12].



Gràfica 13. Evolució del nombre d'estacions de càrrega lenta i ràpida a Espanya. Font [12].

De tota manera, el fet que poc a poc es vagin incorporant els vehicles elèctrics garanteix que els canvis en la demanda seran progressius i que el sistema podrà realitzar els canvis necessaris de mica en mica.

A l'apartat 4.5.4. es detallen les línies d'actuació descrites pel Pla Nacional Integrat d'Energia i Clima amb l'objectiu d'accelerar i impulsar la incorporació del vehicle elèctric a Espanya [14].

4.5. Mesures del Pla Nacional Integrat d'Energia i Clima 2021-2030

La política energètica i climàtica requereix d'una gestió internacional i coordinada. Dins del marc de la Convenció Marc de les Nacions Unides sobre el Canvi Climàtic (UNFCCC), el novembre de 2016 va entrar en vigor l'Acord de Paris per tal d'aplicar-se a partir de 2020 en un context internacional.

Aquest té com a principal objectiu evitar que l'increment de la temperatura mitjana global del planeta superi els 2°C respecte els nivells preindustrials i de promoure esforços addicionals per limitar l'augment a 1,5°C [15] [16].

La Comissió Europea va presentar el 2016 l'anomenat "paquet d'hivern" desenvolupat a través de diversos reglaments i directrius amb l'objectiu de facilitar i actualitzar els principals objectius vinculants per la Unió Europea el 2030.

La Unió Europea demana a cada Estat membre l'elaboració d'un Pla Nacional Integrat d'Energia i Clima 2021-2030 (PNIEC). Els PNIEC presentats per cada estat serviran a la Comissió per a determinar el grau de compliment del conjunt i establir actuacions per corregir possibles desviaments.

Espanya ha elaborat l'esborrany actualitzat del Pla Nacional Integrat d'Energia i Clima on es defineixen un seguit de mesures que permeten assolir els següents resultats el 2030:

- 23% de reducció d'emissions d'efecte hivernacle respecte 1990.
- 42% de renovables sobre l'ús final de l'energia.
- 39,5% de millora de l'eficiència energètica.
- 74% d'energia renovable en la generació elèctrica.

Les mesures descrites en el PNIEC també aconseguirien reduir les emissions totals brutes de 319,3 MtCO₂eq previstes pel 2020 a 221,8 MtCO₂eq el 2030 [14].

El PNIEC recalca que el sector de la mobilitat-transport va suposar el 26% de les emissions l'any 2017. El conjunt de mesures descrites en el pla generarien una reducció de 13.888 ktep i 27 MtCO₂eq i entre 2020 i 2030, en el sector del transport.

A continuació es detallen les mesures relacionades amb el sector del transport de l'esborrany actualitzat del PNIEC d'Espanya, on s'inclou l'impuls en la implementació del vehicle elèctric.

4.5.1. Zones de baixes emissions i mesures de canvi modal

Aquesta mesura pretén reduir l'ús del vehicle privat en un 35% en entorns urbans fins el 2030 i en un 1,5% anual pel que fa al tràfic interurbà.

Aquests objectius es complirien gràcies al teletreball, al vehicle compartit, a l'ús de mitjans no motoritzats i al transport públic col·lectiu.

La principal força impulsora del canvi de model recau en l'establiment de zones de baixes emissions a totes les ciutats de més de 50.000 habitants, a partir de 2023. És a dir, es limitarà l'accés als vehicles més contaminants tal com s'ha fet a Barcelona i Madrid.

L'estalvi energètic estimat de la mesura és del voltant de 5.622,9 ktep acumulat en el període de 2021-2030.

4.5.2. Ús més eficient dels mitjans de transport

L'objectiu de la segona mesura consisteix en reduir el consum d'energia final i les emissions de diòxid de carboni impulsant actuacions que permetin un ús més racional dels mitjans de transport. Es pretén millorar la gestió de flotes per carretera, implementar tècniques de conducció eficient pels conductors professionals i optimitzar i racionalitzar el transport de paqueteria.

L'estalvi energètic estimat de la mesura és del voltant de 2.221,4 ktep acumulat en el període de 2021-2030.

4.5.3. Renovació del parc automobilístic

Davant d'un parc envellit, on la mitjana d'edat dels vehicles es situa al voltant dels 12 anys, es vol fomentar l'adquisició de nous vehicles més eficients i menys contaminants. L'objectiu és generar un estalvi addicional al derivat de la renovació natural del parc.

L'estalvi energètic estimat de la mesura és del voltant de 2.519,6 ktep acumulat en el període de 2021-2030.

4.5.4. Impuls del vehicle elèctric

La darrera mesura del sector del transport té com a objectiu reduir el consum d'energia del parc automobilístic a través de l'electrificació del parc.

L'electrificació massiva del parc s'aconseguirà quan hi hagi paritat de preu entre vehicles elèctrics i de combustió. S'estima que aquesta paritat s'aconseguirà cap a l'any 2025, degut a la caiguda del preu de les bateries.

El PNIEC considera que el 2030 hi haurà uns 5 milions de vehicles elèctrics (entre turismes, furgonetes, autobusos i motos).

Aquestes dades són força ambicioses respecte altres fonts. Des de "Red Eléctrica de España" (REE) s'estima que el 2030 hi haurà 2,4 milions de cotxes elèctrics en circulació i es pretén arribar als 24 milions al 2050 [13]. L'Observatori del Vehicle Elèctric i Mobilitat Sostenible preveu una incorporació més lenta en la que el 2040 només un 40 % dels vehicles siguin elèctrics [12].

Tot i això, en el PNIEC es detallen un seguit de línies d'actuació per tal d'accelerar la penetració dels vehicles elèctrics, i en conseqüència la paritat de preu entre elèctrics i de combustió. S'estima un estalvi energètic acumulat durant el període 2021 -2030 de 3.524,2 ktep/any.

Aquest estalvi en termes energètics és degut a la major eficiència energètica del vehicle elèctric que es situa vora el 35% respecte el vehicle de combustió que es considera de prop del 27%.

El Pla Nacional Integrat d'Energia i Clima 2021-2030 no concreta estalvis de CO₂ per aquesta mesura en concret.

4.5.4.1. Línies d'actuació

Les actuacions plantejades pel PNIEC acceleraran la incorporació total dels vehicles elèctrics per tal de situar-se en els escenaris plantejats a l'apartat 6 de la present memòria, on es considera que el 100% dels turismes són elèctrics.

a) Infraestructura de recàrrega

Per tal de garantir la incorporació de vehicle elèctrics cal realitzar un desplegament de la infraestructura de recàrrega pública. Actualment es tracta d'un servei liberalitzat en que les empreses aniran desplegant la infraestructura segons la demanda.

Tot i això, la Llei de Canvi Climàtic i Transició Energètica estableix la obligació d'instal·lar almenys un punt de recàrrega públic a les estacions de servei que tinguin unes ventes de gasolina i gasoil igual o superior a 5 milions de litres anuals. A més a més cada Comunitat Autònoma també està elaborant els propis plans de desenvolupament del vehicle elèctric i infraestructura de recàrrega.

Pel que fa a la infraestructura privada, s'adaptarà la normativa de requisits de construcció de nous edificis. S'establiran les condicions per a desenvolupar infraestructures mínimes de recàrrega als aparcaments.

b) Programes de suport públics

Es dissenyaran programes d'ajuda que multiplicaran el pressupost per a l'adquisició de vehicles elèctrics i per la instal·lació de punts de recàrrega.

c) Fiscalitat

El Ministeri d'Hisenda analitzarà la possibilitat de realitzar una reforma fiscal en que es podria incloure la reforma de l'impost Especial sobre Determinats Mitjans de Transport (IEDMT) o impost de matriculació. Es valorarà actualitzar els llindars d'emissions de CO₂ a partir dels quals s'abona l'impost o altres impostos a la compra o ús del vehicle. Actualment el 74% dels vehicles no superen els 120 gCO₂/km i no han d'abonar l'impost.

d) Comunicació

Per últim, es pretén realitzar el disseny d'una estratègia de comunicació centrada en facilitar informació sobre el vehicle elèctric i punts de recàrrega, l'oferta i prestacions dels vehicles, etc.

4.6. Conclusions de la integració del cotxe elèctric

La incorporació del cotxe elèctric provocarà un augment progressiu però significatiu de la demanda, d'aproximadament un 24%. Per aquest motiu la generació elèctrica també haurà d'incrementar-se per adaptar-se al consum.

Els canvis que realitzarà la demanda al llarg de la integració dels vehicles elèctrics en el sistema actual dependrà de diversos factors:

- Una gestió intel·ligent farà que la demanda elèctrica diària sigui força constant i sense grans pics, de manera que facilitarà els possibles canvis que s'hagin de realitzar en el sistema.
- De la mateixa manera, si la majoria de les càrregues són lentes serà menys probable trobar pics en la corba de demanda.
- També és important contemplar la incorporació de vehicles elèctrics al llarg dels anys. Se suposa que aquest procés serà lent i durarà uns 40 anys, de manera que l'augment anual de la demanda elèctrica serà suau i no hi haurà dificultats d'adaptació.

“Red Eléctrica de España” assegura que el sistema elèctric de producció i transport està preparat per a la integració dels vehicles elèctrics que s'esperen durant la transició energètica [9]. Destaca que s'han enfrontat a augments de demanda de més del 5% anual, mentre que l'increment del cotxe elèctric és de l'1% [13].

D'altra banda, des d'Endesa han concretat que per alimentar tot un parc automobilístic com l'actual, la càrrega s'hauria d'organitzar de manera intel·ligent [9].

El ritme de la incorporació del cotxe elèctric serà gradual. El Pla Nacional Integrat d'Energia i Clima 2021-2030 inclou un seguit de mesures amb l'objectiu d'accelerar el ritme, promovent la instal·lació de punts de recàrrega i oferint ajudes econòmiques i fiscals.

5. Generació elèctrica actual

La situació energètica es definirà bàsicament amb la quantitat d'energia generada anualment i amb el seu mix, és a dir, el percentatge d'electricitat que prové de cada font. Aquests dos factors marcaran les emissions de diòxid de carboni.

5.1. Producció elèctrica

En l'apartat anterior s'estableix un valor de demanda elèctrica de 268.877 GWh anuals a Espanya durant el 2018. Però la producció elèctrica va ser inferior amb un valor de 260.974 GWh. A més a més, part de l'energia produïda va ser gastada en bombeig hidràulic, que no és considerada demanda elèctrica real. Per tant, un 4% de l'energia es va haver de comprar a altres països com França, Portugal, Andorra i Marroc [8].

