

# INNOVACIÓ, TRANSICIÓ ENERGÈTICA I APLICACIÓ D'ENERGIA SOSTENIBLE EN MODELS DE MOBILITAT DE TRANSPORT QUOTIDIANS: COTXE ALIMENTAT PER ENERGIA SOLAR

2º Batxillerat B, Científic -Tecnològic



Treball de recerca de Batxillerat  
Curs 2023-24





**“La tecnologia és important, però l’únic que realment importa és què fem amb ella”<sup>1</sup>**

**Muhammad Yunus**

---

<sup>1</sup> Imatge i cita extretes de: <https://www.frases.net/frases-sobre-la-tecnologia-796.html> [data de consulta: 12 de desembre de 2023].

## Agraïments

Una bona carrera de kàrting necessita entrenament constant, assessorament tècnic i esportiu per arribar a uns bons resultats dins de la classificació. De la mateixa manera, tot el procés d'elaboració del meu treball de recerca no hauria arribat a una bona posició en el pòdium sense l'ajuda d'un grup de professionals –dins de l'àmbit de la tecnologia, la física i l'estadística– i d'un grup estret de persones del meu entorn familiar. Per aquest motiu, vull expressar unes paraules de gratitud a tots ells.

En primer lloc, vull expressar el meu agraïment a l'assessorament obtingut per part dels professors Daniel Campos i Xavier Álvarez, del grup de recerca del Departament de Física de la Universitat Autònoma de Barcelona. Ha sigut una gran sort trobar-vos en el camí de la meva recerca, des del curs d'estiu del 2023. Arran del nostre primer contacte, vam poder establir una col·laboració més estreta dins del Programa Argó, per l'elaboració d'aquest treball de recerca, que curiosament el seu tema encaixava amb les línies del vostre projecte *Del Euro al Joule*. Valoro molt positivament les reflexions dels divendres a la tarda, quan venia a explicar-vos els meus dubtes i vosaltres em proporcionàveu moltes més idees i em convidàveu a obrir la meva ment per justificar tots els meus càlculs. M'ha agradat molt compartir amb vosaltres l'interès pel tema del meu TR, la transició energètica, i m'heu fet entendre que encara queda molt camí per recórrer, malgrat que des dels mitjans de comunicació, sembla que tot sigui més fàcil.

En segon lloc, vull donar les gràcies al professorat del meu centre, al meu tutor del treball de recerca i al meu professor de Física per resoldre'm els dubtes sobre els càlculs físics de la part pràctica. També al meu tutor personal per encoratjar-me a fer sempre bé la feina.

En tercer lloc, vull agrair l'ajuda rebuda pel meu amic, estudiant de Batxillerat Artístic, que ha realitzat el logo del prototip del meu cotxe, el qual li dona un toc de personalitat, relacionat amb la nostra infància.

Finalment, vull expressar i cridar un gràcies molt gran als meus familiars, especialment als meus pares, que m'han recolzat en tot moment i m'han ajudat en tot el que han pogut. Gràcies a ells sé que és necessari esforçar-se per assolir molts reptes.

Per tant, sense totes aquestes persones anomenades, aquest treball no hagués sigut el que és. Així que puc dir que en aquest treball hi ha una petita part de tots vosaltres.



## **Resum:**

El treball de recerca *Innovació, transició energètica i aplicació d'energia sostenible en models de mobilitat de transport quotidians: cotxe alimentat per energia solar* pretén, com a objectiu final, dissenyar un prototip de vehicle que funcioni amb energia fotovoltaica. De manera complementària, l'estudi vol contribuir en el procés de transició energètica que està experimentant el sector de l'automoció. En el context actual d'emergència climàtica, la hipòtesi que es deriva d'aquest objectiu es formula amb la següent pregunta: seria possible incorporar l'energia solar en la construcció dels cotxes i de qualsevol mitjà de transport?

Des d'un punt de vista metodològic, per poder assolir els objectius del TR i donar resposta a la hipòtesi, es realitza una anàlisi contrastiva dels càlculs físics sobre el consum energètic entre el prototip de cotxe solar i dos cotxes reals del mateix model Mini Countryman (un amb motor de benzina i l'altre amb motor elèctric) amb la intenció de determinar si aquest tipus de disseny de cotxe amb plaques solars és viable per extrapolar-ho a la construcció dels vehicles reals.

Entre els resultats més destacats del TR, es confirma que no es pot construir un cotxe solar real amb panells fotovoltaics, com a únic sistema d'energia perquè les dimensions de les plaques que s'haurien d'afegir al cotxe ocuparien una gran superfície. No obstant això, sí que seria viable construir microvehicles amb energia solar, com patinets o bicicletes. Per tant, tots aquests resultats confirmen un estat encara prematur de la transició energètica en el nostre present en què cal apostar per la recerca i l'evolució tecnològica en els sistemes de mobilitat a partir de l'ús d'energies renovables.

**Paraules clau:** energies renovables, consum energètic, placa fotovoltaica, transició energètica, vehicle elèctric.

## **Abstract**

The research work *Innovació, transició energètica i aplicació d'energia sostenible en models de mobilitat de transport quotidians: cotxe alimentat per energia solar*, aims, as a final objective, to design a prototype vehicle that works with photovoltaic energy. In a complementary way, the study aims to contribute to the energy transition process that the automotive sector is undergoing. In the current context of climate emergency, the hypothesis derived from this objective is formulated with the following question: would it be possible to incorporate solar energy in the construction of cars and any means of transport?

From a methodological point of view, in order to achieve the objectives of the TR and to give an answer to the hypothesis, is carried out with a contrastive analysis of the physical calculations on the energy consumption between the solar car prototype and two real cars of the same Mini Countryman model (one with a

gasoline engine and the other with an electric engine) with the intention of determining whether this type of car design with solar panels is viable in order to extrapolate it to the construction of real vehicles.

Among the most outstanding results of the TR, it is confirmed that it is not possible to build a real solar car with photovoltaic panels as the only energy system because the dimensions of the plates that would have to be attached to the car would occupy a large surface. However, it would be feasible to build solar-powered micro-vehicles, such as skateboards or bicycles. Therefore, all these results confirm the still premature state of the energy transition in our present, in which it is necessary to bet on research and technological evolution in mobility systems based on the use of renewable energies.

**Keywords**

Renewable Energies, Energy Consumption, Photovoltaic Panels, Energy Transition, Electric Vehicles.

## ÍNDEX<sup>2</sup>

|  |           |
|--|-----------|
| <b>I. INTRODUCCIÓ.....</b>   | <b>9</b>  |
| <b>II. MARC TEÒRIC.....</b>  | <b>15</b> |
| <b>1. La transició energètica al segle XXI.....</b>  | <b>15</b> |
| <b>2. Energia fotovoltaica.....</b>  | <b>19</b> |
| 2.1. Definició.....  | 19        |
| 2.2. El Sol: què és i quanta energia desprèn.....  | 21        |
| 2.3. La tecnologia implicada a les plaques fotovoltaïques.....   | 23        |
| 2.3.1. Components dins d'una instal·lació solar.....   | 27        |
| 2.3.1.a Plaques o panells fotovoltaïcs.....  | 27        |
| 2.3.1.b Conversor o inversor.....  | 29        |
| 2.3.1.c Les bateries.....  | 29        |
| <b>3. Els vehicles motoritzats.....</b>  | <b>30</b> |
| 3.1. Definició i història.....   | 30        |
| 3.2. Tipus de motors (combustió, híbrids, elèctrics, solars, dièsel.....)  | 33        |
| 3.3. Els vehicles elèctrics.....   | 34        |
| 3.3.1. Tipus de vehicles elèctrics.....  | 38        |
| 3.3.2. Materials pels quals estan formats i preus.....   | 38        |
| <b>4. Els vehicles motoritzats amb energia fotovoltaica.....</b>   | <b>39</b> |
| 4.1. Estat de la qüestió: tecnologia a partir de l'energia fotovoltaica.....   | 40        |
| <b>III. MARC PRÀCTIC.....</b>  | <b>45</b> |
| <b>1. Elaboració d'un prototip de vehicle impulsat per un motor elèctric i alimentat per energia fotovoltaica.....</b>                             | <b>45</b> |
| 1.1. Descripció dels components.....   | 46        |
| 1.2. Registre de les dades de consum en un moviment rectilini uniforme...  | 47        |
| <b>2. De l'Euro al Joule: projecte de recerca de la UAB.....</b>   | <b>50</b> |
| <b>3. Anàlisi contrastiva del consum energètic del prototip de cotxe híbrid (amb energia solar) i d'un cotxe real (amb energia elèctrica).....</b> | <b>56</b> |
| 3.1. Càlculs de consum obtinguts amb el cotxe prototip híbrid solar.....   | 58        |
| 3.2. Càlculs amb el cotxe gran: Mini Countryman (motor benzina) i Mini Countryman (motor elèctric).....  | 61        |
| 3.2.1. Mini Countryman (motor benzina).....  | 61        |
| 3.2.2. Mini Countryman (motor elèctric).....   | 62        |
| 3.3. Contrast dels resultats i verificació de la hipòtesi.....   | 64        |
| <b>IV. CONCLUSIONS.....</b>  | <b>66</b> |
| <b>V. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES.....</b>   | <b>69</b> |
| <b>VI. ANNEXOS.....</b>  | <b>73</b> |
| ANNEX 1. Afició per l'automobilisme.....   | 73        |

---

<sup>2</sup> D'acord amb el sistema de lliurament digital del TR en un document PDF, l'índex s'ha elaborat amb un format hipervinculat als diferents apartats (nivells i subnivells) del TR amb la finalitat de facilitar la lectura i la seva consulta al tribunal.

|  |    |
|--|----|
| ANNEX 2. Procés de muntatge del cotxe prototip solar.....  | 78 |
| ANNEX 3. Càlculs del prototip de cotxe solar.....  | 80 |
| ANNEX 4: Imatges dels experiments que m'han permès arribar als càlculs de les fórmules físiques..... | 81 |
| 4.1. Imatges del treball dut a terme per fer els càlculs de velocitat del cotxe prototip solar.....  | 81 |
| 4.2. Imatges del registre de dades sobre l'experiment de la radiació.....                            | 82 |

## I. INTRODUCCIÓ

Des de ben petit soc un apassionat del món del motor. Això em ve donat pel meu context familiar, ja que sempre he estat testimoni i un fidel seguidor de la competició esportiva de l'autocròs per part del meu avi patern, pare i tiet (veure annex 1). Més endavant, als deu anys vaig emprendre la meua carrera esportiva participant en el programa *Open Racc*, com a pilot de kàrting. Per aquest motiu, tenia clar que el tema del meu treball de recerca havia d'estar relacionat amb la meua afició per les quatre rodes.

Darrere d'un vehicle s'amaga tot un procés creatiu: disseny dels exteriors i acabats, composició dels compartiments interiors, tecnologia aplicada a la construcció dels components mecànics, tipus de motors... Precisament, aquest últim punt, el motor, és el que avui en dia en el sector de l'automoció està experimentant una notable i significativa transformació: davant dels motors clàssics de combustió fòssil estan sorgint noves alternatives, com els motors híbrids o elèctrics. Aquest escenari ha vingut impulsat per l'actual situació d'emergència climàtica, que s'està experimentant a escala global, on sembla ser que el sistema energètic tradicional, caracteritzat per l'ús de combustibles fòssils, està evolucionant cap a un procés de transició energètica on han de formar part models de generació i de consum ecològics que respectin el medi ambient.

Segons el context anterior, el treball de recerca *Innovació, transició energètica i aplicació d'energia sostenible en models de mobilitat de transport quotidians: cotxe alimentat per energia solar* pretén, com a objectiu final, dissenyar un prototip de vehicle que funcioni amb noves energies renovables; en aquest cas, s'aposta per un model de transport impulsat per un motor elèctric i alimentat per energia solar, en concret, fotovoltaica. Aquesta idea m'ha sorgit perquè faig servir un rellotge esportiu de la marca Garmin que s'alimenta per energia elèctrica i es complementa amb energia captada pel sol. El rellotge disposa al seu interior d'una estructura de làmines solars molt petites. El resultat és que gràcies al sistema solar, l'usuari del rellotge pot gaudir de més dies d'autonomia (quinze dies) sense haver de carregar diàriament la bateria, com passa amb altres marques de rellotge intel·ligents. Si l'aposta per l'energia solar l'enllacem amb la preocupació del moment d'emergència climàtica que estem experimentant, aquest propòsit s'emmarca amb l'Agenda 2030 i els seus disset objectius de desenvolupament sostenible, coneguts com a Objectius ODS, que es van determinar a l'Assemblea General de les Nacions Unides<sup>3</sup>. El tema de la nostra recerca té relació amb l'objectiu ODS número 7 Energia neta i assequible: "Garantir l'accés a una energia assequible, segura, sostenible i moderna per a totes les persones", que pretén les següents línies d'actuació:

---

<sup>3</sup> Informació procedent de la pàgina web següent: <https://www.diba.cat/web/ods/que-son-els-ods> [data de la consulta: 30 juny de 2023].

Aquest objectiu aborda aspectes relacionats amb garantir l'accés universal a serveis d'energia nets, assequibles, fiables i moderns. D'altra banda, i considerant l'actual context de canvi climàtic, aquests aspectes han de sumar-se, necessàriament, a l'augment de la proporció d'energies renovables, l'eficiència energètica, la investigació i la promoció de la inversió en infraestructures energètiques i tecnologies netes<sup>4</sup>.

De manera complementària, els ODS número 9, 11, 12 i 13 també es vinculen al nostre treball de recerca:

ODS 9: Construir infraestructures resilients, promoure la industrialització inclusiva i sostenible i fomentar la innovació

ODS 11: Aconseguir que les ciutats i els assentaments humans siguin inclusius, segurs, resilients i sostenibles

ODS 12: Garantir modalitats de consum i producció sostenibles

ODS 13: Adoptar mesures urgents per a combatre el canvi climàtic i els efectes d'aquest.

Així, doncs, a la figura 1 s'esquematitzen tots els ODS que tenen relació amb el tema de TR:



Figura 1: ODS que es relacionen amb el tema del TR *Innovació i aplicació d'energia sostenible en models de mobilitat quotidians*

Per tal d'aconseguir l'objectiu del nostre TR de dissenyar un prototip de vehicle que funcioni amb noves energies renovables, com la fotovoltaica, en una primera fase cal formular-nos una sèrie de preguntes de recerca per delimitar les línies de l'estudi:

1. El sistema solar dels rellotges Garmin que són un exemple d'energia neta i que no ocupa espai podria desenvolupar-se per aplicar-se a altres objectes?
2. Com funciona l'energia solar en un rellotge Garmin?
3. L'espai de superfície solar del rellotge és petita, en canvi, la superfície d'altres objectes com patinets o bicicletes és més gran, per tant, seria viable aplicar-ho: a més espai més energia per emmagatzemar?
4. La potència i l'energia dels mitjans de transports és més gran que la del rellotge: llavors serviria aquest sistema o s'haurien de pensar amb altres sistemes?

<sup>4</sup> Cita directa extreta de <https://www.diba.cat/web/ods/energia-neta-i-assequible>.

5. Quins elements i materials té una placa solar, com funciona i com es fabrica?
6. Quanta energia podríem emmagatzemar en cada vehicle (bicicleta, patinet, cotxe...)? Quina autonomia podríem arribar a disposar (quants quilòmetres podríem fer amb aquesta energia emmagatzemada)?
7. Quins materials s'han d'utilitzar per fabricar aquest prototip de plaques solars i quin seria el possible impacte mediambiental que poden causar aquests materials de cara al futur?
8. En funció del rendiment energètic, seria totalment necessari incorporar plaques fotovoltaïques a un vehicle? O bé seria millor carregar el vehicle amb energia solar renovable en una estació de càrrega solar fotovoltaïca, tipus fotolineres, com ja es fa en algunes ciutats amb els patinets (Sevilla)<sup>5</sup>?
9. Tots els cotxes elèctrics contaminen el mateix en funció de l'origen de l'energia que es fan servir per carregar-los?
10. Quin preu tindria aquest tipus de vehicle elèctric alimentat per energies renovables per poder comercialitzar-se?

Totes aquestes preguntes ens permeten concretar l'enfocament i delimitar un pla de desenvolupament de la recerca on, probablement, caldrà analitzar els objectius de la recerca, la viabilitat de la nostra hipòtesi i la metodologia establerta per aconseguir l'objectiu final de la recerca, plantejat en les pàgines anteriors.

En concret, al plantejar el treball ens ha sorgit la següent hipòtesi. Com es mostra en molts estudis (Jutglar 2004, López Villanueva 2007, Neches Olaso 2010, Pulla i Escobar 2014, Riba Romeva 2011, Rieradevall 2009, Roldan Vilorio 2013), l'escenari actual d'emergència climàtica requereix l'aparició de noves energies renovables i sostenibles pel medi ambient perquè els combustibles fòssils s'esgotaran en un termini d'aproximadament de cinquanta anys. Un dels primers canvis és la creació de ciutats sostenibles on es poden visualitzar plaques fotovoltaïques en les teulades de les cases i edificis urbans. Per tant, la hipòtesi que plantejo en aquest TR es formula amb la següent pregunta: seria possible incorporar l'energia solar en la construcció dels cotxes i de qualsevol mitjà de transport? Pel fet que el Sol ens proporciona una gran quantitat d'energia, l'objectiu que es deriva d'aquesta hipòtesi és presentar un disseny experimental que consisteixi en la construcció d'un prototip de cotxe solar que s'alimentaria d'energia elèctrica, gràcies a una placa fotovoltaïca que portaria incorporada al sostre del vehicle.

Des d'un punt de vista metodològic, per poder aconseguir portar a terme els objectius del TR i poder arribar a uns resultats on es pugui resoldre la hipòtesi

---

<sup>5</sup> Informació extreta de:

<https://www.sevilla.org/actualidad/noticias/2021/sevilla-pone-en-marcha-el-servicio-de-alquiler-de-patinetes-electricos-con-2-000-unidades-y-mas-de-200-puntos-de-estacionamiento-habilitados-en-la-via-publica> [data de la consulta: 15 juliol de 2023].

principal descrita al paràgraf anterior, en primer lloc, he llegit la bibliografia més significativa sobre el tema del meu TR<sup>6</sup> i els conceptes més rellevants, com la *transició energètica*, el funcionament de les *plaques solars*, el funcionament dels *vehicles motoritzats*, saber quins estudis experimentals s'han realitzat sobre l'energia solar aplicada a la construcció de vehicles i conèixer quins càlculs s'han de realitzar per estudiar l'eficiència energètica. En segon lloc, a partir de la construcció d'un prototip de cotxe elèctric alimentat per energia solar caldrà comprovar, amb una anàlisi contrastiva, si aquest tipus de disseny solar és viable per extrapolar-ho a la construcció dels vehicles reals que tots nosaltres en un futur podríem fer servir. Gràcies a l'assessorament obtingut per part del grup de recerca del departament de Física de la Universitat Autònoma de Barcelona, dirigit pels professors Daniel Campos i Xavier Álvarez, es realitzaran els càlculs d'eficiència energètica corresponents, per corroborar si el fet de construir un cotxe amb plaques fotovoltaïques és rendible, com a solució a la transició energètica aplicada als vehicles. Finalment i amb l'esmentada metodologia, s'espera poder establir una tesi al final de l'anàlisi per mitjà del contrast dels resultats aconseguits.

Una vegada plantejades la motivació, la justificació, les preguntes de recerca, la hipòtesi de la recerca i la metodologia, l'estructura del nostre TR s'ha organitzat en dos grans blocs. Per una banda, el treball es compon per un marc teòric de quatre apartats on es descriuen conceptes clau que influiran en l'anàlisi de l'estudi posterior: 1. La transició energètica al segle XXI; 2. L'energia fotovoltaïca; 3. Els vehicles motoritzats i 4. Els vehicles motoritzats amb energia fotovoltaïca. Per una altra banda, el segon bloc, correspon a la part pràctica. Aquesta es divideix en tres capítols que es corresponen amb la hipòtesi, plantejada anteriorment. En un primer apartat es descriuen els components de la maqueta de vehicle híbrid, que jo mateix he construït. Seguidament, al segon apartat, es presenta la metodologia d'anàlisi apresada al projecte de recerca *Del Euro al Joule* de la UAB. Finalment, al tercer apartat, es realitza un estudi analític a través dels càlculs físics realitzats en la trajectòria del moviment rectilini uniforme del prototip construït, que es contrastarà amb les dades aplicades a dos cotxes reals del mateix model, però en diferent motor (un en motor benzina i un en motor elèctric), per comprovar la viabilitat en el rendiment energètic d'un sistema de vehicle alimentat per plaques fotovoltaïques. Aspectes com la massa i la forma del cotxe seran determinants en aquest estudi contrastiu entre un cotxe prototip de 30 cm i un vehicle real de 429,9 cm.

Al llarg del procés d'elaboració del TR s'han esdevingut algunes dificultats relacionades amb la complexitat d'alguns aspectes: àmplia bibliografia sobre el tema, múltiples idees que m'han aportat des de l'assessorament del Programa Argó, amb què he hagut de delimitar bé els objectius de la meua recerca, i dificultats a l'hora de formular els càlculs per saber relacionar-los amb la hipòtesi

---

<sup>6</sup> He fet una recerca d'estudis publicats sobre el tema al catàleg bibliogràfic de la Biblioteca de Ciències i Tecnologia de la UAB. També he aconseguit obres de referència gràcies a la plataforma bibliogràfica Dialnet.



del meu treball. A força de ser insistent i preguntar tot allò que no veia clar en un primer moment<sup>7</sup>, he pogut anar aclarint les idees i trobar un fil conductor que justifiqui l'anàlisi de les meves dades. De la mateixa manera, he pogut accedir a diferents idees per poder aplicar i enriquir al meu TR, algunes de les quals les he hagut de reservar per futurs estudis.

---

<sup>7</sup> En particular s'ha realitzat cinc reunions presencials amb els professors de la UAB i s'ha estat en contacte via correu electrònic. Aquesta col·laboració activa m'ha permès millorar successivament al llarg de tot el procés.



## II. MARC TEÒRIC

### 1. La transició energètica al segle XXI

L'home com a ésser civilitzat, socialitzat i culturitzat ha fet ús de la tècnica, en una primera fase primitiva amb el descobriment del foc, i de la tecnologia, en els últims tres segles. Gràcies als descobriments científics, una vegada que es van perfeccionar el processos per donar resposta i satisfer les seves necessitats quotidianes a través de la invenció de diferents aparells tecnològics. Al llarg de tota aquesta evolució, l'ésser humà ha sigut un consumidor d'energia: Sol, vent, carbó, gas, combustibles fòssils... Ara bé, totes aquestes fonts d'energia són infinites o bé tenen data de caducitat?

Per respondre bé aquesta pregunta, primer hem d'acotar breument el concepte d'*energia* i els seus tipus. Com afirma Roldán Vilorio (2013: 4) “se denomina *energía* a toda forma de *energía* disponible en la naturaleza, antes de ser convertida o transformada en otra *energía*”. Això significa que l'energia es troba en tots els elements de la natura a partir dels quals es realitzen activitats que s'anomenen *treball*, des d'una perspectiva física. Per exemple i seguint a Colino Martínez (2008: 6), l'energia s'utilitza en qualsevol activitat que parteix de la natura: “las estrellas brillan. El Sol calienta, la Tierra Gira. Los rayos restallan. El volcán erupciona. El aire sopla. El agua fluye. Las plantas florecen. Los peces nadan. Las aves vuelan. Los animales corren. El hombre trabaja. Las máquinas funcionan. La sociedad progresa”.