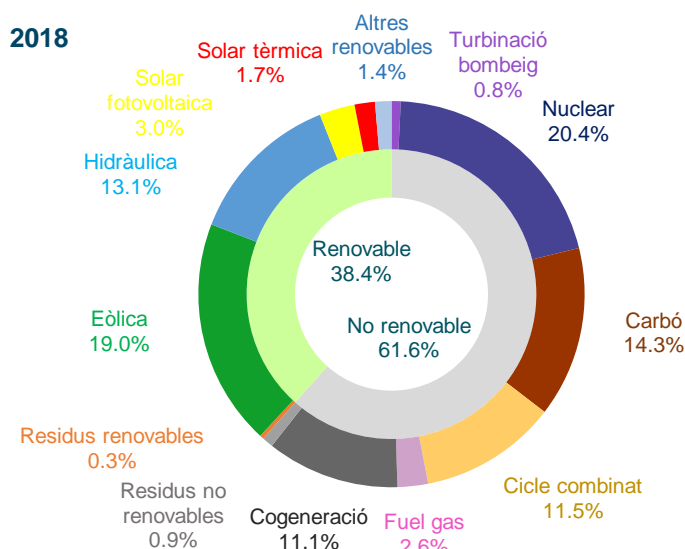
Balanç d'energia elèctrica a Espanya el 2018 (GWh)		
Generació elèctrica	260.974	97,06%
Consums en bombeig	-3.198	-1,19%
Intercanvis internacionals	11.102	4,13%
Demanda elèctrica	268.877	100,00%

Taula 6. Balanç d'energia elèctrica a Espanya el 2018. [8]

5.2. Mix de generació elèctrica

Tal com es mostra a la gràfica 14, al 2018, menys del 40% de l'electricitat produïda a Espanya provenia de fonts renovables. L'energia eòlica i hidràulica van ser les aportacions renovables més destacables, i van suposar un 32,1% de la producció total. La resta de fonts renovables van representar el 6,4% de la totalitat, considerant l'energia solar fotovoltaica, la solar tèrmica, els residus renovables, el biogàs, la biomassa, la hidroelèctrica, la hidràulica marina i la geotèrmica.

D'altra banda, les fonts no renovables es podrien dividir entre aquelles que emeten gasos d'efecte hivernacle (cogeneració, fuel gas, cicle combinat, carbó i residus no renovables) i aquelles que no n'emeten (nuclear i turbinació de bombeig). La producció elèctrica que emet gasos contaminants representa un 40,4% del total, mentre que la nuclear i la turbinació de bombeig sumen un 21,2%. Aquesta darrera forma de producció elèctrica consisteix en la generació hidràulica a partir d'aigua prèviament bombejada des d'una zona inferior [8].



Gràfica 14. Mix de generació elèctrica nacional el 2018. Font [8].

El cicle combinat consisteix en la producció elèctrica mitjançant dos cicles termodinàmics: un cicle de gas (cicle de Brayton) i un cicle de vapor d'aigua (cicle de Rankine). Aquests cicles funcionen gràcies a la crema d'un gas, en general gas natural i tenen una eficiència més alta que qualsevol dels dos cicles executats individualment [17].

D'altra banda, la cogeneració es basa en el producció d'energia elèctrica i tèrmica útil. El combustible utilitzat és el gas natural en la majoria dels casos (un 83,2% el 2017 segons el Ministeri per la Transició Ecològica i el Repte Demogràfic del Govern d'Espanya) [18].

La generació elèctrica de fuel gas, que només funciona al sistema no peninsular, es refereix a centrals que tenen un consum mixt de fuel i de gas segons el preu del combustible. Aquestes representen només un 2,6% de la producció total, tenen un funcionament molt baix i limitat a la cobertura d'hores punta de demanda elèctrica [19].

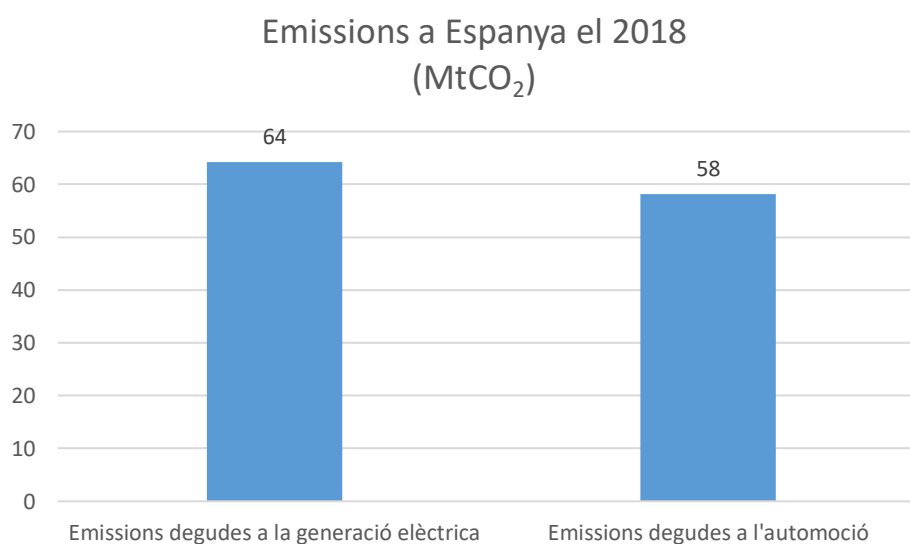
5.3. Emissions associades a la generació elèctrica

Cada font de producció d'energia té unes emissions associades que es mostren a la taula 7, sumant un total de 64 MtCO₂ anuals. Així doncs, es pot obtenir un factor d'emissió que defineix la quantitat de CO₂ emesa per a generar 1 GWh elèctric, per a cada tipus de generació elèctrica.

		Generació (GWh)	%	Emissions (tCO ₂)	Factor d'emissió (tCO ₂ /GWh)
Renovables 38,44%	Eòlica	49.570	18,99%		
	Hidràulica	34.106	13,07%		
	Solar fotovoltaica	7.759	2,97%		
	Solar tèrmica	4.424	1,70%		
	Altres renovables	3.580	1,37%		
	Residus renovables	874	0,33%		
No Renovables 61,56%	Nuclear	53.198	20,38%		
	Carbó	37.274	14,28%	35.649.409	956
	Cicle combinat	30.044	11,51%	11.841.810	394
	Cogeneració	29.016	11,12%	10.735.826	370
	Fuel/gas	6.683	2,56%	5.383.399	806
	Residus no renovables	2.435	0,93%	584.389	240
	Turbinació bombeig	2.009	0,77%		
Total	260.974	100,00%	64.194.833	246	

Taula 7. Emissions associades a la generació elèctrica a Espanya el 2018. [8]

L'any 2018 es van generar 260.974 GWh que van implicar l'emissió de 64 MtCO₂. La quantitat de CO₂ emesa anualment no dista gaire de la quantitat associada als desplaçaments i la fabricació d'automòbils. Suposa al voltant d'un 23% de les emissions totals d'Espanya considerant les emissions totals del 2017 de 273.946 MtCO₂.



Gràfica 15. Comparació de les emissions nacionals el 2018.

6. Emissions associades a la integració total del cotxe elèctric en diferents escenaris de generació d'electricitat

En aquest apartat es considera que els 24 milions de cotxes matriculats a Espanya el 2018, que feien de mitjana 18.033 km cadascun, són elèctrics. Tal com s'ha calculat a l'apartat 4.1. *Càlcul de la demanda elèctrica deguda a la incorporació del cotxe elèctric*, caldria generar 65.119 GWh anuals addicionals per a satisfer la nova demanda elèctrica.

Sota aquestes condicions, es desenvolupen tres possibles escenaris de generació d'energia elèctrica destinada a la circulació de turismes elèctrics. Cada escenari té un mix energètic concret, i per tant, unes emissions associades. Es calculen les emissions totals anuals i les emissions al llarg de la vida útil de cada turisme elèctric, i es comparen amb les del convencional. En els càlculs es té en compte el CO₂ emès en la fabricació, en la circulació i en el canvi de bateria.

Els escenaris considerats són els següents:

- **Escenari 1:** Generació elèctrica segons el mix energètic espanyol actual (38% renovable).
- **Escenari 2:** Reducció del 50% de generació no renovable respecte el mix de 2018 a Espanya (69% renovable).
- **Escenari 3:** Generació elèctrica 100% renovable.

6.1. Metodologia de càlcul

En aquest subapartat es defineix la metodologia del càlcul realitzat pels tres escenaris mencionats.

6.1.1. Emissions de CO₂ degudes a la generació elèctrica destinada a la recàrrega de turismes

Es considera que el 100% de la demanda dels turismes elèctrics, calculada a l'apartat 4.1., és generada a Espanya seguint el mix de generació del 2018.

Balanç d'energia elèctrica destinada als turismes elèctrics (GWh)		
Generació destinada al turisme elèctric	65.119	100,00%
Demanda turisme elèctric	65.119	100,00%

Taula 8. Balanç d'energia elèctrica destinada als turismes elèctrics.

Seguint el percentatge de generació marcat per cada escenari, es calcula l'energia generada per cada font i les seves emissions associades, seguint les següents equacions.

$$G_{font} = G_{total} \cdot \%G_{font} \quad (\text{Eq. 9})$$

$$E_{font} = G_{font} \cdot FE_{font} \quad (\text{Eq. 10})$$

$$E_{totals\ despl\ anual} = \sum_{font} E_{font} \quad (\text{Eq. 11})$$

On:

G_{font} : Energia elèctrica generada per una font (GWh).

G_{total} : Energia elèctrica destinada al turisme elèctric (GWh).

$\%G_{font}$: Percentatge de generació de cada font seguint el mix energètic actual.

E_{font} : Emissions associades a la generació d'una font (tCO₂).

FE_{font} : Factor d'emissió associat a una font de producció (tCO₂/GWh).

$E_{totals\ despl\ anual}$: Emissions de CO₂ totals degudes als desplaçaments dels turismes elèctrics (tCO₂).

Els resultats obtinguts per a cada escenari es recullen a les taules 9, 12 i 15.

6.1.2. Emissions de CO₂ anuals associades als vehicles elèctrics

Tal com es detalla a l'apartat 3.2., les emissions degudes a la fabricació de vehicles elèctrics són dues vegades més altes que les emissions associades a la fabricació d'automòbils de combustió. Aquest fet és degut, en gran part, a la necessitat d'una gran bateria.

En aquest cas, també es tindrà en compte la vida útil de la bateria d'ió liti, la més utilitzada actualment en cotxes elèctrics. Segons l'Agència Europea del Medi Ambient, aquestes bateries tenen una vida útil de 10 anys (entre 2.500 i 3.500 cicles de vida) [6].

Altres fonts marquen entre 100.000 i 160.000 km [20] o 160.000 km [5]. En tot cas, seguint les consideracions prèvies que defineixen la vida útil mitjana en 288.000 km i 15,46 anys, es necessitarien dues bateries per a cada vehicle elèctric.

Es considera que cada any es realitzen el mateix nombre de reemplaçaments de bateria. Seguint la fórmula 12 s'obtenen 1,56 milions de canvis anuals.

$$E_{totals\ fab\ anual} = Matr_{2018} \cdot \bar{E}_{fab\ elèctric} \quad (\text{Eq. 12})$$

$$\overline{Canvis\ bat}_{anual} = \frac{Parc_{2018}}{Vida\ Útil} \quad (\text{Eq. 13})$$

$$E_{totals\ canvi\ bat\ anual} = \overline{Canvis\ bat}_{anual} \cdot \bar{E}_{fab\ bat} \quad (\text{Eq. 14})$$

$$E_{globals\ anual} = E_{totals\ despl\ anual} + E_{totals\ fab\ anual} + E_{totals\ canvi\ bateria} \quad (\text{Eq. 15})$$

On:

$E_{totals\ fab\ anual}$: Emissions de CO₂ totals degudes a la fabricació de turismes elèctrics anual (kg CO₂).

$Matr_{2018}$: Matriculacions realitzades l'any 2018 (unitats).

$\bar{E}_{fab\ elèctric}$: Emissions de CO₂ mitjanes per vehicle elèctric (kg CO₂/veh).

$\overline{Canvis\ bat}_{anual}$: Canvis de bateria considerats anualment (unitats).

$Parc_{2018}$: Parc automobilístic espanyol l'any 2018 (unitats).

$Vida\ Útil$: Vida útil mitjana d'un turisme (anys).