Els diferents tipus d'energia es classifiquen en dos grans grups, com s'exposa a Roldán Vilorio (2013: 18): *energías renovables* (són aquelles que mai s'esgotaran perquè una vegada consumides es renoven com, per exemple, el sol, vent, aigua...) i *energías no renovables* (una vegada consumides no tenen una segona vida útil i són finites) com, per exemple, el petroli, gas natural, energia nuclear i el carbó. Per tant i en resposta a la pregunta formulada anteriorment, les energies que tenen data de caducitat són les que pertanyen a aquest segon grup, les energies no renovables. Un fet que accelera la data de caducitat de les energies no renovables és l'ús massiu per part de l'home en els últims tres segles, com s'afirma en el llibre *El colapso es inevitable: La transición energética del siglo XXI* de Pulla i Escobar (2014:16):

El ser humano ha sido desde la prehistoria un consumidor de energía, pero el aumento exponencial de este consumo se ha producido durante los siglos XIX, XX y lo que llevamos de siglo XXI ¿Hasta cuándo podremos seguir consumiendo energía al ritmo que lo estamos haciendo hoy? Y yo añadiría, de la forma en que lo estamos haciendo en Europa, ¿hasta cuándo tendremos combustibles fósiles?

Aquesta problemàtica sobre l'exhauriment de les energies no renovables és una realitat, que es reflexa en moltes de les referències bibliogràfiques<sup>8</sup> consultades, que ve causat per un increment de la població que cada vegada necessita consumir un major nombre d'energia. Es coincideixen en posar com a data límit del petroli i del gas a l'any 2050 i del carbó al 2060, com bé ens adverteix Pulla i Escobar (2014: 23) en aquest fragment:

El petróleo, según sus datos, se agotará en los próximos treinta años y el gas y el uranio cinco años después. El único combustible fósil que perdurará hasta 2060 es el carbón, pero gastarlo implicaría un índice de contaminación incompatible con la vida humana. Y a todo ello habría que añadir el ascenso astronómico de los precios de la energía procedente de los combustibles fósiles previsible para los próximos años, con el consiguiente decrecimiento, a la fuerza, de nuestro modelo de bienestar.

A la següent gràfica es representa l'evolució que experimentaran en els pròxims anys les energies no renovables:

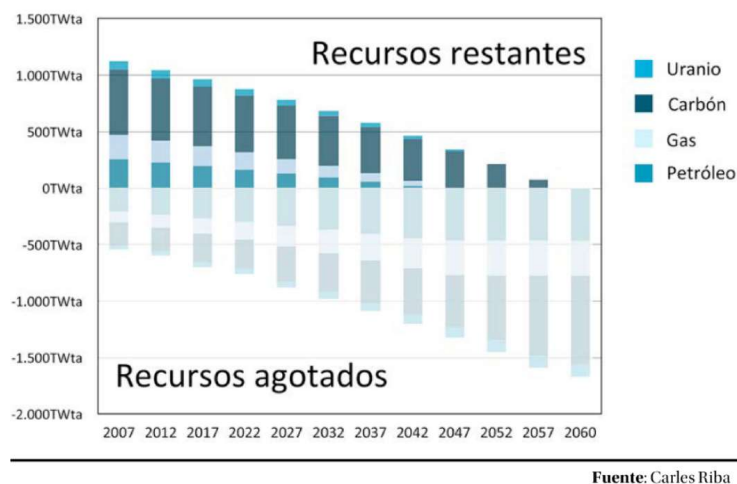


Figura 1. Gràfic de la previsió de l'evolució de les reserves mundials fins al seu esgotament, extret de Pulla i Escobar (2014: 44)

Com es pot veure en el gràfic de la figura 1, es preveu que durant els pròxims anys els combustibles fòssils s'esgotaran a un ritme forçat, entre ells, el petroli conjuntament amb el gas natural desapareixeran al voltant del 2040. A la dècada següent, els experts pronostiquen l'exhauriment de l'urani per, finalment, donar el pas a l'extinció del carbó, el qual és un dels combustibles fòssils més contaminants, ja que ens podrà provocar danys en el nostre sistema respiratori i que, a més, posen en perill el medi ambient. Per tant, l'escenari d'emergència climàtica estarà present en les següents dècades i, en aquest sentit, la nostra societat ha de passar

<sup>8</sup> Riba Romeva 2011; Lopez Villanueva 2007; Pulla Escobar 2014; Neches Olaso 2010; Rieradevall, Oliver Solà, Raúl Garcia i Xavier Gabarrell 2009.

obligatòriament per un procés anomenat *transició energètica*, com a conseqüència de l'esgotament de les energies no renovables.

El concepte de transició energètica es considera un repte per a la societat actual perquè atenent a la definició de Pulla i Escobar (2014: 133):

Se trata de un nuevo modelo energético basado, casi al 100% en el aprovechamiento de los flujos renovables: el sol, el viento y el agua, en el que la eficiencia se convierte en cuestión prioritaria. En base a esta última y puesto que la mayoría de los flujos renovables generan electricidad de forma directa, la opción es un sistema que los usos finales -ya sean estos térmicos, de movilidad o eléctricos- se cubran mayoritariamente mediante electricidad procedente de renovables.

A causa de la complexitat del procés de la transició energètica, aquest es planteja com un objectiu a llarg termini, doncs, les societats modernes no poden canviar les seves principals fonts d'energia d'un dia a l'altre. Ben al contrari, es tracta d'un procés molt gran el qual requereix de moltes variables com podrien ser polítiques, econòmiques, socials i tecnològiques que s'han d'adaptar a cada país i a les necessitats de la població. Per exemple, a l'estudi de Pulla Escobar (2014: 135) es presenta un projecte de transició energètica, anomenat TE21, que es planteja per un període de 35 anys: de 2015 a 2050. Aquestes dades ens permeten reflexionar i ser conscients de la dificultat social i cultural del procés de transició energètica a escala planetària ja que no tots els països tenen els mateixos interessos, per causes polític-econòmiques, per preservar el medi ambient i voler formar part d'aquest procés de transició energètica. Un exemple que podem veure a l'actualitat serien els països situats a l'Orient (Arabia, Catar, Dubai) els quals són els que extreuen més benefici gràcies al petroli; així doncs, si ens focalitzem en aquest cas, no tindríem el suport d'aquests països per fer la transició energètica, d'aquí la dificultat tan elevada d'aquesta transició.

Davant d'aquesta situació, l'estudi de Pulla Escobar (2014: 155) es planteja una pregunta: "¿Hacer la transición o no hacerla?". Per donar resposta, realitza una comparació de dos escenaris, per una banda, una Europa sense realitzar la transició energètica i, per altra banda, la situació futura d'Europa amb la transició energètica. A continuació, es presenta la gràfica realitzada en aquest estudi en la què es pot veure la diferència econòmica de continuar consumint aquests combustibles fòssils:

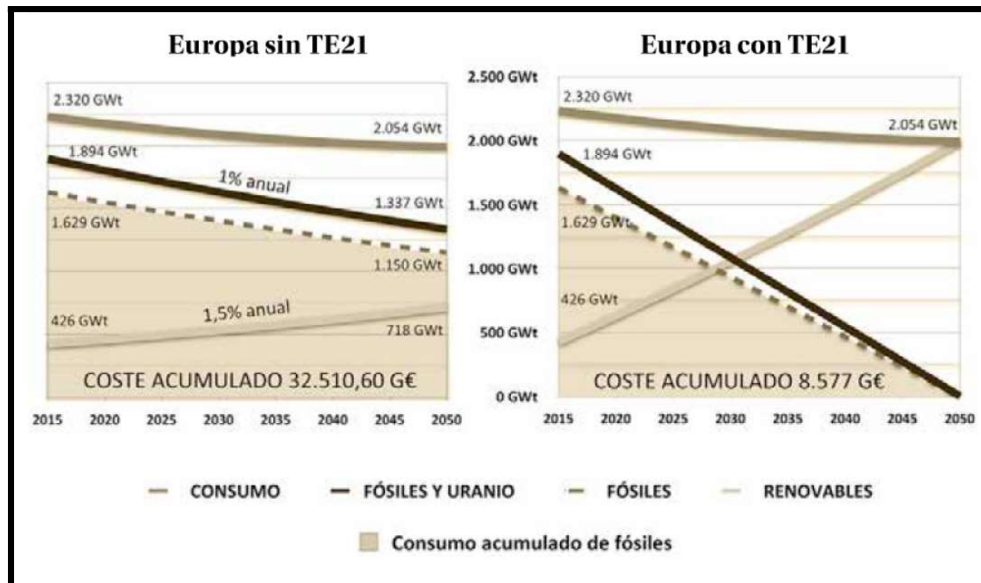


Figura 2: Gràfica que representa la comparació d'Europa sense la transició energètica o amb la transició energètica i la previsió del consum i costos totals acumulats. Extret de Pulla i Escobar (2014: 155)

Els autors arriben a la conclusió de que és més beneficiós realitzar la transició energètica a Europa ja que els costos dels combustibles fòssils serien cada vegada més elevats, i conseqüentment provocaria un endeutament. A més a més i com s'afirma a l'estudi de Riba Romeva (2011: 147), un dels perjudicis de no aplicar la transició energètica es relaciona amb el concepte de *petjada ecològica* - que "és un índex per mesurar el nivell de sostenibilitat d'una societat" que, segons aquest autor "a escala global hem sobrepassat la càrrega de la Terra i el 2006 ja eren necessàries 1,4 Terres". En aquest sentit, l'investigador Antonio Turiel, físic i matemàtic, assenyala que ens trobem davant d'una greu crisi energètica global on s'acabaran els combustibles fòssils i que cal donar respostes conjuntes a la societat per motivar canvis en els hàbits de consum per part dels ciutadans. En els seus vídeos de divulgació científica, "Claves de una transición energética sostenible" (publicat el 15 de febrer de 2023)<sup>9</sup> i "Decisiones ante un mundo sin combustibles fósiles" (publicat el 29 d'octubre de 2018)<sup>10</sup> exposa tot aquest seguit de reflexions i arriba a la conclusió de que a dia d'avui la transició energètica és un procés molt complex, i encara prematur, que cal que estigui protagonitzat per diferents agents: polítics, socials, econòmics i culturals, de manera que només amb la conscienciació ciutadana no és insuficient portar-la a terme.

Malgrat el pessimisme d'aquesta realitat, també cal esmentar que la majoria dels països s'estan unint i organitzant, per promoure un avanç positiu cap a un model conjunt de transició energètica. Un clar exemple, el trobem en la creació de

<sup>9</sup> A partir del següent enllaç es pot visualitzar el vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=-Ab2iONiJtc>. [data de la consulta: 25 de febrer de 2023].