$E_{totals\ canvi\ bat\ anual}$: Emissions anuals de CO₂ degudes al reemplaçament de bateries dels turismes elèctrics (kg CO₂).

$\bar{E}_{fab\ bat}$: Emissions associades a la fabricació d'una bateria mitjana d'ió liti (kg CO₂).

$E_{globals\ anual}$: Emissions de CO₂ totals degudes als turismes elèctrics (kg CO₂).

Els resultats de les expressions anteriors es recullen a les taules 10, 13 i 16 i es representen a les gràfiques 16, 19 i 22.

6.1.3. Emissions de CO₂ durant la vida útil del cotxe elèctric

Per acabar, es calcula la quantitat de CO₂ emesa durant la vida útil d'un turisme elèctric i un de convencional.

En el cas d'estudi, es considera que la bateria es reemplaça als 10 anys de vida útil (als 198.000 km). De manera que se sumen els 6.337 kg de CO₂ emesos en la fabricació de la bateria [5].

$$\bar{E}_{veh\ electric\ vida\ útil} = \bar{E}_{veh\ fab\ anual} + \bar{E}_{fab\ bat} + \overline{Vida\ Útil} \cdot \bar{E}_{veh\ despl\ anual} \quad (\text{Eq. 16})$$

$$\bar{E}_{veh\ despl\ anual} = \frac{E_{totals\ despl\ anual}}{Parc_{2018}} \quad (\text{Eq. 17})$$

On:

$\bar{E}_{veh\ global\ vida\ útil}$: Emissions de CO₂ globals mitjanes per vehicle durant la seva vida útil (kg CO₂/veh).

$\bar{E}_{veh\ fab\ anual}$: Emissions de CO₂ mitjanes per vehicle degudes a la fabricació de turismes anual (kg CO₂/veh).

$\bar{E}_{fab\ bat}$: Emissions associades a la fabricació d'una bateria mitjana d'ió liti (kg CO₂).

$\overline{Vida\ Útil}$: Vida útil mitjana d'un turisme (anys).

$\bar{E}_{veh\ despl\ anual}$: Emissions de CO₂ mitjanes anuals per vehicle degudes als desplaçaments dels turismes (kg CO₂/veh).

$E_{totals\ despl\ anual}$: Emissions de CO₂ totals degudes als desplaçaments dels turismes elèctrics (tCO₂).

$Parc_{2018}$: Parc automobilístic espanyol l'any 2018 (unitats).

Les emissions de CO₂ calculades al llarg de la vida útil d'un vehicle estan recollides a les taules 11, 14 i 17. A més a més es representen a les gràfiques 17, 18, 20, 21, 23 i 24.

6.2. Escenari 1: Generació elèctrica segons el mix energètic espanyol actual (38% renovable)

El primer escenari de generació d'energia destinada a la mobilitat de cotxes elèctrics es basarà en el mix de generació elèctrica a Espanya del 2018. És a dir, la demanda del cotxe elèctric serà aportada seguint el mix de generació actual.

6.2.1. Emissions de CO₂ degudes a la generació elèctrica destinada a la recàrrega de turismes

Es considera que el 100% de la demanda dels turismes elèctrics, calculada a l'apartat anterior, és generada a Espanya seguint el mix de generació del 2018.

Els resultats obtinguts es recullen a la taula 9. Les emissions totals anuals degudes a l'alimentació elèctrica dels automòbils prenen un valor de 16 MtCO₂.

Escenari 1		% Generació	Generació (GWh)	Factor d'emissió (tCO ₂ /GWh)	Emissions (tCO ₂)		
Renovables 38,44%	Eòlica	18,99%	12.369				
	Hidràulica	13,07%	8.510				
	Solar fotovoltaica	2,97%	1.936				
	Solar tèrmica	1,70%	1.104				
	Altres renovables	1,37%	893				
	Residus renovables	0,33%	218				
No Renovables 61,56%	Nuclear	20,38%	13.274				
	Carbó	14,28%	9.301			956	8.895.397
	Cicle combinat	11,51%	7.497			394	2.954.820
	Cogeneració	11,12%	7.240			370	2.678.850
	Fuel/gas	2,56%	1.668			806	1.343.289
	Residus no renovables	0,93%	608			240	145.819
	Turbinació bombeig	0,77%	501				
Total		100,00%	65.119		16.018.176		

Taula 9. Emissions associades a la generació d'electricitat destinada a la circulació de turismes elèctrics.

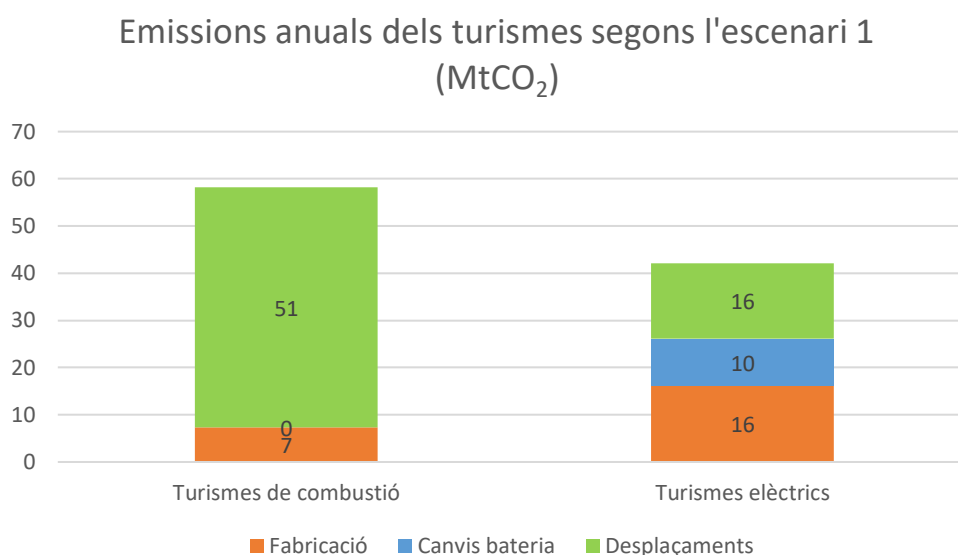
La circulació d'automòbils elèctrics és possible gràcies a la producció d'electricitat, que té unes emissions associades. Aquestes emissions es reduirien un 68% respecte les que emeten els turismes actualment.

6.2.2. Emissions de CO₂ anuals associades als vehicles elèctrics

Tenint en compte la circulació, els canvis de bateria i les matriculacions anuals a Espanya el 2018, la quantitat de CO₂ emès anualment es distribueix de la següent forma:

Emissions anuals associades a l'automoció (MtCO ₂)				
Turismes	Fabricació	Canvis bateria	Desplaçaments	Totals
De combustió	7,38	0,00	50,79	58,17
Elèctrics	16,22	9,87	16,02	42,10

Taula 10. Emissions associades a la generació d'electricitat destinada a la circulació de turismes elèctrics.

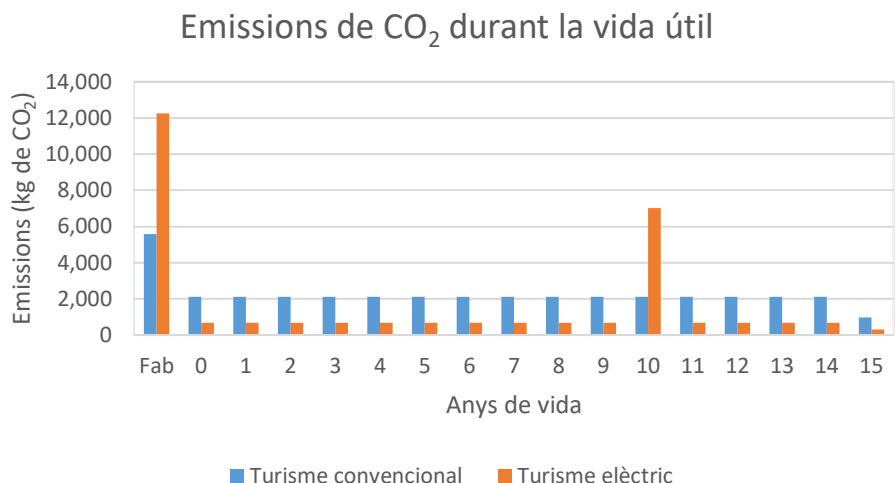


Gràfica 16. Comparació de les emissions nacionals anuals.

Tenint en compte els desplaçaments i la fabricació de vehicles anuals, els turismes de combustió gairebé doblen les emissions respecte els elèctrics. En canvi, si també es considera el reemplaçament de la bateria del vehicles elèctrics, aquesta diferència es veu reduïda a un 28%.

6.2.3. Emissions de CO₂ durant la vida útil del cotxe elèctric

Tal com mostra la gràfica 17, la fabricació del turisme elèctric emet més emissions. A partir de l'inici de la circulació, el vehicle convencional causa més emissions que l'elèctric any rere any. Al desè any de vida, es reemplaça la bateria del cotxe elèctric, fet que implica un potent pic d'emissions.



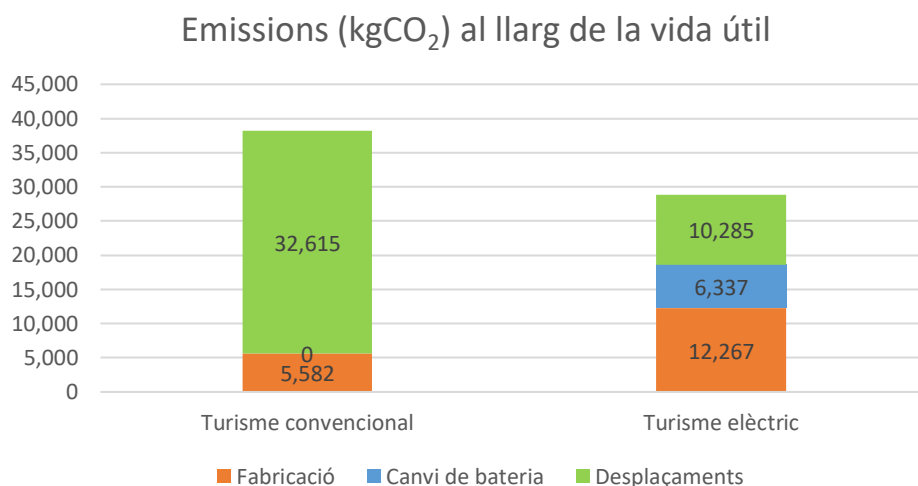
Gràfica 17. Emissions de CO₂ durant la vida útil d'un turisme convencional i elèctric.

La següent taula i la següent gràfica, mostren el desglossament de les emissions de CO₂ durant la vida útil d'un turisme elèctric i convencional. De forma global, en aquest escenari, els turismes elèctrics emetrien un 24% menys de CO₂ que els turismes de combustió.

Emissions al llarg de la vida útil (kgCO₂)

	Fabricació	Canvi de bateria	Desplaçaments	Totals
Turisme convencional	5.582	0	32.615	38.196
Turisme elèctric	12.267	6.337	10.285	28.889

Taula 11. Desglossament de les emissions de CO₂ durant la vida útil d'un turisme convencional i elèctric.



Gràfica 18. Repartiment de les emissions de CO₂ durant la vida útil d'un turisme convencional i elèctric.