<sup>10</sup> A partir del següent enllaç es pot visualitzar el vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=mukpAM7t85A> [data de la consulta: 25 de febrer de 2023].

l'Agència Internacional de l'Energia (*International Energy Agency, IEA*) -que està composta per un total de 31 països i 11 associacions, entre ells EEUU, Finlàndia, Espanya, Japó, Suïssa, Gran Bretanya...-, que pretén apostar per les polítiques que millorin la fiabilitat, l'assequibilitat i la sostenibilitat del nou model d'energia. Com a mostra del ritme de consum en el que estem ara en tot el món, la IEA ha elaborat uns gràfics, anomenats *scenarios*, en els que es mostren diferents paràmetres de consum (indústria, transport, construcció) per anar seguint durant les properes dècades:

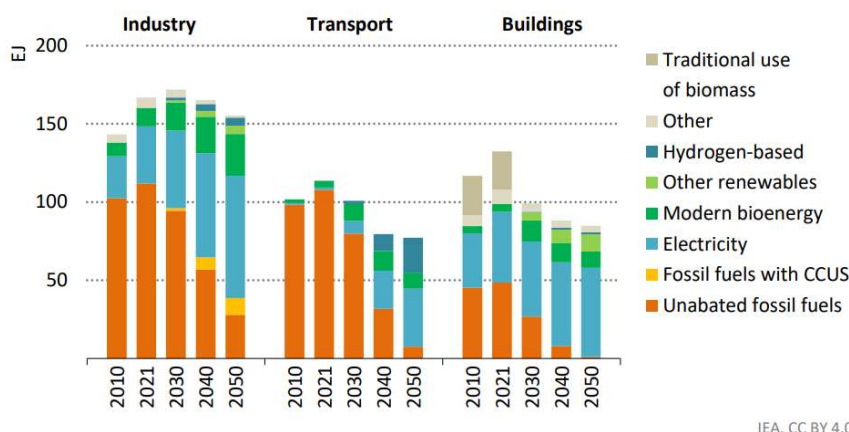


Figura 3: Gràfic de consum de les diferents energies en els àmbits de indústria, transport i edificis en el període d'anys 2010-2050 segons l'IEA. Extret de *World Energy Outlook 2022*, IEA, pàgina 129<sup>11</sup>.

Segons l'evolució que assenyalen les dades dels *scenarios* de la figura 3, al llarg de les dècades s'anirà reduint el consum de combustibles fòssils i augmentant una major quantitat d'energies renovables. L'escenari on tindrà lloc el 100% de consum d'energies renovables al 2050 serà al sector de la construcció on clarament desapareix l'energia tradicional. En canvi, la indústria és el sector on es trigarà més. Finalment, i en relació amb el meu TR, al sector dels transports el canvi és molt notable ja que es passa d'un consum majoritari de petroli a les dècades de 2010 a 2030 a una situació totalment inversa a les dues dècades següents, 2040 i 2050.

## 2. Energia fotovoltaica

### 2.1. Definició

L'energia fotovoltaica és una de les energies renovables més conegudes en l'actualitat que, en paraules de Roldan Vilorio (2013: 93), "tiene su origen en la luz del Sol (fotones), y puede transformarse en energía eléctrica por medio de células

<sup>11</sup> Disponible a:

<https://iea.blob.core.windows.net/assets/830fe099-5530-48f2-a7c1-11f35d510983/WorldEnergyOutlook2022.pdf> [data de la consulta: 15 de juliol de 2023].

fotoelèctriques”. D'acord amb aquesta definició, la denominació *fotovoltaica* prové de la unitat del sol, *fotons*, els quals en impactar a la placa solar, es transformen en electricitat. L'estudi de Neches Olaso (2010: 476) aporta una informació més completa sobre la definició del què és l'energia fotovoltaica a partir de l'origen de la paraula “Fotovoltaico significa *electricidad a partir de la luz*. *Foto* deriva del griego *phos* que significa *luz* y *Volt* se utiliza en honor de *Alessandro Volta*, que contribuyó en gran medida al estudio de la electricidad”.

El concepte de l'energia fotovoltaica es troba dins d'una categoria més àmplia que és *l'energia solar*, entesa com a font d'energia que abarca diferents formes d'aprofitar el Sol, com a font de calor i com a font d'electricitat. Com bé assenyala Neches Olaso (2010:476), aquests dos paràmetres (calor i electricitat) permeten que existeixin tres formes diferents d'energia solar:

1. Energia solar tèrmica: Es fonamenta bàsicament de plaques tèrmiques exposades al sol, la seva funció és captar la màxima calor provinent del sol per tal de poder escalfar l'aigua.
2. Energia fotovoltaica: Plaques fotovoltaiques, també exposades al sol, amb l'objectiu d'absorbir el màxim nombre de fotons emesos pel sol per després transformar-los en electricitat.
3. Termosolar: Combinació de les dues anteriors que consisteix en calentar un líquid gràcies a la radiació solar, un cop que s'evapori, utilitzar aquest per moure una turbina i generar electricitat.

Informació extreta de Neches Olaso (2010:476)

En aquest treball ens centrarem en el segon tipus d'energia solar, la fotovoltaica, per veure si és possible aplicar aquest tipus d'energia als vehicles de la nostra vida quotidiana.

Les tres formes d'energia solar, descrites anteriorment, estan representades en aquesta petita il·lustració que s'ha extret del llibre de Pulla i Escobar (2014: 100) on s'aprecien els diferents itineraris de l'energia solar: plaques tèrmiques, sistemes de concentració i plaques fotovoltaiques:

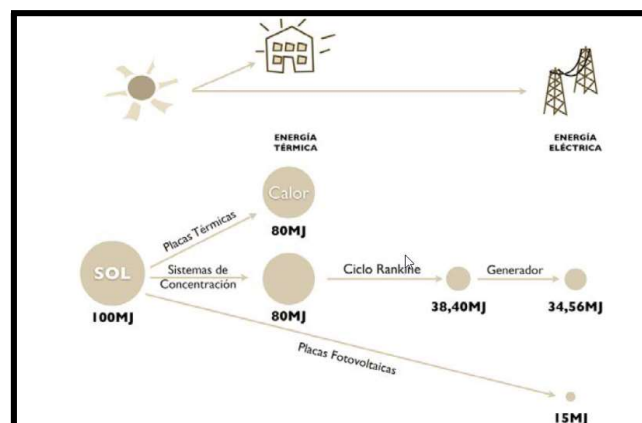




Figura 4: Il·lustració que representa els itineraris de l'energia solar. Extreta de Pulla i Escobar (2014: 100)

## 2.2. El Sol: què és i quanta energia desprèn

El Sol és una estrella que, com tots ja sabem està al centre del Sistema Solar i que està situada a uns 149 milions de quilòmetres respecte la Terra, segons l'estudi de Jimenez Bolaño (2009 6a edició: 24). En el vídeo realitzat pel professor Daniel Campos i publicat al canal *Del Euro al Joule* (minut 2,23), se sap que la *radiació* que ens arriba a la Terra és d'aproximadament uns 1500 W/m<sup>2</sup>. No obstant això, aquest número es redueix ja que la nostra atmosfera no capta aquesta radiació. Tot i així, es calcula que aquesta potència que rebem del Sol és equivalent a l'energia que “generarían unos doscientos millones de centrales nucleares de tamaño medio distribuidas por toda la Tierra operando de forma continuada”, tal i com afirma López Villanueva (2007: 169).

Per *radiació solar* entenem que és l'energia que el Sol desprèn en forma de rajos solars que posteriorment arriben. També, en paraules de Jiménez Bolaño (2009: 26), “consiste en despedir cualquier tipo de energía en forma de ondas electromagnéticas. Estas ondas electromagnéticas solares son conocidas comúnmente como *rayos solares*”.

Actualment, també sabem que hi ha diferents tipus de radiació solar (rajos visibles i invisibles) que nosaltres, el humans, podem captar a simple vista o no. Com bé apunta Jiménez Bolaño (2009: 26) “aproximadamente la mitad de la radiación solar es visible por el ojo humano. Constituye el llamado *rango visible de la radiación solar* o rayos luminosos. El resto de los rayos solares son invisibles para el hombre. Son llamados rayos infrarrojos (por debajo del rojo) y los rayos ultravioleta (más allá del violeta)”.

En aquesta taula, extreta de la recerca de Roldán Vilorio (2013: 55), es observen clarament els diferents tipus de radiació que existeixen: per una banda, els rajos visibles (els que els nostres ulls poden captar), per altra banda, els rajos ultraviolats o els infrarojos que a causa de la longitud d'ona que tenen se'ns fa impossible captar-los:

| Radiación    | Longitud de onda: (Micras) | Componente energético |
|--------------|----------------------------|-----------------------|
| Ultravioleta | <0,38                      | 7%                    |
| Visible      | 0,38-0,76                  | 47%                   |
| Infrarrojo   | >0,76                      | 46%                   |

Figura 5: Taula que mostra les longituds d'ones dels diferents tipus de radiació que existeixen.  
[Extreta de Roldán Viloria (2013: 55)]

Per finalitzar, a continuació exposaré les principals característiques del Sol que es presenten al llibre de Roldán Viloria (2013: 55):

| Características  | Valores   |
|--|---|
| Edad   | 4.600 millones de años  |
| Período de rotación alrededor del núcleo de la galaxia     | 225.000.000 años  |
| Diámetro   | 1.391.980 km  |
| Volumen  | 1,412x10 <sup>27</sup> m <sup>3</sup> (1.300.000 veces el volumen de la Tierra)                       |
| Masa   | 1,99x10 <sup>30</sup> (322.946 veces la masa de la Tierra)  |
| Densidad   | 150 veces la del agua   |
| Giro del Sol   | El sol gira una vez cada 27 días cerca del ecuador, pero una vez cada 31 días más cerca de los polos. |
| Temperaturas   | En el centro: 16.000.000 K<br>En la corona: 1.000.000 K<br>En la superficie: 5.000 K                  |
| Distancia sobre la tierra                                  | Mínima: 147.100.000 km<br>Media: 150.000.000 km<br>Máxima: 152.100.000 km                             |
| Energía  | 3,83x10 <sup>26</sup> J/s   |
| Energía recibida sobre la atmósfera: exterior de la tierra | 1.367 W/m <sup>2</sup>  |
| Velocidad de la luz  | 300.000 km/s  |
| Composición química del sol                                | 71% de hidrógeno<br>27% helio<br>2% elementos pesados (al menos 70)                                   |

Figura 6: Taula amb les principals característiques del Sol. Extreta de Roldán Viloria (2013:55)

D'acord amb totes les dades presentades procedents de la bibliografia consultada, ens hem pogut fer una idea més clara de com és l'astre que ens acompanya cada dia.

### 2.3. La tecnologia implicada a les plaques fotovoltaïques

La placa fotovoltaica és molt complexa, per consegüent, ha fet que el seu desenvolupament hagi sigut lent i llarg en els últims cinquanta anys de perfeccionament. El fet de crear energia a base dels fotons del sol era una idea que principalment costava de creure, però els científics van començar a investigar. Després de diversos anys de desenvolupament, van destacar que si captaven la llum (fotons), a través de les cèl·lules fotovoltaïques, aquestes es transformaven en electricitat.

En particular, el punt inicial de la història de la generació fotovoltaica d'electricitat va tenir lloc al 1832, quan el francès Alexandre Edmond Becquerel va descobrir l'efecte fotovoltaic causat per la llum natural o solar (Roldan Viloria 2013: 94; Pulla i Escobar 2014: 102). A partir d'aquesta data, diferents físics anglesos i americans van aportar avenços en la tecnologia de les plaques solars, entre els que destaquem els següents: 1955 es va iniciar l'estudi i la construcció de panells espacials a EE.UU, a partir de 1980 es va iniciar la fabricació de panells fotovoltaics amb silici per aplicar-se a instal·lacions domèstiques i fàbriques i, finalment, als anys 90 es va iniciar la construcció de parcs de generació fotovoltaica. A España segons les dades de Neches Olaso (2010: 476), "la tipologia más extendida en la actualidad son las plantas fotovoltaicas o huertos solares con conexión a red, cuyo principal objetivo es generar la máxima cantidad de energía para ser vendida a la red eléctrica".