6.3. Escenari 2: Reducció del 50% de generació no renovable respecte el mix de 2018 a Espanya (69% renovable)

En aquest segon escenari la generació elèctrica no renovable destinada a la recàrrega de bateries de cotxes elèctrics es redueix a la meitat (de 40.088 a 20.044 GWh). Per contra la generació renovable augmenta de 25.031 a 45.075 GWh assolint el 69,22% de la producció total.

Es considera que cada font no renovable disminueix la seva producció elèctrica un 50%. L'energia restant per assolir la demanda total del turisme elèctric la generen les fonts renovables.

6.3.1. Emissions de CO₂ degudes a la generació elèctrica destinada a la recàrrega de turismes

Les emissions de CO₂ anuals associades a la producció elèctrica destinada a turismes es recullen a la taula 12. Aquest valor es veu reduït a la meitat respecte l'escenari 1 amb un valor de 8 MtCO₂.

Escenari 2		% Generació	Generació (GWh)	Factor d'emissió (tCO ₂ /GWh)	Emissions (tCO ₂)
Renovables 69,22%	Eòlica	69,22%	45.075		
	Hidràulica				
	Solar fotovoltaica				
	Solar tèrmica				
	Altres renovables				
	Residus renovables				
No Renovables 30,78%	Nuclear	10,19%	6.637		
	Carbó	7,14%	4.650	956	4.447.698
	Cicle combinat	5,76%	3.748	394	1.477.410
	Cogeneració	5,56%	3.620	370	1.339.425
	Fuel/gas	1,28%	834	806	671.645
	Residus no renovables	0,47%	304	240	72.910
	Turbinació bombeig	0,38%	251		
Total		100,00%	65.119		8.009.088

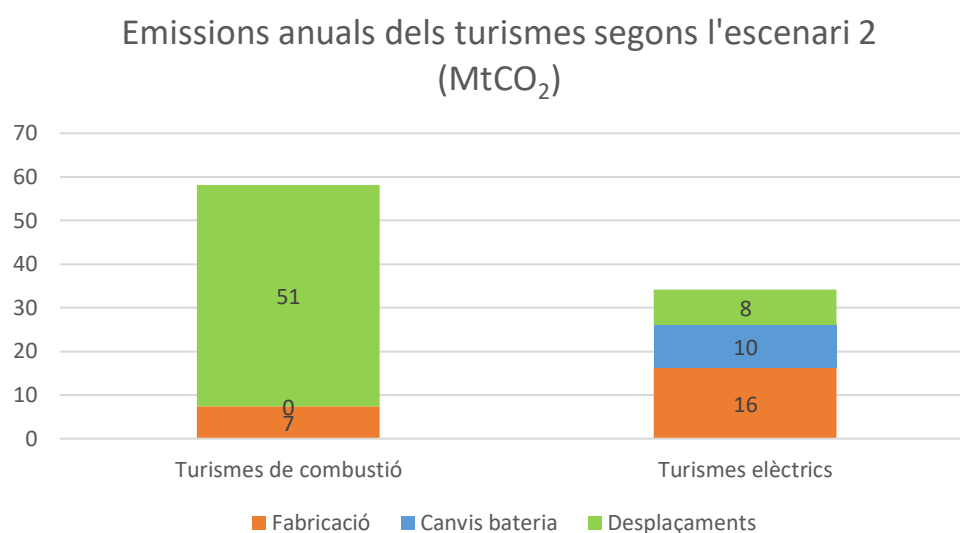
Taula 12. Emissions associades a la generació d'electricitat destinada a la circulació de turismes elèctrics.

6.3.2. Emissions de CO₂ anuals associades als vehicles elèctrics

Tenint en compte la circulació, els canvis de bateria i les matriculacions anuals a Espanya el 2018, la quantitat de CO₂ emès anualment es distribueix de la següent forma:

Turismes	Fabricació	Canvis bateria	Desplaçaments	Totals
De combustió	7,38	0,00	50,79	58,17
Elèctrics	16,22	9,87	8,01	34,10

Taula 13. Emissions associades a la generació d'electricitat destinada a la circulació de turismes elèctrics.

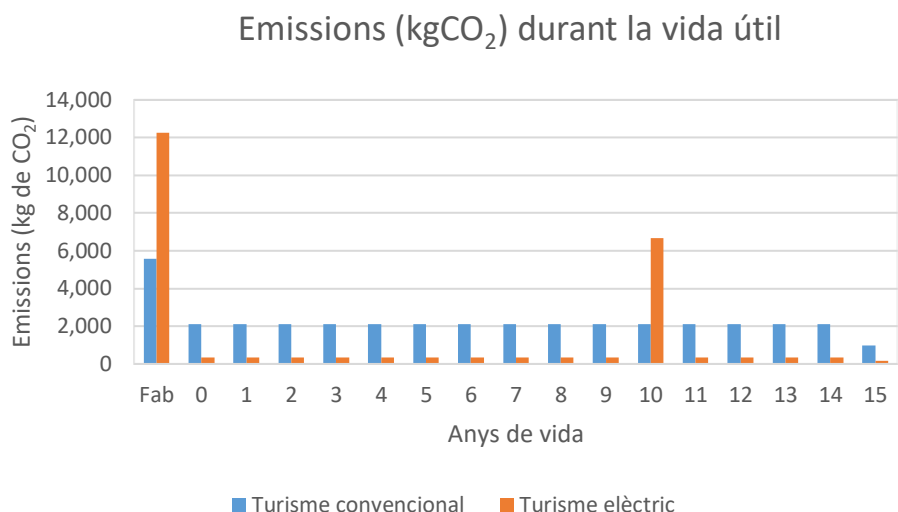


Gràfica 19. Comparació de les emissions nacionals anuals.

En aquest segon escenari, els turismes elèctrics representarien un estalvi en les emissions de 24 MtCO₂ anuals respecte els turismes de combustió.

6.3.3. Emissions de CO₂ durant la vida útil del cotxe elèctric

Les emissions desglossades anualment al llarg de vida útil d'un turisme són molt semblants a les de l'escenari 1. En aquest cas, les emissions causades pels desplaçaments dels turismes elèctrics són encara menors (gràfica 20).

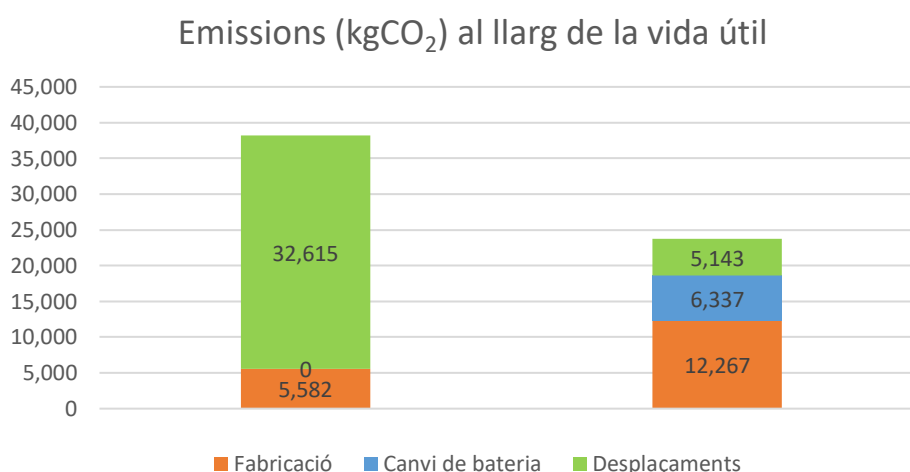


Gràfica 20. Emissions de CO₂ durant la vida útil d'un turisme convencional i elèctric.

La següent taula i la següent gràfica, mostren el desglossament de les emissions de CO₂ durant la vida útil d'un turisme elèctric i convencional. De forma global, en aquest escenari, els turismes elèctrics emetrien un 38% menys de CO₂ que els turismes de combustió.

	Fabricació	Canvi de bateria	Desplaçaments	Totals
Turisme convencional	5.582	0	32.615	38.196
Turisme elèctric	12.267	6.337	5.143	23.747

Taula 14. Desglossament de les emissions de CO₂ durant la vida útil d'un turisme convencional i elèctric.



Gràfica 21. Repartiment de les emissions de CO₂ durant la vida útil d'un turisme convencional i elèctric.

6.4. Escenari 3: Generació elèctrica 100% renovable

Un escenari possible i desitjat és que el 100% de l'energia destinada a la mobilitat elèctrica sigui d'origen renovable. D'aquesta manera les emissions dels turismes elèctrics degudes als desplaçaments serien nul·les.

6.4.1. Emissions de CO₂ degudes a la generació elèctrica destinada a la recàrrega de turismes

En aquest escenari el mix considerat és molt senzill: el 100% de la generació és renovable, i per tant, no hi ha emissions directament associades (taula 15).

Escenari 3		% Generació	Generació (GWh)	Factor d'emissió (tCO ₂ /GWh)	Emissions (tCO ₂)
Renovables 100%	Eòlica	100%	65.119		
	Hidràulica				
	Solar fotovoltaica				
	Solar tèrmica				
	Altres renovables				
	Residus renovables				
No Renovables 0%	Nuclear	0%	0		0
	Carbó			956	0
	Cicle combinat			394	0
	Cogeneració			370	0
	Fuel/gas			806	0
	Residus no renovables			240	0
	Turbinació bombeig				
Total	100,00%	65.119		0	

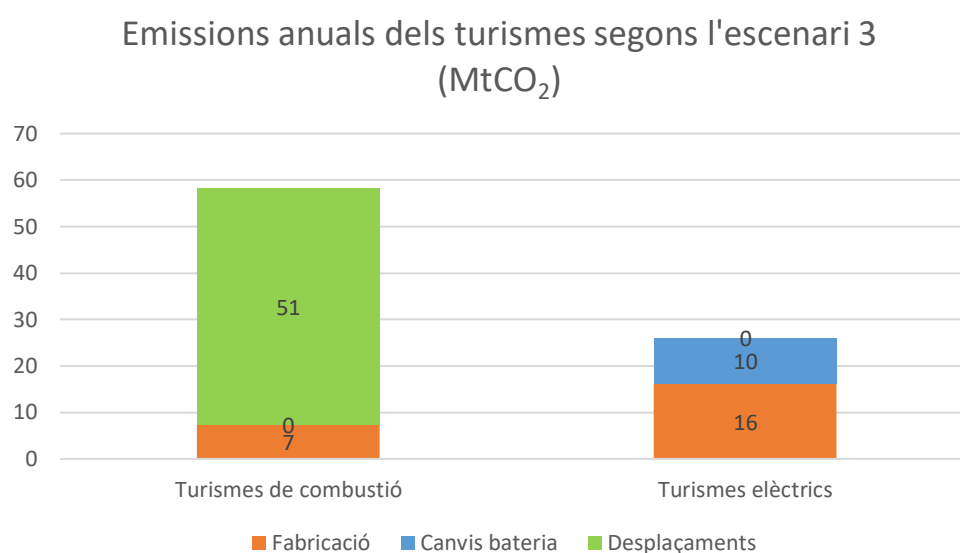
Taula 15. Emissions associades a la generació d'electricitat destinada a la circulació de turismes elèctrics.

6.4.2. Emissions de CO₂ anuals associades als vehicles elèctrics

Tenint en compte la circulació, els canvis de bateria i les matriculacions anuals a Espanya el 2018, la quantitat de CO₂ emesa anualment es distribueix de la següent forma:

Turismes	Fabricació	Canvis bateria	Desplaçaments	Totals
De combustió	7,38	0,00	50,79	58,17
Elèctrics	16,22	9,87	0,00	26,09

Taula 16. Emissions associades a la generació d'electricitat destinada a la circulació de turismes elèctrics.



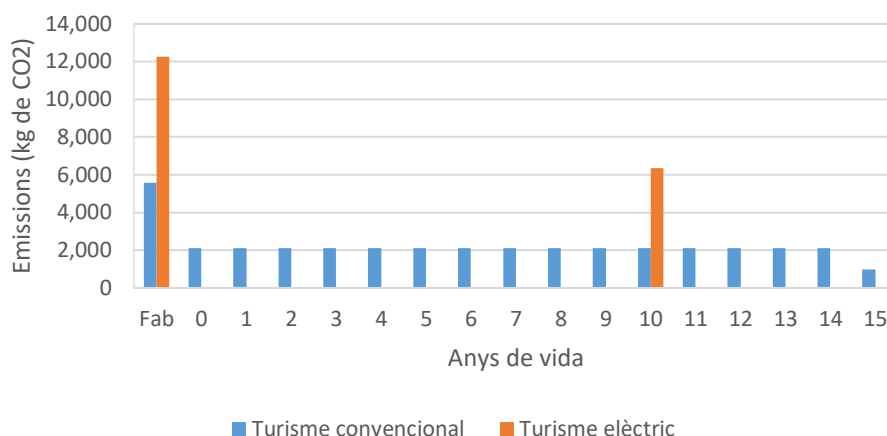
Gràfica 22. Comparació de les emissions nacionals el 2018.

En aquest escenari les emissions es reduïrien a més de la meitat evitant llençar a l'aire més de 32 MtCO₂.

6.4.3. Emissions de CO₂ durant la vida útil del cotxe elèctric

En aquest cas, el turisme elèctric només produiria emissions en el moment de la seva fabricació i en el moment de necessitar una segona bateria.

Emissions de CO2 durant la vida útil



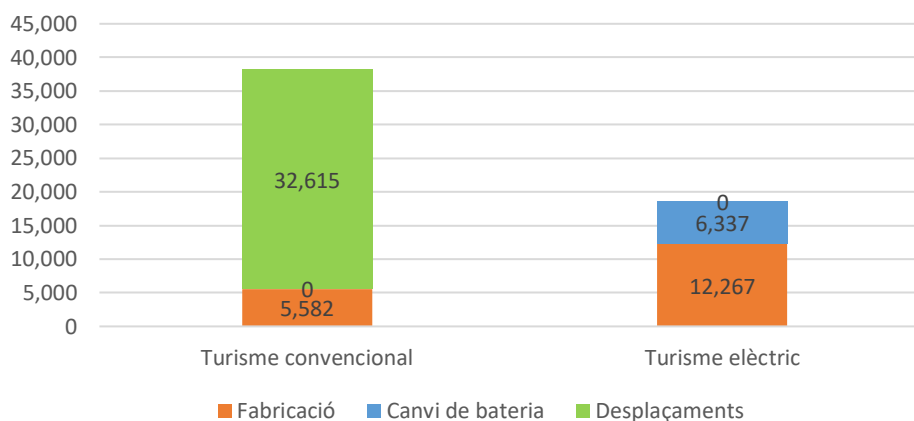
Gràfica 23. Emissions de CO₂ durant la vida útil d'un turisme convencional i elèctric.

Sota aquests supòsits es consideren les emissions de la fabricació i dels desplaçaments d'un turisme convencional i la fabricació i el canvi de bateria d'un cotxe elèctric. En aquest escenari tan favorable, la integració total del cotxe elèctric representaria una reducció de les emissions d'un 51% respecte les dels turismes convencionals actuals.

	Fabricació	Canvi de bateria	Desplaçaments	Totals
Turisme convencional	5.582	0	32.615	38.196
Turisme elèctric	12.267	6.337	0	18.604

Taula 17. Desglossament de les emissions de CO₂ durant la vida útil d'un turisme convencional i elèctric.

Emissions (kgCO₂) al llarg de la vida útil



Gràfica 24. Repartiment de les emissions de CO₂ durant la vida útil d'un turisme convencional i elèctric.

6.5. Resum de resultats

Finalment es recullen els resultats dels tres escenaris en dues taules. La taula 18 conté les emissions al llarg de la vida útil d'un vehicle, i la taula 19 les emissions anuals seguint les dades de referència de 2018.

Escenari		Emissions al llarg de la vida útil d'un turisme (kgCO ₂)					Variació respecte convencional
		Fabricació	Canvi bateria	Desplaçaments	Totals	Reducció	
Vehicle convencional		5.582	0	32.615	38.196	-	-
1	38% renovable	12.267	6.337	10.285	28.889	9.307	-24,4%
2	69% renovable			5.145	23.747	14.450	-37,8%
3	100% renovable			0	18.604	19.592	-51,3%

Taula 18. Emissions de CO₂ durant la vida útil d'un turisme convencional i elèctric pels tres escenaris.

Es conclou que cada turisme elèctric evitaria l'emissió d'entre 9,3 i 19,6 tones de CO₂ a l'atmosfera (segons el mix de generació) durant els seus anys de vida. És a dir, les emissions es reduirien entre un 24% i un 51% respecte un turisme de combustió convencional.

Escenari		Emissions anuals a Espanya (dades de referència de 2018) (ktCO ₂)					Variació respecte convencional
		Fabricació	Canvi bateria	Desplaçaments	Totals	Reducció	
Vehicle convencional		7.379	0	50.793	58.172	-	-
1	38% renovable	16.217	9.869	16.018	42.104	16.068	-27,62%
2	69% renovable			8.009	34.095	24.077	-42,39%
3	100% renovable			0	26.086	32.086	-55,16%

Taula 19. Emissions anuals d'un turisme convencional i elèctric pels tres escenaris.

Pel que fa a les emissions anuals a Espanya, la implantació total del turisme elèctric podria evitar emetre fins a 32 MtCO₂ anuals en el millor dels casos. En el cas que el mix de generació fos l'actual (2018), s'evitaria l'emissió de 16 MtCO₂. Aquests valors representen una reducció d'un 55% i un 28% respectivament, respecte les emissions actuals associades als turismes.

6.5.1. Anàlisi de resultats

En la fabricació d'un cotxe elèctric s'emet més del doble de CO₂ que en la fabricació d'un turisme de combustió. A més a més, el turisme elèctric requereix d'un canvi de bateria quan ja ha realitzat certs quilòmetres, que també té grans emissions associades. Tot i això, el potent estalvi d'emissions generat pel vehicle elèctric durant els desplaçaments provoca que, de forma global, les emissions del cotxe elèctric siguin substancialment menors.

S'observa que el mix de generació té una gran rellevància sobre les emissions totals. Els resultats finals varien molt segons el mix de generació considerat. La reducció de les emissions respecte el cas convencional es duplica de l'escenari 1 (mix 38% renovables) a l'escenari 3 (mix 100% renovable).

Un altre aspecte que pot sorprendre és que el percentatge de variació obtingut en el càlcul de les emissions durant la vida útil no coincideix amb el mateix paràmetre anual calculat seguint les dades del 2018.

Cal tenir en compte que per realitzar el càlcul anual, s'ha considerat el parc de 24 milions de cotxes i les 1,3 milions de matriculacions de 2018 a Espanya. Si les matriculacions fossin constants en el temps, es matricularien 1,6 milions de cotxes anualment (24 milions de cotxes / 15 anys de vida útil). Al utilitzar el valor de 1,3 milions en comptes de 1,6 milions en el càlcul anual, es redueix l'impacte del terme de fabricació, que és el que té més emissions associades en els turismes elèctrics. És per això, que els escenaris anuals tenen resultats una mica més beneficiosos que els escenaris de vida útil.

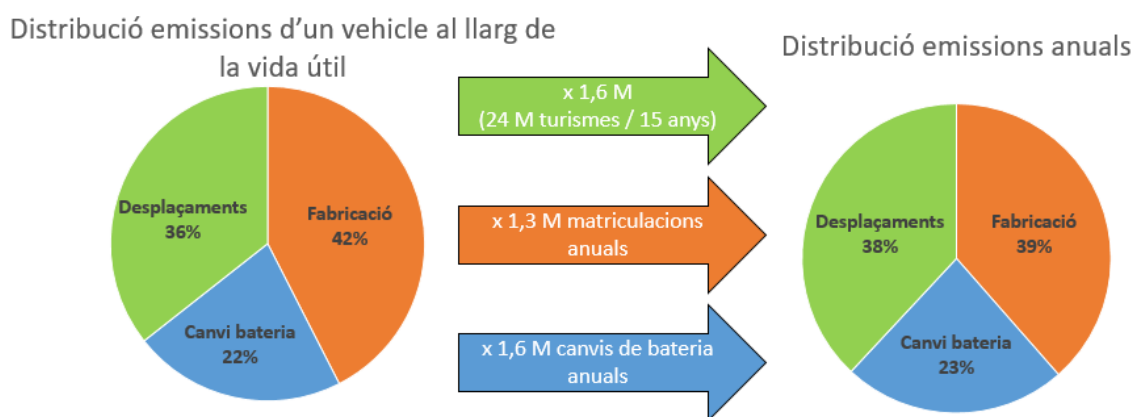


Figura 1. Esquema de distribucions de les emissions vida útil vs anual.

7. Anàlisi comparatiu de resultats

A continuació es valoren els resultats d'una forma global, tenint en compte les emissions totals d'Espanya i s'analitzen les dades utilitzades i l'eficiència dels vehicles elèctrics i de combustió.

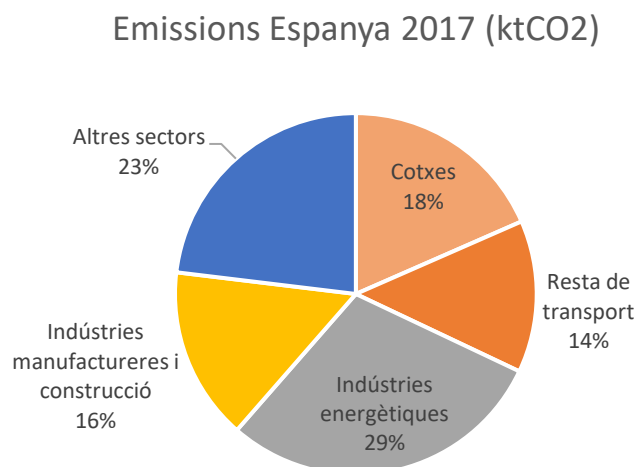
7.1. Visió global dels resultats

Al llarg del projecte s'han analitzat les emissions directament associades als turismes i les possibles reduccions produïdes amb la implantació total del cotxe elèctric. Però, quin pes tenen realment aquestes emissions respecte el total?

Segons la UNFCCC, els desplaçaments de cotxes van representar un 18% de les emissions globals de 2017 a Espanya [4]. Seguint els càlculs realitzats, si també es consideressin les emissions associades a la fabricació de vehicles el percentatge d'emissions relatiu als cotxes augmentaria fins a un 21%. És a dir, el sector automobilístic representa al voltant d'una cinquena part de les emissions anuals totals a Espanya.