El mercat fotovoltaic a Catalunya també és incipient a principis del segle XXI i, com mostren les dades de Rieradevall *et al.* (2009), les energies renovables suposen un consum del 3,2% en l'estructura del consum d'energia primària l'any 2003 que contrasten amb el consum de petroli del 48%. Aquestes dades es diferencien de les obtingudes en el període 2010-2022, segons el *Balanç d'energia elèctrica a Catalunya de l'Institut Català d'Energies*, on s'observa la tendència de l'augment progressiu de la demanda del consum d'energies renovables:

Unitat: MW

|  | 2010            | 2011            | 2012            | 2013            | 2014            | 2015            | 2016            | 2017            | 2018            | 2019            | 2020            | 2021            | 2022            |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>Energies no renovables</b>                            | <b>8.663,4</b>  | <b>8.474,9</b>  | <b>8.452,9</b>  | <b>8.363,2</b>  | <b>8.189,4</b>  | <b>7.802,9</b>  | <b>7.806,7</b>  | <b>7.809,1</b>  | <b>7.807,7</b>  | <b>7.839,9</b>  | <b>7.824,8</b>  | <b>7.824,8</b>  | <b>7.824,8</b>  |
| Centrals de carbó  | 160,0           | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               |
| Centrals de fuel-gas i gasoil                            | 9,6             | 9,6             | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               |
| Cicles combinats   | 4.159,9         | 4.112,0         | 4.112,0         | 4.112,0         | 4.112,0         | 3.714,2         | 3.714,2         | 3.714,2         | 3.714,2         | 3.714,2         | 3.714,2         | 3.714,2         | 3.714,2         |
| Cogeneració  | 1.002,0         | 1.020,5         | 1.008,1         | 943,1           | 847,1           | 835,4           | 824,3           | 826,0           | 831,5           | 832,7           | 817,6           | 817,6           | 817,6           |
| Altres no renovables                                     | 185,1           | 186,0           | 186,0           | 161,3           | 83,5            | 106,5           | 121,5           | 122,2           | 115,2           | 146,2           | 146,2           | 146,2           | 146,2           |
| Nuclear  | 3.146,9         | 3.146,9         | 3.146,9         | 3.146,9         | 3.146,9         | 3.146,9         | 3.146,9         | 3.146,9         | 3.146,9         | 3.146,9         | 3.146,9         | 3.146,9         | 3.146,9         |
| <b>Energies renovables</b>                               | <b>3.454,8</b>  | <b>3.656,5</b>  | <b>3.971,3</b>  | <b>4.009,4</b>  | <b>4.011,4</b>  | <b>4.017,9</b>  | <b>4.016,8</b>  | <b>4.011,8</b>  | <b>4.019,7</b>  | <b>4.043,9</b>  | <b>4.100,1</b>  | <b>4.192,0</b>  | <b>4.586,7</b>  |
| Hidràulica   | 2.360,4         | 2.360,5         | 2.361,1         | 2.366,3         | 2.365,5         | 2.367,7         | 2.365,4         | 2.359,5         | 2.358,7         | 2.358,5         | 2.359,6         | 2.359,8         | 2.359,8         |
| en antic règim ordinari                                  | 2.088,4         | 2.088,4         | 2.088,4         | 2.088,4         | 2.088,4         | 2.088,0         | 2.088,0         | 2.088,4         | 2.087,7         | 2.087,7         | 2.087,7         | 2.087,7         | 2.087,7         |
| en antic règim especial, aïllades i amb contracte privat | 272,1           | 272,1           | 272,7           | 277,9           | 277,1           | 279,7           | 277,3           | 271,2           | 270,9           | 270,7           | 271,9           | 272,0           | 272,0           |
| RSU renovable  | 22,2            | 23,2            | 23,2            | 23,2            | 23,2            | 27,2            | 27,2            | 26,2            | 26,2            | 26,2            | 26,2            | 26,2            | 26,2            |
| Biogàs   | 44,1            | 46,9            | 51,9            | 60,5            | 60,3            | 60,0            | 60,3            | 60,1            | 60,1            | 61,8            | 62,8            | 63,2            | 63,7            |
| Biomassa forestal i agrícola                             | 0,5             | 0,5             | 4,0             | 4,0             | 4,0             | 4,0             | 4,0             | 4,0             | 4,0             | 4,0             | 4,0             | 4,0             | 4,0             |
| Eòlica   | 831,3           | 994,6           | 1.257,9         | 1.266,9         | 1.268,7         | 1.268,7         | 1.268,7         | 1.268,7         | 1.270,9         | 1.270,9         | 1.270,9         | 1.270,9         | 1.372,1         |
| Fotovoltaica   | 196,3           | 230,9           | 248,9           | 264,3           | 265,5           | 266,0           | 266,9           | 269,0           | 275,6           | 298,4           | 352,3           | 443,7           | 736,6           |
| Solar termoelectrica                                     | -               | -               | 24,3            | 24,3            | 24,3            | 24,3            | 24,3            | 24,3            | 24,3            | 24,3            | 24,3            | 24,3            | 24,3            |
| <b>Total</b>   | <b>12.118,2</b> | <b>12.131,4</b> | <b>12.424,2</b> | <b>12.372,6</b> | <b>12.200,8</b> | <b>11.820,8</b> | <b>11.823,5</b> | <b>11.820,9</b> | <b>11.827,4</b> | <b>11.883,8</b> | <b>11.924,9</b> | <b>12.016,8</b> | <b>12.411,5</b> |

Altres no renovables: inclou Residus Sòlids Industrials, Residus Sòlids Urbans (component no renovable) i altres energies residuals.  
 També inclou assecatge de purins i assecatge de fangs d'EDAR.

Font:  
 Estadística d'energia elèctrica  
 Estadística de les energies renovables

Notes:  
 Dades corresponents a 31 de desembre de cada any.

|  | 2010            | 2011            | 2012            | 2013            | 2014            | 2015            | 2016            | 2017            | 2018            | 2019            | 2020            | 2021            | 2022            |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>Energies no renovables</b>                            | <b>8.663,4</b>  | <b>8.474,9</b>  | <b>8.452,9</b>  | <b>8.363,2</b>  | <b>8.189,4</b>  | <b>7.802,9</b>  | <b>7.806,7</b>  | <b>7.809,1</b>  | <b>7.807,7</b>  | <b>7.839,9</b>  | <b>7.824,8</b>  | <b>7.824,8</b>  | <b>7.824,8</b>  |
| Centrals de carbó  | 160,0           | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               |
| Centrals de fuel-gas i gasoil                            | 9,6             | 9,6             | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               |
| Cicles combinats   | 4.159,9         | 4.112,0         | 4.112,0         | 4.112,0         | 4.112,0         | 3.714,2         | 3.714,2         | 3.714,2         | 3.714,2         | 3.714,2         | 3.714,2         | 3.714,2         | 3.714,2         |
| Cogeneració  | 1.002,0         | 1.020,5         | 1.008,1         | 943,1           | 847,1           | 835,4           | 824,3           | 826,0           | 831,5           | 832,7           | 817,6           | 817,6           | 817,6           |
| Altres no renovables                                     | 185,1           | 186,0           | 186,0           | 161,3           | 83,5            | 106,5           | 121,5           | 122,2           | 115,2           | 146,2           | 146,2           | 146,2           | 146,2           |
| Nuclear  | 3.146,9         | 3.146,9         | 3.146,9         | 3.146,9         | 3.146,9         | 3.146,9         | 3.146,9         | 3.146,9         | 3.146,9         | 3.146,9         | 3.146,9         | 3.146,9         | 3.146,9         |
| <b>Energies renovables</b>                               | <b>3.454,8</b>  | <b>3.656,5</b>  | <b>3.971,3</b>  | <b>4.009,4</b>  | <b>4.011,4</b>  | <b>4.017,9</b>  | <b>4.016,8</b>  | <b>4.011,8</b>  | <b>4.019,7</b>  | <b>4.043,9</b>  | <b>4.100,1</b>  | <b>4.192,0</b>  | <b>4.586,7</b>  |
| Hidràulica   | 2.360,4         | 2.360,5         | 2.361,1         | 2.366,3         | 2.365,5         | 2.367,7         | 2.365,4         | 2.359,5         | 2.358,7         | 2.358,5         | 2.359,6         | 2.359,8         | 2.359,8         |
| en antic règim ordinari                                  | 2.088,4         | 2.088,4         | 2.088,4         | 2.088,4         | 2.088,4         | 2.088,0         | 2.088,0         | 2.088,4         | 2.087,7         | 2.087,7         | 2.087,7         | 2.087,7         | 2.087,7         |
| en antic règim especial, aïllades i amb contracte privat | 272,1           | 272,1           | 272,7           | 277,9           | 277,1           | 279,7           | 277,3           | 271,2           | 270,9           | 270,7           | 271,9           | 272,0           | 272,0           |
| RSU renovable  | 22,2            | 23,2            | 23,2            | 23,2            | 23,2            | 27,2            | 27,2            | 26,2            | 26,2            | 26,2            | 26,2            | 26,2            | 26,2            |
| Biogàs   | 44,1            | 46,9            | 51,9            | 60,5            | 60,3            | 60,0            | 60,3            | 60,1            | 60,1            | 61,8            | 62,8            | 63,2            | 63,7            |
| Biomassa forestal i agrícola                             | 0,5             | 0,5             | 4,0             | 4,0             | 4,0             | 4,0             | 4,0             | 4,0             | 4,0             | 4,0             | 4,0             | 4,0             | 4,0             |
| Eòlica   | 831,3           | 994,6           | 1.257,9         | 1.266,9         | 1.268,7         | 1.268,7         | 1.268,7         | 1.268,7         | 1.270,9         | 1.270,9         | 1.270,9         | 1.270,9         | 1.372,1         |
| Fotovoltaica   | 196,3           | 230,9           | 248,9           | 264,3           | 265,5           | 266,0           | 266,9           | 269,0           | 275,6           | 298,4           | 352,3           | 443,7           | 736,6           |
| Solar termoelectrica                                     | -               | -               | 24,3            | 24,3            | 24,3            | 24,3            | 24,3            | 24,3            | 24,3            | 24,3            | 24,3            | 24,3            | 24,3            |
| <b>Total</b>   | <b>12.118,2</b> | <b>12.131,4</b> | <b>12.424,2</b> | <b>12.372,6</b> | <b>12.200,8</b> | <b>11.820,8</b> | <b>11.823,5</b> | <b>11.820,9</b> | <b>11.827,4</b> | <b>11.883,8</b> | <b>11.924,9</b> | <b>12.016,8</b> | <b>12.411,5</b> |

Figura 7: Taules amb les produccions d'energia elèctrica a Catalunya. Extreta de: [https://icaen.gencat.cat/ca/energia/estadistiques/resultats/annuals/balanc\\_energia/](https://icaen.gencat.cat/ca/energia/estadistiques/resultats/annuals/balanc_energia/) [data consulta: 2/08/23]

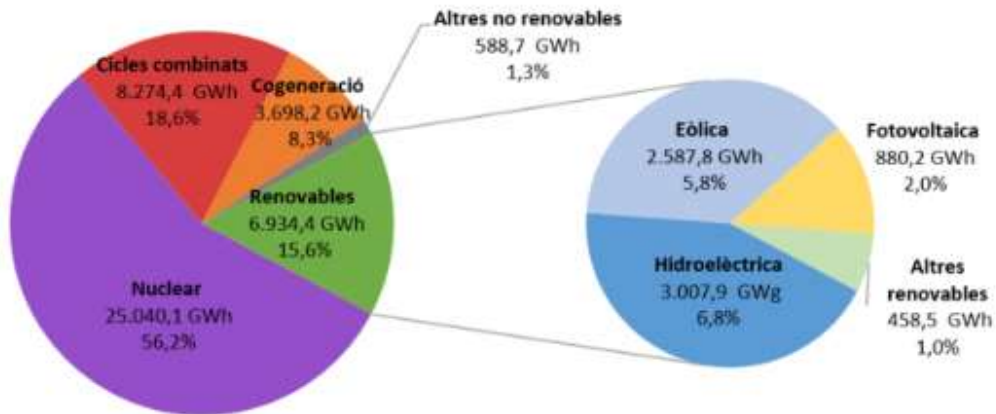


Figura 8: Distribució de l'energia utilitzada a Catalunya en el 2022. Extreta de: [https://icaen.gencat.cat/ca/energia/estadistiques/resultats/annuals/balanc\\_energia/](https://icaen.gencat.cat/ca/energia/estadistiques/resultats/annuals/balanc_energia/) [data consulta: 2/08/23]

Les dades dels gràfics anteriors confirmen que s'està iniciant aquest procés de transició energètica perquè el consum d'energies renovables està augmentant. Pel que fa a l'energia fotovoltaica, les dades de l'Institut Català d'Energia evidencien un notable creixement l'any 2022, on quasi bé es duplica la xifra de 443,7 (2021) a 736,6 (2022). Una evidència clara que reforça l'argument que l'energia produïda per les plaques és una solució bona a llarg termini, és l'aposta que ha realitzat

l'empresa García Carrión en col·laboració amb Endesa X i que han publicitat aquest mes d'agost de 2023:

[García-Carrión](#) ya elabora sus vinos y zumos con energía renovable tras la puesta en marcha de 9 plantas solares para autoconsumo con Endesa X (...) Las plantas solares suman con una potencia total de más de 18 MWp y 33.637 módulos fotovoltaicos (el equivalente a 13 campos de fútbol), lo que lo convierten en uno de los proyectos más relevantes del país y en un referente del sector vinícola<sup>12</sup>.