Cotxes	50.485
Resta de transport	37.278
Indústries energètiques	80.519
Indústries manufactureres i construcció	42.428
Altres sectors	63.235
Total	273.946

Taula 20. Desglossament de les emissions anuals globals d'Espanya el 2017. [4]

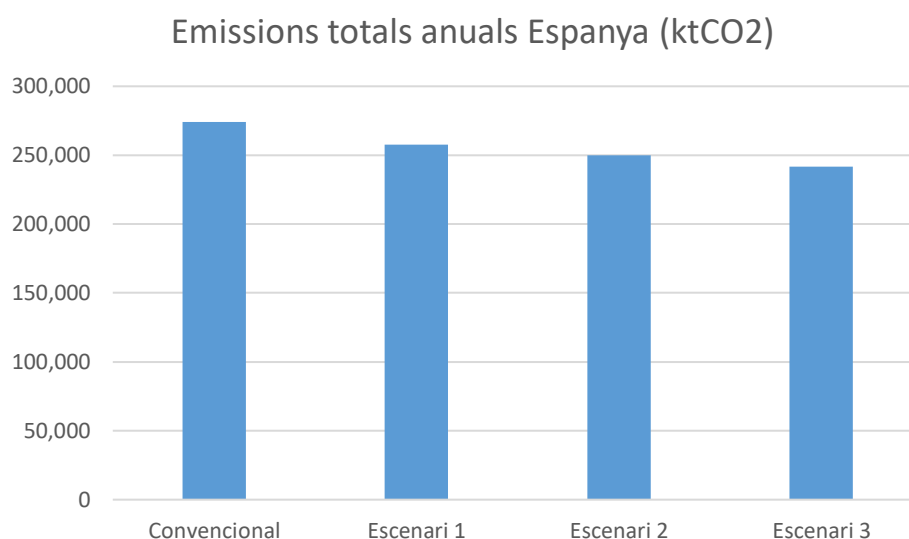


Gràfica 25. Desglossament de les emissions de CO₂ anuals d'Espanya el 2017. [4]

Considerant l'estalvi d'emissions resultant de cada escenari, s'extrapola el resultat a les emissions totals a Espanya. Així doncs, s'observa que, amb la implantació total del cotxe elèctric, les emissions totals es podrien reduir fins al 12% en el millor dels casos.

Escenari	Emissions totals anuals (ktCO ₂)	Reducció (ktCO ₂)	Variació respecte convencional
Convencional	273.946	-	
Escenari 1	257.878	16.068	-6%
Escenari 2	249.869	24.077	-9%
Escenari 3	241.860	32.086	-12%

Taula 21. Emissions totals anuals estimades per cada escenari.



Gràfica 26. Emissions totals anuals estimades per cada escenari.

En definitiva es conclou que, a nivell global, la reducció d'emissions que podria representar la implantació total del vehicle elèctric és força reduïda. Es tracta d'una mesura útil però insuficient per a disminuir les emissions d'una forma consistent. Caldria aplicar moltíssimes més mesures per tal de millorar substancialment la situació actual i poder assolir uns nivells d'emissions molt més baixos.

7.2. Estimacions i abast dels resultats

Cal tenir present que els resultats del treball són estimacions. Davant les dades actuals conegudes, s'han realitzat càlculs per estimar de manera aproximada quines serien les emissions de CO₂ associades als turismes elèctrics. Aquests resultats s'han comparat amb les emissions conegudes i contrastades dels vehicles de combustió.

Es recalca de nou el fet que l'estudi s'ha realitzat utilitzant dades del 2018, és a dir com si tots els vehicles actuals fossin elèctrics. La taula 22, recull les dades utilitzades per a la realització dels càlculs juntament amb les seves respectives fonts.

Concepte	Xifra	Unitats	Font
Parc d'automòbils Espanya	24.074.151	unitats	Anuari de la DGT [1]
Vida útil mitjana dels turismes	15,46	anys	
Emissions de CO₂ dels turismes convencionals	117	gCO ₂ /km	Arval Mobility Observatory [3]
Matriculacions anuals Espanya 2018	1.322.027	unitats	
Distància recorreguda mitjana anual ^[1]	18.033	km	Estudi de la DGT [2] i Arval Mobility Observatory [3]
Emissions en la fabricació d'un turisme elèctric ^[2]	12.267	kgCO ₂ /veh	R. Kawamoto <i>et al.</i> 2019 [5]
Emissions en la fabricació d'una bateria ^[2]	6.337	kgCO ₂ /bat	
Emissions en la fabricació d'un turisme dièsel ^[2]	5.758	kgCO ₂ /veh	
Emissions en la fabricació d'un turisme gasolina ^[2]	5.493	kgCO ₂ /veh	
Consum elèctric automòbils	15	kWh/100 km	Guia de REE [7]

Taula 22. Dades considerades per a la realització de càlculs.

^[1] No es coneix amb precisió la distància que recorren anualment els 24 milions de cotxes a Espanya, però s'ha estimat una dada a partir de xifres provinents de dues fonts diferents. Amb aquesta dada estimada s'han calculat les emissions causades directament pels turismes convencionals i s'ha obtingut un resultat molt coherent i contrastat per dades oficials de la UNFCC.

^[2] Les xifres relatives a les emissions durant els processos de fabricació s'han obtingut a través d'un article d'investigació japonès. Es tracta de dades estimades de turismes mitjans i que podrien variar en funció de diversos paràmetres com la regió, la tipologia de vehicle i el mix energètic de generació elèctrica. Tot i això, s'ha considerat com un paràmetre fix en l'estudi.

També és pertinent reiterar que en el projecte només s'han considerat les emissions de diòxid de carboni durant la vida útil dels vehicles. No s'han tingut en compte els residus que podrien causar els automòbils ni la seva gestió, així com la possible reutilització de bateries.

7.3. Eficiència dels automòbils de combustió i elèctrics

Segons la guia del vehicle elèctric de l'IDAE, l'automòbil elèctric utilitza l'energia emmagatzemada a les bateries d'una forma molt més eficient (83%) respecte el rendiment entre el dipòsit de gasolina i el motor d'un vehicle de combustió (33%). [11]

Per contra, la utilització de combustibles fòssils en la generació elèctrica, juntament amb el transport elèctric fins les bateries provoca moltes més pèrdues que els processos de refinació i transport del petroli.

Com a còmput global es constata que el vehicle elèctric és més eficient que el vehicle de combustió. Gran part de les pèrdues comptabilitzades en el cotxe elèctric es troben en la generació elèctrica a partir de combustibles fòssils. Si la generació d'energia es realitza a partir de fonts renovables, les pèrdues energètiques es reduirien contundentment i l'eficiència del cotxe elèctric augmentaria.

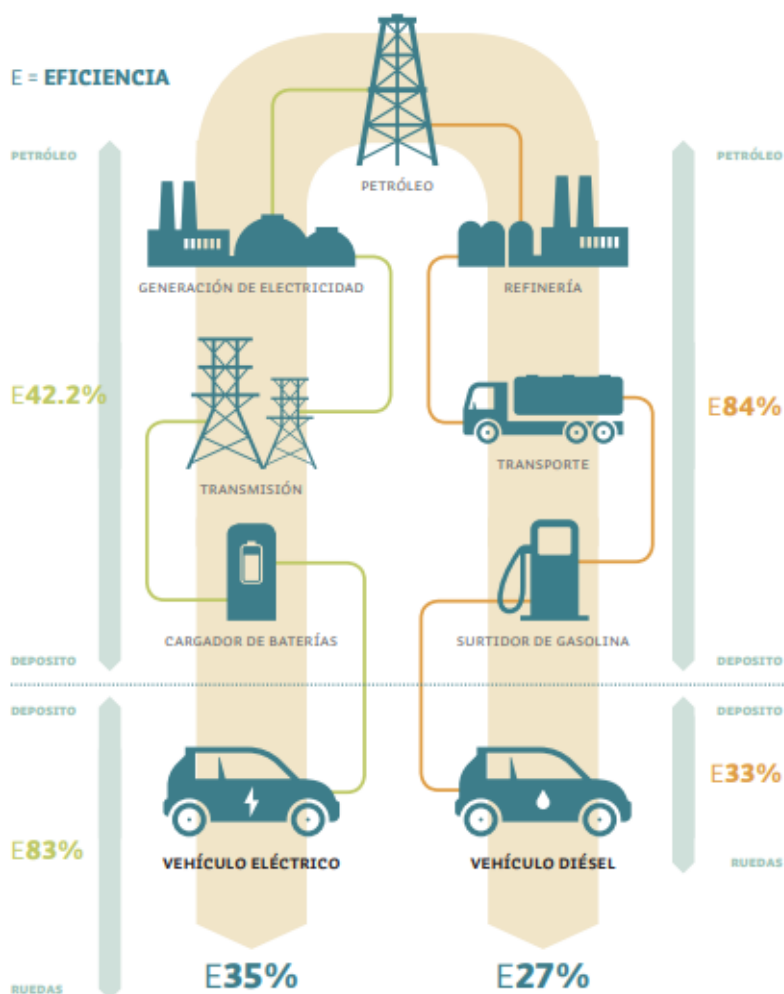


Figura 2. Esquema d'eficiències dels vehicles elèctric i de combustió. [11]

8. Anàlisi Econòmic

Una vegada estimat l'estalvi en termes d'emissions a l'atmosfera que representa el vehicle elèctric, és interessant conèixer si aquest representa un sobrecost econòmic pels usuaris. El cost que implica un turisme al llarg de la seva vida útil inclou el preu de compra, el cost de la font d'energia per circular i el cost de manteniment.

8.1. Cost de compra

El cost d'adquisició d'un turisme elèctric és, de mitjana, uns 5.000 euros superior al d'un model de combustió [21]. Aquesta notòria diferència de preu es deu, principalment, al cost de la bateria, que suposa aproximadament un 40% del cost de producció total del vehicle [22]. Es preveu un important abaratiment del cost de les bateries en els propers anys, que permetria igualar el preu de compra del cotxe elèctric i el de combustió.

8.2. Cost energètic

El cost de la font d'energia dels turismes depèn enormement de la tipologia d'aquests.

Els turismes de combustió tenen un rendiment des del dispensador de combustible fins a les rodes de només el 33%. A més a més, actualment el preu d'aquests combustibles no és gaire econòmic. En aquest cas recórrer 100 km assoleix un cost d'uns 5,35 € pels turismes dièsel i d'uns 6,67 € pels de gasolina [21].

El cost energètic dels vehicles elèctrics es basa en el cost de l'electricitat del moment, sempre tenint en compte les pèrdues produïdes des del punt de recàrrega fins a les rodes. En aquest cas el rendiment és molt alt, del voltant del 83% [11]. El cost de recórrer 100 km, actualment es troba al voltant d'1,8 € si es realitza en horari nocturn i a casa [22].

Tot i això, el preu de l'electricitat pot tenir una alta variabilitat en el futur. És probable que el cost elèctric augmenti fortament a causa de nous impostos. [23]

Actualment el govern espanyol recapta molts fons públics gràcies al consum d'hidrocarburs. El més destacat és l'Impost Especial sobre els Hidrocarburs que representen al voltant de 40 cèntims per litre de gasolina i 30 cèntims per litre de gasoil [24]. Amb la disminució del consum d'hidrocarburs, la recaptació de fons públic per mitja d'aquest impost es veuria molt afectada. Per tal de fer front a aquest canvi, és probable que augmentin altres impostos o apareguin nous impostos relacionats amb el consum elèctric.