De la mateixa manera, però en el sector públic, recentment (28 d'octubre de 2023) ha sortit publicada la notícia de què la Generalitat de Catalunya, en el seu compromís cap a les zero emissions en el sistema de mobilitat el 2050, realitzarà una inversió econòmica de 32.5 milions en la instal·lació de 22 parcs solars a les carreteres i autopistes de Catalunya per alimentar pel 2026 l'energia consumida a la il·luminació de túnels i carreteres. Amb aquesta mesura es preveu "generar 21,4 GWh anuals, equivalent al consum del conjunt de la xarxa, formada per 6.000 quilòmetres"<sup>13</sup>.

L'augment en l'ús de les plaques solars en els darrers anys permet afirmar que aquesta nova tecnologia per obtenir energia presenta més avantatges que inconvenients. Entre els avantatges, segons Pulla i Escobar (2014:102-103), destaca la flexibilitat, rapidesa i facilitat de muntatge, "que las hace idóneas para ser utilizadas en prácticamente cualquier espacio y, muy especialmente, para integrarse en las estructuras arquitectónicas: tejados, terrazas, ventanas, etc." Una altra de les avantatges més importants, és el potencial energètic que ens pot arribar a proporcionar el Sol de manera neta i gratuïta: "a la superfície terrestre llegan de forma continua 89.000 TW (TWa/a) de los cuales pueden llegar a ser captados 23.000 TW. Es decir, 800 veces más de la energía necesaria para cubrir el consumo energético mundial estimado para el año 2050". A més a més, Neches Olaso (2010: 478) afegeix altres avantatges com els beneficis econòmics que pot obtenir el propietari per la venda d'energia o l'alt grau de modernitat i interès mediambiental que aporta la instal·lació solar a la imatge d'una empresa o comunitat que mostren un interès per preservar el medi ambient.

Pel que fa els inconvenients, els autors anteriors coincideixen en esmentar l'alt cost d'aquestes instal·lacions i les dificultats per emmagatzemar l'energia generada, perquè és necessari l'ús de bateries de capacitat adequada per poder disposar

---

<sup>12</sup> La notícia completa es pot llegir al següent enllaç:

<https://www.endesa.com/es/prensa/sala-de-prensa/noticias/transicion-energetica/renovables/garcia-carrion-elabora-vinos-zumos-con-energia-renovable-puesta-en-marcha-9-plantas-solares> [data de la consulta: 10 agost de 2023].

<sup>13</sup> La notícia completa es pot llegir al següent enllaç:

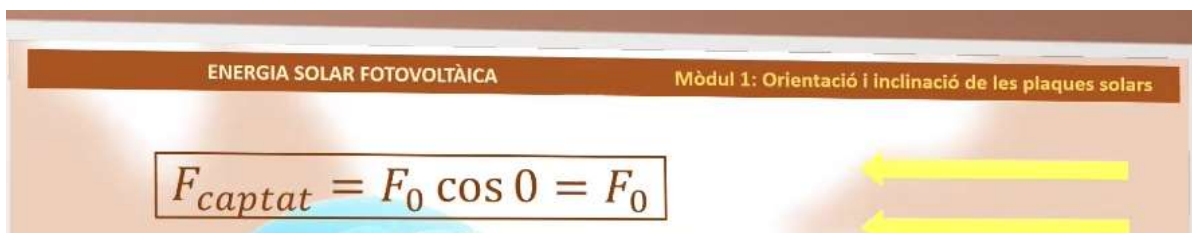
<https://www.naciodigital.cat/noticia/264492/carreteres-autopistes-catalunya-parcs-solars-fotovoltaics> [data de la consulta: 27 octubre de 2023].

d'energia en hores en les que no hi ha sol (a les nits o en condicions de tempesta o boira), com bé apunta López Villanueva (2007:175).

Finalment, dins d'una placa hi ha diferents components per a que el procés de captar energia i transformar-la en electricitat es faci realitat:

- *Cèl·lules fotovoltaïques*: Semiconductors formats per silici (material semiconductor). Aquesta cèl·lula es considera un generador molt petit (genera 0,5 V). En el seu interior es poden trobar dos petites parts denominades zona *p* i zona *n* on es genera aquest corrent gràcies al moviment constant de fotons en sentit *N* a *P*.
- *Panells fotovoltaïcs*: Finalment tenim els panells que és l'objecte que engloba a tots aquests petits elements en el seu interior. S'encarreguen de captar els rajos provinents del sol (protons) per, posteriorment, convertir-los en electricitat. Aquest està compost per el conjunt de cèl·lules fotovoltaïques.

Per descriure el funcionament, des de la radiació solar fins a la seva transformació en energia es parla de *l'efecte fotovoltaic*, que és un procés a partir del qual una cèl·lula fotovoltaica transforma els fotons en electricitat. Encara que no tota la radiació solar és absorbida per la longitud d'ona, ja que la cèl·lula només pot captar raigs d'una mida determinada. En concret, el professor Daniel Campos (UAB) dedica un vídeo a aquesta qüestió sobre la importància de la correcta orientació de les plaques en qualsevol instal·lació domèstica o industrial<sup>14</sup>. Aspectes com la posició de la terra respecte al sol (moviment de rotació i de translació o la situació de les plaques a l'hemisferi sud o nord) són determinats per saber orientar les plaques i treure'n el major profit, gràcies a la major superfície de la placa exposada al sol. En particular, Daniel Campos, presenta la següent fórmula física per calcular el flux de radiació solar (*F*):



$F_{captat} = F_0 \cos 0 = F_0$

Figura 9: Fórmula de la força captada. Extreta de:  
[https://www.youtube.com/watch?v=D5mI5-3p5MU&ab\\_channel=Del%27EuroalJoule](https://www.youtube.com/watch?v=D5mI5-3p5MU&ab_channel=Del%27EuroalJoule)

<sup>14</sup> L'enllaç al vídeo és el següent:  
[https://www.youtube.com/watch?v=D5mI5-3p5MU&ab\\_channel=Del%27EuroalJoule](https://www.youtube.com/watch?v=D5mI5-3p5MU&ab_channel=Del%27EuroalJoule) [data de la consulta: 2 de juliol de 2023].



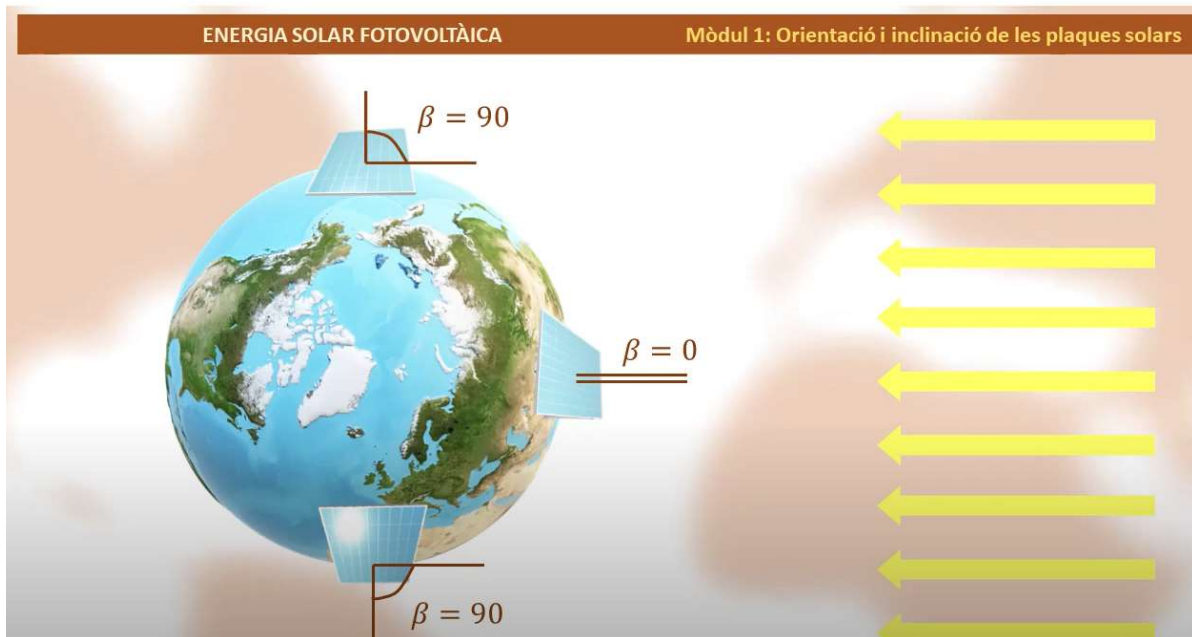



Figura 10: Esquema de l'orientació d'una placa completament horitzontal en diferents hores del dia (Matí, Migdia i Vespre) i quanta energia capta en cada hora. Extret de: [https://www.youtube.com/watch?v=D5ml5-3p5MU&ab\\_channel=Del%27EuroalJoule](https://www.youtube.com/watch?v=D5ml5-3p5MU&ab_channel=Del%27EuroalJoule)

### 2.3.1. Components dins d'una instal·lació solar

Si mirem la instal·lació d'una placa fotovoltaica conjunta, veurem que la placa no pot funcionar de manera autònoma sinó que ha de complementar-se amb altres elements, que a continuació descriuré: plaques, convertidor/inversor i bateries

#### 2.3.1.a Plaques o panells fotovoltaics

A l'apartat anterior, ja he presentat una descripció general dels panells solars. Cal afegir que al mercat actual hi ha tres classes de plaques compostes per diferents materials que es diferencien segons el nivell d'eficiència i preu:

| Tipus de panells fotovoltaics   |  |
|---|--|
| <p>Panell de silici monocristal·lí:</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Eficiència o rendiment de 14 a 20%.</li> <li>● Té un color blau marí fosc i metàl·lic.</li> <li>● Alt cost a causa del difícil procés de fabricació.</li> </ul> |
| <p>Panell silici policristal·lí:</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Eficiència de 10 a 15%</li> <li>● Color blau més clar i metàl·lic</li> </ul>  |



|   |  |
|---|--|
|                                | <ul style="list-style-type: none"><li>● Preu més econòmic que el monocristal·lí, gràcies a un procés de fabricació més simple.</li><li>● Són les més utilitzades.</li></ul>  |
| <p>Panell silici amorfa:</p>  | <ul style="list-style-type: none"><li>● Eficiència màxima de 10%.</li><li>● Color marró.</li><li>● Preu molt econòmic, gràcies al simple procés de fabricació.</li><li>● Panell utilitzat majoritàriament en calculadores, rellotges i llums solars.</li></ul> |