8.3. Cost de manteniment

El funcionament dels cotxes elèctrics és molt més senzill que el dels cotxes convencionals. El motor de combustió interna té peces sotmeses a un major fregament, desgast i temperatures molt més elevades. Conté nombrosos circuits interns i sistemes específics per l'engreixament i la refrigeració, a més de la complexitat de la combustió i expulsió de gasos. [25]

Per contra el sistema elèctric d'un vehicle bàsicament està format per una bateria, un rotor, un estator, un suport, coixinets i unes tapes de tancament. Això suposa que el manteniment del cotxe elèctric sigui molt més senzill i econòmic, i sense la necessitat de revisions anuals. [25]

D'altra banda, i tal com s'ha indicat al llarg del treball, la vida útil d'una bateria és d'uns 10 anys o 160.000 km [6]. Una vegada passat aquest període, caldria substituir la bateria que implica de mitjana uns 11.416 €, actualment. S'espera que arribats a aquest punt, els consumidors es puguin plantejar comprar un nou vehicle abans de canviar la bateria. [26]. Tot plegat té molts factors determinants i incerteses, i de moment no es poden treure conclusions clares.

8.4. Exemples de models concrets

S'ha constatat que els preus de compra de cada model de vehicle divergeixen enormement segons les característiques tècniques de cadascun. De manera que resulta molt complicat unificar dades econòmiques dels vehicles elèctrics i de combustió. En Conseqüència, es decideix comparar models de turismes convencionals concrets que tenen un model equivalent en format elèctric.

S'han comparat els models Opel Corsa Edition i Opel Corsa-e Edition, i també els models Volkswagen Golf i Volkswagen e-Golf. Es tracta de models nous, de pes mig, força estàndards i representatius. Mentre que els models d'Opel tenen un preu de compra més reduït i unes característiques tècniques més bàsiques, els models de Volkswagen són més cars i potents.

8.4.1. Consideracions

En aquestes comparatives es defineix el cost total d'un turisme considerant el cost de compra i el cost de la font d'energia per circular, però no s'inclou el manteniment davant la dificultat d'obtenir dades concretes. Tampoc s'inclou el cost de la possible substitució de la bateria davant la incertesa de la futura situació.

A més a més, els preus de l'electricitat, del dièsel i de la gasolina es consideren constants en el temps i no es contempen les futures fluctuacions.

Seguint amb el plantejament del projecte es realitzen les consideracions recollides a la taula 23.

Distància anual recorreguda	18.033 km [2 i 3]
Vida útil	15,46 anys [1]
Preu elèctric període vall PVPC (Endesa)	0,07942 €/kWh [27]
Preu gasolina 2019	1,261 €/l [28]
Preu dièsel 2019	1,186 €/l [28]

Taula 23. Dades considerades per a la realització de càlculs.

8.4.1.1. Comparativa models Opel Corsa

Per una banda es comparen tres models de la marca Opel: El *Corsa Edition* (tant amb motor de dièsel com de gasolina) i el *Corsa-e Edition*, el model equivalent en format elèctric.

És important remarcar la importància de les característiques tècniques dels diferents models, ja que el preu depèn enormement d'aquestes. En aquest cas, el motor elèctric considerat és més potent que els convencionals i la capacitat de la bateria és força gran, i per tant, l'autonomia també.

	<i>Corsa Editon</i> Dièsel	<i>Corsa Edition</i> Gasolina	<i>Corsa-e Edition</i>
Potència motor	74 kW	74 kW	100 kW
Autonomia	-	-	337 km
Consum	4,2 l/100km	5,6 l/100km	16,8 kWh/100km
Preu de compra	16.600 €	14.700 €	29.600 €

Taula 24. Característiques rellevants dels models Corsa [29].

8.4.1.2. Comparativa models Volkswagen Golf

També es comparen dos models de la marca automobilística alemanya Volkswagen. Concretament el *Golf Last Edition* (motor de gasolina) i l'*e-Golf*, el model equivalent en format elèctric.

Aquests dos models tenen un motor força semblant i la capacitat de la bateria de l'*e-Golf* és més reduïda que la del *Corsa-e Edition*.

	<i>Golf Last Edition</i>	<i>e-Golf</i>
Potència motor	96 kW	100 kW
Autonomia	-	275 km
Consum	5,6 l/100km	15,4 kWh/100km
Preu de compra	23.460 €	32.990 €

Taula 25. Característiques rellevants dels models Golf Last Edition i e-Golf [30].

8.4.2. Metodologia de càlcul

En aquest subapartat es defineix la metodologia del càlcul realitzat per l'obtenció del cost al llarg de la vida útils dels turismes en qüestió.

$$Cost\ anual_i = consum\ anual_i \cdot preu\ energètic_i \quad (\text{Eq. 18})$$

$$Consum\ anual_i = \overline{Consum}_i \cdot \overline{Distancia\ anual} \quad (\text{Eq. 19})$$

$$Cost\ total_i = Cost\ compra_i + Cost\ anual_i \cdot \overline{Vida\ útil} \quad (\text{Eq. 20})$$

$$TR = \frac{Inversió\ extra}{Estalvi\ anual} \quad (\text{Eq. 21})$$

On:

i: model de turisme.

Cost anual_i: Cost anual de desplaçament del vehicle i (€)

Consum anual_i: Consum anual del vehicle i considerant els 18.033 km anuals (l) o (kWh).

preu energètic_i: Preu energètic de la font utilitzada pel vehicle i, ja sigui gasolina (€/l) o electricitat (€/kWh). En el càlcul es considera constant al llarg del temps, sense contemplar les possibles fluctuacions.

\overline{Consum}_i : Consum mig del vehicle i (l/km) o (kWh/km).

$\overline{Distancia\ anual}$: Distància mitjana anual recorreguda pels automòbils (km).

Cost total_i: Cost total al llarg de la vida útil del vehicle i.

Cost compra_i: Cost de compra del vehicle i.

$\overline{Vida\ Útil}$: Vida útil mitjana d'un turisme (anys).

TR: Temps de retorn de la inversió extra de comprar el vehicle elèctric enlloc del convencional (anys).

Inversió extra: Inversió extra en la compra del vehicle elèctric enlloc del convencional (€).

Estalvi anual: Estalvi econòmic anual associat als desplaçaments dels turismes convencionals davant els elèctrics (€)

8.4.3. Resultats

Seguint les consideracions i els càlculs exposats, s'obtenen els resultats de les taules 26 i 27.

La compra d'un *Corsa-e Edition* enlloc d'un *Corsa Edition* implica un increment de cost de gairebé el doble, tant respecte el de motor de dièsel (13.000 €) com el de gasolina (14.900€).

D'altra banda l'estalvi anual respecte el dièsel és força menor (658 €) que l'estalvi respecte el de gasolina (1.033 €). Aquest fet és degut al baix cost del combustible dièsel i al baix consum del motor del turisme en qüestió. El cost de recórrer 100 km resulta ser de 1,34 € per l'elèctric, de 4,97 € pel dièsel i de 7,06 € pel de gasolina.

El cost acumulat al cap dels 15,45 anys de vida útil determina que la compra d'un *Corsa-e Edition* no és rendible respecte un *Corsa Edition* dièsel, però sí respecte un *Corsa Edition* gasolina.

En tot cas, els preus finals dels tres models prenen valors molt semblants i no es poden concloure avantatges o inconvenients econòmics notables.

	<i>Corsa Editon</i> Dièsel	<i>Corsa Edition</i> Gasolina	<i>Corsa-e</i> <i>Edition</i>	Estalvi resp. dièsel	Estalvi resp. gasolina
Cost compra (€)	16.600	14.700	29.600	-13.000	-14.900
Cost anual (€)	898	1.273	241	658	1.033
Cost total (€)	30.487	34.387	33.320	-2.833	1.067
Temps retorn (anys)				19,77	14,43

Taula 26. Resultats de l'anàlisi econòmic dels models d'Opel.

Pel que fa al preu de compra, l'*e-Golf* representa un cost extra de 9.530 €. Per contra, durant la mobilitat, el vehicle elèctric representa un estalvi mig anual de 1.053€, ja que el consum elèctric és molt més econòmic que el de gasolina. En aquest cas, recórrer 100 km implica uns 1,23 € per l'*e-Golf* i uns 7,06 € pel *Golf Last Edition*.

Al llarg de la vida útil es calcula que l'*e-Golf* representa un estalvi total de 6.747€. Així doncs, la inversió extra deguda a la compra del turisme elèctric en qüestió es recupera al cap de 9 anys.

	<i>Golf Last Edition</i>	<i>e-Golf</i>	Estalvi
Cost compra (€)	23.460	32.990	-9.530
Cost anual (€)	1.273	221	1.053
Cost total (€)	43.147	36.400	6.747
Temps retorn (anys)			9,05

Taula 27. Resultats de l'anàlisi econòmic dels models de Volkswagen.

Actualment, i seguint les consideracions anteriors, el cost que representa un turisme elèctric al llarg de la vida útil podria estar en la línia del cost que representa un combustible de combustió, o inclús ser inferior. Tot i això, els càlculs tenen molts condicionants i moltes possibles fluctuacions al llarg del temps, de manera que no es poden treure conclusions clares.

Conclusions

Actualment les emissions associades al transport a Espanya representen al voltant del 30% del total d'emissions de diòxid de carboni i segons el Pla Nacional Integrat d'Energia i aquestes s'haurien de reduir un 31%.

Més de la meitat de les emissions relacionades amb el transport són degudes a la circulació de cotxes, concretament unes 50,5 MtCO₂. A més a més, la producció de turismes destinats a Espanya estaria suposant al voltant de 7 MtCO₂ anuals.

Es preveu que en els propers anys, el sistema automobilístic evolucioni progressivament fins a obtenir un parc de vehicles totalment elèctric a partir del 2050. Aquesta previsió es sosté principalment per l'esperada caiguda dels preus de les bateries, que anivellaria els preus de compra dels vehicles elèctrics amb els de combustió, juntament amb mesures d'impuls del vehicle elèctric.

Actualment, la compra d'un vehicle elèctric suposa un sobrecost econòmic molt important si es compara amb un vehicle de dièsel o gasolina. Per contra, el cost que suposa realitzar trajectes amb un turisme elèctric és molt més econòmic que el cost per mitjà de carburants. D'aquesta manera, el cost total que representa un turisme elèctric al llarg de la vida útil podria estar en la línia del cost que representa un turisme de combustió. El problema és que la inversió inicial suposa un sobreesforç econòmic molt important que pocs usuaris estan disposats a assumir.

En un futur proper, es preveu que el preu de les bateries caigui, i d'aquesta manera s'anivellin els preus de compra dels vehicles elèctrics amb els convencionals. D'altra banda, s'espera una pujada dels preus elèctrics degut a l'increment d'impostos, que implicaria un major cost relacionat amb les recàrregues que a dia d'avui. Amb aquestes condicions, els usuaris ja no haurien de comprar els vehicles a un preu tant elevat i s'espera que cada vegada més gent opti per renovar el seu vehicle per un d'elèctric.

El Pla Nacional d'Energia i Clima presenta un seguit de mesures i línies d'actuació amb l'objectiu d'impulsar el vehicle elèctric. Aquestes inclouen el desplegament de la infraestructura de recàrrega pública juntament amb ajudes econòmiques i fiscals amb l'objectiu d'incentivar l'ús de vehicles elèctrics.

Així doncs, es preveu un nou panorama de transport, que provocaria una enorme caiguda de la demanda en carburants compensada amb un fort augment de la demanda elèctrica. Aquest canvi suposaria afectacions socials, econòmiques i ambientals.

Per una banda la societat s'hauria d'adaptar a un nou model de mobilitat, amb una autonomia molt més limitada i recàrregues lentes a "electrolineres" o pàrquings privats. Amb una equiparació dels

preus de compra dels turismes elèctrics amb els convencionals, els consumidors es podrien veure beneficiats econòmicament.