Figura 11: Taula dels diferents tipus de panells fotovoltaics, elaborada a partir de les dades de Roldan Vilorio (2013: 96)

Sigui quin sigui el tipus de panell, tots tenen en comú una mateixa estructura formada per: marc o caixa metàl·lica protectora, cèl·lules fotovoltaïques (normalment són de silici) i les diferents connexions elèctriques. A la figura següent es pot apreciar aquesta estructura:



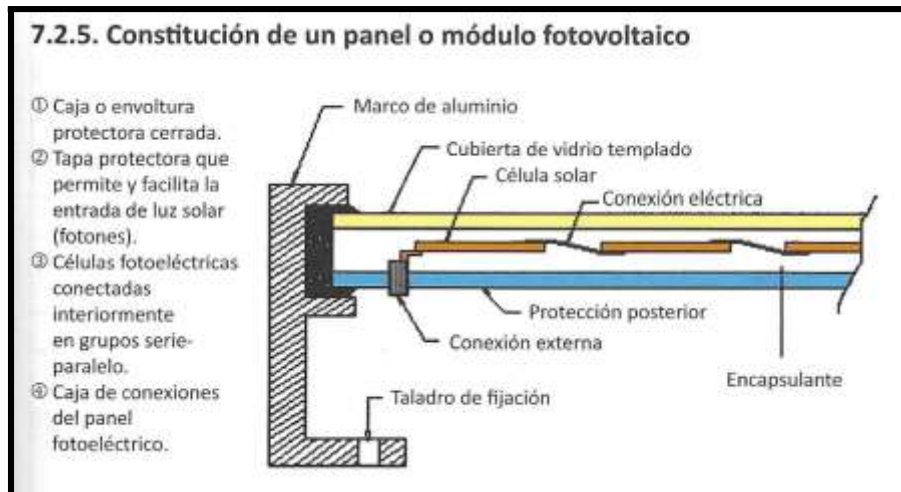


Figura 12: Estructura d'un panell fotovoltaic. Extret Roldan Viloria (2013: 97)

### 2.3.1.b *Convertidor o inversor*

És l'aparell que transforma la corrent continua produïda per el camp fotovoltaic amb corrent alterna (Neches Olaso 2010: 477). Aquest element és imprescindible ja que la placa treballa a un cert voltatge (12V) i amb corrent contínua, posteriorment, s'haurà de transformar a corrent altern i 220 V (tensió de la xarxa elèctrica pública a Europa) per així mateix poder fer servir tot tipus d'electrodomèstics o objectes que treballin a la mateixa freqüència, tensió i forma de l'ona (Jutglar, 2004: 169).

### 2.3.1.c *Les bateries*

Aquest element, normalment situat a l'exterior de la placa, s'encarrega d'emmagatzemar temporalment l'energia produïda per les plaques durant les hores de llum "en las que la generación supera a la demanda, para poder consumirla durante la noche (...) tiene otra función que también es importante: debido a una serie de circunstancias, tales como el paso de las nubes, variación de la temperatura del colector, baterías totalmente cargadas, etc., el sistema pasa por una serie de transitorios cuyo comportamiento contribuye a suavizar las baterías" (Jutglar 2004:169). Segons aquest mateix autor, les bateries funcionen de manera diferent en les plaques solars de les vivendes i en les dels cotxes perquè la velocitat de càrrega i descàrrega és diferent: per exemple, en un cotxe les bateries han de permetre una alta intensitat de descàrrega quan el motor s'arrenca ja que es necessita una alta quantitat d'energia; en canvi, en una casa, la descàrrega de les bateries és més uniforme.

Finalment, cal destacar que les bateries més utilitzades són les de plom-àcid sulfúric i les de níquel-cadmi. Les primeres són més econòmiques però tenen una vida més curta i suporten menys nivells de descàrrega (Jutglar 2004: 170).

Una vegada descrits tots els elements de la instal·lació solar, a la següent figura es representa tot el seu funcionament des de que es capta l'energia del sol fins que es transforma en energia pel seu consum domèstic:

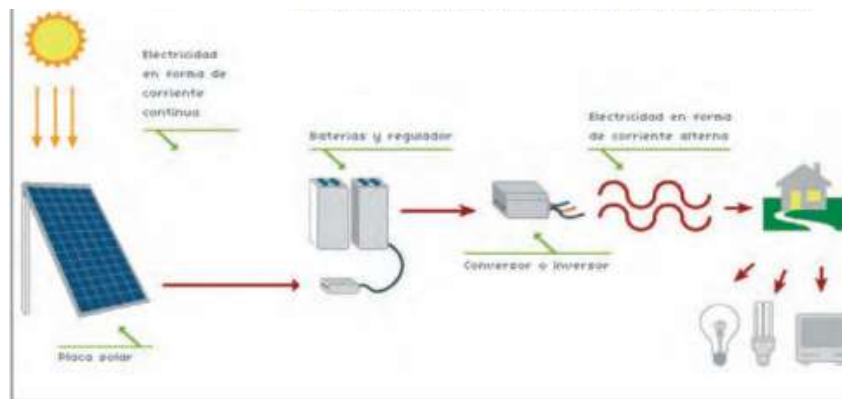


Figura 13: Esquema visual que explica funcionament bàsic d'un sistema fotovoltaic Extret de (Neches Olaso 2010: 477)

### 3. Els vehicles motoritzats

#### 3.1. Definició i història

Quan parlem dels vehicles motoritzats en aquest TR ho relacionem amb el món de l'automòbil i no a qualsevol altre mitjà de transport (motocicleta, tren, vaixell, avió, etc.) ja que el nostre objectiu de recerca es centra en el cotxe. En aquest apartat descriuré breument la història de l'automòbil.

Segons la seva etimologia<sup>15</sup>, el terme *automòbil* és una paraula composta que prové del grec i del llatí i significa 'per sí mateix' (*autós*) i 'que es mou' (*mobilis*). La seva aparició fa ser un fruit tecnològic gràcies a la Revolució Industrial i al descobriment de la màquina de vapor, que va ser la primera energia que es va aplicar als transports com el tren i després a l'automòbil. La causa de la seva creació al segle XIX va ser cobrir la necessitat del desplaçament de mercaderies i persones i aquest fet ha representat un dels avenços més importants per la història de la humanitat.

Com explica Ruiz Clavería (2021, en línia), el primer automòbil de la història, anomenat *Benz Patent-Motorwagen*, va ser creat per Karl Benz al 1885, funcionava amb un motor de combustió interna (veure apartat 3.2.), tenia tres rodes i la velocitat màxima era de 18 km/h amb una potència de motor de 0,8 CV. Al segle següent la forta demanda per part de la població va motivar l'evolució de la tecnologia aplicada a la construcció de vehicles, fet que va ser la causa de la

<sup>15</sup> Informació extreta de <https://humanidades.com/historia-del-automovil/> [data de la consulta: 5 de juliol de 2023].

creació del primer cotxe, *Ford T*, que es va fabricar en cadena per part de Henry Ford al 1908, tendència anomenada *fordisme* que va tenir un gran èxit a Estats Units ja que va permetre a les classes mitjanes de la població accedir a la compra de vehicles motoritzats. En concret, el 1916 s'especula que “el 55% de cotxes que hi havia en el món eren Ford T”, com apunta Ruiz Clavería (2021, en línia).

A partir d'aquest origen es poden distingir tres etapes al llarg de la història de l'automòbil que estan relacionades amb el tipus de motor i energia utilitzades<sup>16</sup>:

Primera etapa del motor a vapor: va ser prèvia a la invenció de l'automòbil, a finals del segle XVIII, i la seva invenció va permetre desenvolupar els primers prototips cap al 1800.

Al voltant de 1770, l'inventor francès Nicolas-Joseph Cugnot va crear un vehicle que aprofitava la tecnologia de la màquina de vapor, amb un motor de dos cilindres verticals i 50 litres de desplaçament.

Segona etapa del motor al combustible: es situa a principis del segle XIX i va permetre desenvolupar un automòbil amb motor de combustió interna a base de gasolina, i a partir del 1900 es va popularitzar en la indústria automotriu.

Tercera etapa de motor elèctric: va començar a finals del segle XIX. Malgrat els avantatges del motor elèctric que era silenciós i lleuger, no va aconseguir expandir-se en la indústria automotriu a causa de la ràpida descàrrega de les cel·les elèctriques o bateries i la dificultat de recàrrega. Entre 1832 i 1839, Robert Anderson va inventar el primer vehicle elèctric, que era propulsat per cel·les elèctriques no recarregables.

A l'actualitat la indústria del vehicle elèctric està experimentant un important desenvolupament tecnològic com a conseqüència de la transició energètica que s'està portant a terme.

Finalment, a continuació es presenta un eix cronològic amb les fites històriques més importants de la història de l'automòbil que s'ha elaborat amb la informació trobada a la bibliografia consultada (Vega Delgado i Martínez Pastor 2017, Ruiz Clavería 2021, Enciclopedia Humanidades):

---

<sup>16</sup> Informació extreta de <https://humanidades.com/historia-del-automovil> [data de la consulta: 5 de juliol de 2023].

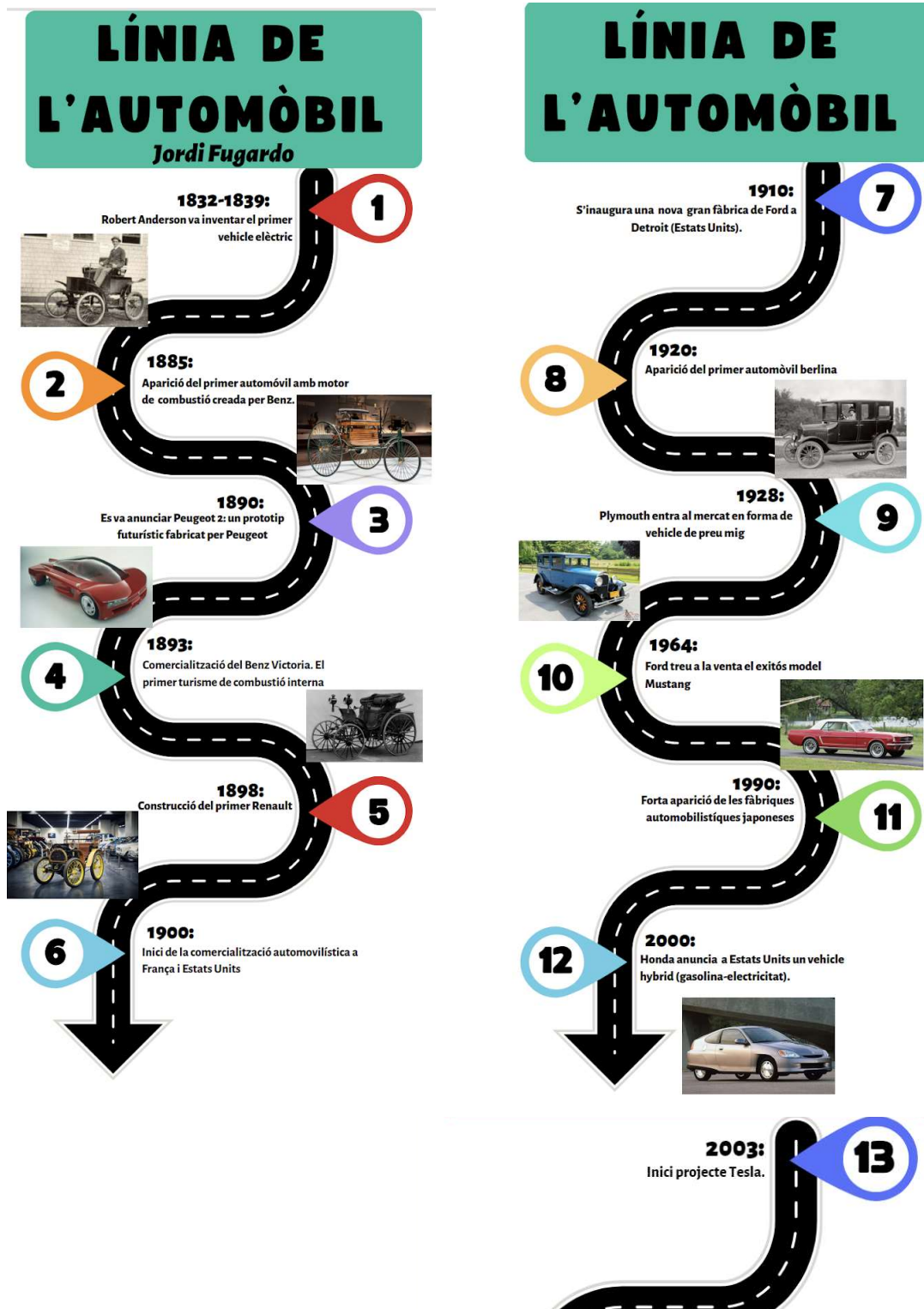


Figura 14: Infografia creada per mi mateix amb el programa *Canva* per representar els fets més rellevants en la història de l'automòbil.