D'altra banda el consum d'hidrocarburs aniria disminuint provocant grans afectacions al sector. A més a més, la recaptació de fons públics en aquest sector es veuria molt reduïda i es preveu un augment dels impostos relacionats amb l'electricitat.

La incorporació massiva de vehicles elèctrics també afectaria fortament el sector elèctric. S'estima un progressiu increment anual de la demanda elèctrica fins a augmentar al voltant d'un 24% respecte la demanda actual, quan la totalitat dels cotxes siguin elèctrics.

Amb una gestió intel·ligent en la càrrega dels vehicles, és a dir, realitzant càrregues majoritàriament lentes i durant les hores de menys demanda elèctrica, s'aconseguirien evitar els pics de demanda en hores concretes.

La generació elèctrica d'Espanya encara és molt contaminant i els recursos renovables no s'estan aprofitant suficientment. La generació elèctrica a Espanya l'any 2018 va suposar més de 64 MtCO₂. Només el 38% de l'electricitat generada provenia de fonts renovables i cada GWh generat va suposar de mitjana d'emissió de 246 tones de diòxid de carboni. Caldrà veure com evoluciona la producció elèctrica en el futur.

Per últim, la incorporació de cotxes elèctrics representaria una reducció d'emissions de CO₂. En el present treball s'ha estimat que la reducció seria del voltant del 24% en el sector automobilístic. Tot i això podria ser molt més accentuada, concretament del 55%, si a més a més el mix de generació elèctric fos 100% renovable.

És necessari destacar que, en els càlculs realitzats, s'han tingut en compte les emissions produïdes en la fabricació dels vehicles. Aquestes dades són estimades però prou destacables, ja que la fabricació d'un cotxe requereix d'una cadena logística molt extensa. Inclouria l'extracció de metalls, el gas i l'electricitat utilitzada per la fabricació dels diversos components, el muntatge d'aquests i el transport.

És cert que les emissions associades a la fabricació dels turismes es veurien reduïdes amb una generació elèctrica més renovable. Però aquest treball no ha contemplat aquest aspecte, ja que és molt difícil de quantificar.

En termes generals, la nova forma de mobilitat elèctrica anirà acompanyada d'un futur molt incert. Tot apunta que com a societat ens adaptarem progressivament a aquest nou panorama i que tindrà efectes econòmics que s'aniran ajustant. La mobilitat elèctrica contribuirà en una disminució de les emissions de diòxid de carboni. Per tal de disminuir les emissions al màxim, serà fonamental que la generació elèctrica sigui d'origen renovable.

Pressupost

A continuació es presenten els costos econòmics associats al desenvolupament del projecte.

La realització del Treball de Final de Grau per part de l'estudiant ha suposat una inversió de 615 hores implicant un cost econòmic de 22.140 €.

Data inici	9 de setembre del 2019
Data finalització	27 d'abril de 2020
Dies treballats	205 dies
Hores treballades diàries	3 hores
Total hores	615 hores
Cost/hora enginyeria	36 €/hora [31]
Cost Total	22.140 €

Taula 28. Cost associat a la realització del Treball de Final de Grau.

A més a més, s'han considerat costos menys representatius com el transport, el material d'oficina i el consum elèctric associat a l'elaboració del treball.

Transport	20 €
Material d'oficina	50 €
Consum elèctric*	5 €
Cost Total	75 €

Taula 29. Altres costos associats al Treball de Final de Grau.

*Es considera el terme d'energia de la factura elèctrica amb un cost de 0,139406 €/kWh. Es comptabilitza l'ús d'un ordinador portàtil i dues llums LED amb un consum mig de 60 Wh per cada hora dedicada.

Així doncs el pressupost total del projecte considerant el corresponent Impost del Valor Afegit (IVA) és de 11.253 €.

Realització del Treball de Final de Grau	22.140 €
Altres costos	75 €
Cost base (sense IVA)	22.215 €
Cost Total (21% IVA)	26.880 €

Taula 30. Desglossament del pressupost.

Bibliografia

- [1] *Series històriques, tablas estadísticas y anuarios*. Base de dades històriques de la Direcció General de Tràfic (DGT). Disponible a: <http://www.dgt.es/es/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/>
- [2] *Análisis sobre los kilómetros anotados en las ITV*. Direcció General de Tràfic (DGT), 2018. Disponible a: <http://www.dgt.es/es/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/publicaciones/infografias/analisis-km-itv.shtml>
- [3] *Arval Mobility Observatory: Estudios, análisis, previsiones y tendencias de la movilidad*. Arval Grupo BNP Paribas, 2019. Publicat anualment des de 2008. Disponible a: <https://www.arval.es/sobre-arval/cvo>
- [4] Greenhouse Gas Inventory Data - Detailed data by Party. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Disponible a: https://di.unfccc.int/detailed_data_by_party
- [5] *Estimation of CO₂ Emissions of Internal Combustion Engine Vehicle and Battery Electric Vehicle Using LCA*. Hiroshima / Tokyo: R. Kawamoto, H. Mochizuki, Y. Moriguchi, T. Nakano, M. Motohashi, Y. Sakai i A. Inaba, 2019. Disponible a: https://www.researchgate.net/publication/333046826_Estimation_of_CO2_Emissions_of_Internal_Combustion_Engine_Vehicle_and_Battery_Electric_Vehicle_Using_LCA
- [6] *Electric vehicles from life cycle and circular economy perspectives*. Luxemburg: Transport and Environment Reporting Mechanism (TERM) report. European Environment Agency (EEA), 2018. Publicat anualment. Disponible a: <https://www.eea.europa.eu/publications/electric-vehicles-from-life-cycle>
- [7] *Guía de movilidad eléctrica para entidades locales*. Red Eléctrica España (REE) y Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP) con colaboración del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), 2019. Disponible a: <https://www.ree.es/es/publicaciones/sostenibilidad-y-medio-ambiente/sostenibilidad/guia-de-movilidad-electrica-para-entidades-locales>
- [8] *Informe del Sistema Eléctrico Español 2018*. Red Eléctrica de España (REE), 2019. Publicat anualment des de 1985. Disponible a: <https://www.ree.es/es/datos/publicaciones/informe-anual-sistema/informe-del-sistema-electrico-espanol-2018>
- [9] *Si hay energía para todos los vehículos eléctricos*. Endesa. Disponible a: <https://endesavehiculoelectrico.com/si-hay-energia-para-todos-los-vehiculos-electricos/>
- [10] *Simulador de recarga del vehículo eléctrico*. Red Eléctrica de España. Plataforma interactiva disponible a: <https://www.ree.es/sites/all/SimuladorVE/simulador.php>
- [11] *Guía El vehículo eléctrico para flotas*. AEGFA con el apoyo del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), 2012. Disponible a:

- https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_12144_G003_VE_para_flotas_2012_f3176e30.pdf
- [12] *Observatorio del Vehículo Eléctrico y Movilidad Sostenible*. Universidad Pontificia Comillas. Disponible a: <https://evobservatory.iit.comillas.edu/#easy-footnote-bottom-6-224>
- [13] *Jordi Sevilla (REE) "Si todos los eléctricos se enchufan a la vez, no se van a fundir los 'plomos'"*. Madrid: Félix García (El Mundo), Miércoles, 19 diciembre 2018. Disponible a: <https://www.elmundo.es/motor/2018/12/19/5c1a25f6fc6c8343418b45f6.html>
- [14] *Borrador actualizado del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030*. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), 20 de enero de 2020. Disponible a: <https://www.idae.es/informacion-y-publicaciones/plan-nacional-integrado-de-energia-y-clima-pniec-2021-2030>
- [15] *Principales elementos del acuerdo de París*. Ministerio para la Transición Ecológica y el reto Demográfico del Gobierno de España. Disponible a: <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/el-proceso-internacional-de-lucha-contra-el-cambio-climatico/naciones-unidas/elmentos-acuerdo-paris.aspx>
- [16] *The Paris Agreement*. United Nations Framework Convention on Climate Change. Disponible a: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>
- [17] *Termodinámica: 10-9 Ciclos de potencia combinados de gas y vapor*. Yunes A Çengel, Michael A. Boles, Séptima edición.
- [18] *Libro de la Energía en España 2017*. Ministerio para la Transición Ecológica. Disponible a: <https://energia.gob.es/balances/Balances/LibrosEnergia/Libro-Energia-2017.pdf>
- [19] *Informe marco sobre la demanda de energía eléctrica y gas natural y su cobertura*. Comisión Nacional de Energía, 2001. Disponible a: https://www.cnmc.es/sites/default/files/1574903_11.pdf
- [20] *La solución Para alargar la vida útil de las baterías de los coches eléctricos está en la nube*. La Vanguardia Motor, 22/07/2019. Disponible a: <https://www.lavanguardia.com/motor/innovacion/20190722/463527372772/software-inteligente-nube-bosch-alarga-vida-bateria-coche-electrico.html>
- [21] *Qué cuesta más: un coche eléctrico, un gasolina, uno de gas, un diésel o uno de hidrogeno*. ABC Reportajes, 29/04/2019. Disponible a: https://www.abc.es/motor/reportajes/abci-cuesta-mas-coche-electrico-gasolina-diesel-o-hidrogeno-201811141406_noticia.html
- [22] *El precio de las baterías dejará de ser un 'lastre' para el coche eléctrico en 2024*. Eldiario.es, 12/12/2019. Disponible a: https://www.eldiario.es/motor/hibridos_y_electricos/precio-baterias-dejara-lastre-electrico_0_973253530.html

- [23] *¿Subirán los impuestos a la electricidad cuándo se generalice el coche eléctrico?*. Agenda Pública El País, 12/07/2019. Disponible a: <http://agendapublica.elpais.com/subiran-los-impuestos-a-la-electricidad-cuando-se-generalice-el-coche-electrico/>
- [24] *Ley 38/1992, de 28 de diciembre, de Impuestos Especiales*. Boletín Oficial del Estado. Disponible a: <https://www.boe.es/buscar/pdf/1992/BOE-A-1992-28741-consolidado.pdf>
- [25] *¿Qué mantenimiento tiene un Vehículo Eléctrico?*. Opel. Disponible a: <https://www.opel.es/acerca-de-opel/noticias-opel/2020/mantenimiento-coche-electrico.html>
- [26] *Mantenimiento del coche eléctrico: la sustitución de una batería cuesta de media 11.416 euros, pero puede llegar a los 20.000*. ElEconomista.es. Disponible a: <https://www.economista.es/ecomotor/motor/noticias/10003736/07/19/Mantenimiento-del-coche-electrico-la-sustitucion-de-una-bateria-cuesta-de-media-11416-euros-pero-puede-llegar-a-los-20000-.html>
- [27] *Tarifa One Luz Nocturna*. Endesa. Disponible a: <https://www.endesa.com/es/luz-y-gas/luz/one/one-luz-nocturna>
- [28] *Evolución del precio de la gasolina 95 y del gasóleo A*. Clickgasoil. Disponible a: <https://www.clickgasoil.com/c/evolucion-del-precio-gasoleo-a>
- [29] *Modelos Opel Corsa*. Opel. Disponible a: <https://www.opel.es/coches/gama-corsa/corsa/resumen.html>
- [30] *Modelos Volkswagen Golf*. Volkswagen. Disponible a: <https://www.volkswagen.es/es/modelos-configurador/e-golf.html>
- [31] *Tarifas de Trabajos de Peritación*. AB Ingeniería Civil. Disponible a: http://www.abingenieriacivil.es/index.php?option=com_k2&view=itemlist&layout=category&task=category&id=33&Itemid=127