### 3.2. Tipus de motors (combustió, híbrids, elèctrics, solars, dièsel...)

Com molts de nosaltres sabem, en els darrers anys el món de l'automòbil ha patit molts canvis; en aquest sentit, una notable evolució en un període de temps curt. Aquest fet ha provocat que es construïxin nous motors o també noves maneres d'optimitzar el combustible, com podem veure en el esquema de la part inferior, elaborat per mi mateix.

Primerament, els pistons d'un motor de combustió interna es poden distribuir de maneres diferents: *cilindres en línia*, *cilindres en forma de V* o, en alguns casos, en forma paral·lela al terra (*motors boxers*).

En segon lloc, aquests motors es poden complementar amb un *turbo*, aquest té la funció de subministrar més oxigen al cotxe per tal de treure una quantitat major de potència, o bé poden ser *atmosfèrics*, és a dir, no es complementen de cap instrument extra.

Seguidament, tots aquests motors poden ser alimentats per benzina, gasoil (dièsel) o bé, en l'actualitat han sorgit els vehicles impulsats per gas.

Finalment, a causa del canvi climàtic, en els darrers anys els cotxes elèctrics han protagonitzat un paper molt important i predominant, encara que aquests no tenen cap punt en comú amb els vehicles de benzina o gasoil.

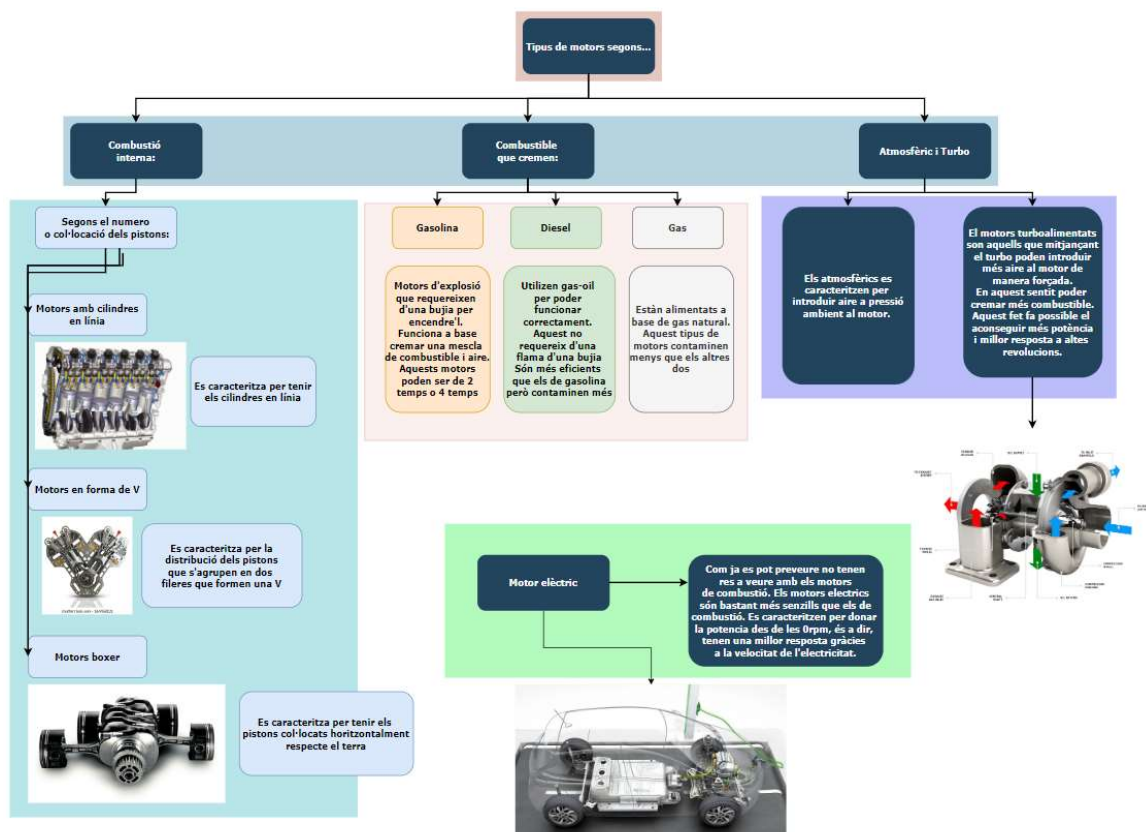




Figura 15: Mapa conceptual creat per mi mateix amb el programa *Diagrams* per representar el tipus de motors que existeixen en l'actualitat<sup>17</sup>

### 3.3. Els vehicles elèctrics

La indústria del vehicle està experimentant un nou paradigma de transport anomenat *mobilitat elèctrica* (Sebastián, 2019) que és fruit d'aplicar els objectius de desenvolupament sostenible (ODS) del Marc sobre Energia i Clima 2030 de la Unió Europea, també conegut com Agenda 2030. Per aquest motiu ens trobem davant d'un procés de “descarbonització de la economia global” (Sebastián, 2019: 59) que té una transició cap a l'electrificació en la fabricació dels nous automòbils<sup>18</sup>. Com sosté Sebastián, a causa del l'alt nombre de persones que tenen un cotxe en tot el món, es dóna prioritat a investigar més en aquesta modalitat de transport abans de començar a desenvolupar un altres mitjans, com podria ser el marítim o l'aèri<sup>19</sup>.

El concepte de vehicle elèctric s'entén de manera amplia i inclou a qualsevol mitjà de transport terrestre més enllà del turisme (autobús, camió, motocicleta, bicicleta, patinet, furgoneta...) En aquest TR, però, em centraré en el turisme com a sinònim de vehicle elèctric i exposaré les oportunitats per apostar per la seva electrificació dins del context de transició energètica.

D'acord amb Sebastián (2019: 64) podem diferenciar quatre tipus d'oportunitats: **mediambiental, energètica, industrial i tecnològica**. La primera té en compte disminuir els nivells de CO<sub>2</sub>, per poder complir els objectius marcats a l'agenda 2030. En aquest punt cal tenir molt en compte de quina manera ha estat produïda l'electricitat amb la que estem carregant el nostre vehicle elèctric, ja que si, per una banda, aquesta ha estat creada per mitjà de carbó serà “energia bruta” i quan fem servir el cotxe estarem contaminant indirectament el medi ambient, ara bé, per l'altra banda, si aquesta energia prové d'una font renovable com la solar, eòlica... si que aquesta energia seria 100% neta i no contaminariem el medi ambient. Aquest argument es pot aplicar a tots els països ja que no tots tenen la mateixa font d'energia com molt bé explica el professor de la UAB Xavier Álvarez en el vídeo [Chapter 5: electric car](#) del canal *De l'Euro al joule*. En concret, Álvarez demostra que països com Polònia, Xina i Estats Units, són els que més contaminen produint energia elèctrica a partir del carbó; en canvi, uns dels països que contaminen menys seria Islàndia (0% carbó) o Dinamarca amb quantitats molt reduïdes de

---

<sup>17</sup> El mapa conceptual s'ha elaborat a partir de la documentació cercada a la següent webgrafia: <https://www.motor.es/que-es/motor> [data de la consulta: 5 d'agost de 2023].

<sup>18</sup> Aquest procés de descarbonització té relació amb el concepte de transició energètica descrit a l'apartat 1 d'aquest marc teòric.

<sup>19</sup> Sebastián (2019: 62) afirma que la indústria elèctrica marítima i aèria es troben en una fase molt incipient o experimental. Aporta els exemples del X Shore que es coneix com el Tesla del mar i el CityAirbus, que és un taxi aeri 100% elèctric amb capacitat per a quatre passatgers.

combustibles fòssils comparats amb altres països, que fan servir altres fonts com la solar, l'eòlica o la hidràulica:

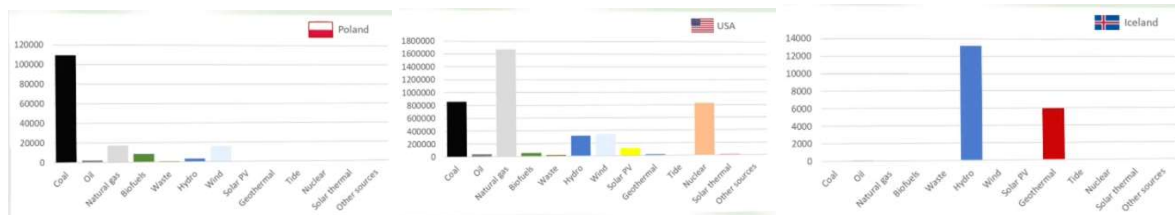


Figura 16: Gràfics extrets “Chapter 5: Electric Car” del canal *Del Euro al Joule*: per comparar el tipus de font d’energia externa que fan servir diferents països pel cotxe elèctric.

Ara bé també és necessari tenir en compte segons les dades dels gràfics que no tots els països tenen el mateix nombre d’habitants, en aquest sentit, un país com Estats Units necessita consumir molta més energia que Islàndia què és un país petit i que amb quantitats petites d’energia ja serveixen per alimentar a tot el volum de gent que hi resideix.

La segona de les oportunitats és la energètica i des d’un punt de vista tècnic el vehicle elèctric és més eficient per cada quilòmetre recorregut a diferència d’un vehicle de combustió. En aquesta relació té protagonisme el concepte *d’eficiència energètica* que, en paraules de Sebastian (2009:66), es mesura per “el cociente de energía mecánica aprovechada en el movimiento del vehículo en comparación con la energía total almacenada en el combustible”. A la taula següent s’exemplifica la comparació entre el consum d’energia de dos tipus de vehicles: un de combustió i un elèctric.

| Vehículo de combustión (CLIO)  | Vehículo eléctrico (ZOE)       |
|--------------------------------|--------------------------------|
| 6 litros/100 km                | 15kWh/100 km                   |
| 1,5 euros por litro            | 0,1 euros por kWh              |
| <b>TOTAL: 7,5 euros/100 km</b> | <b>TOTAL: 1,5 euros/100 km</b> |

Figura 17a : Comparació de la despesa d’energia consumida entre un motor de combustió i un elèctric [Gràfic extret de Sebastián (2019: 67)].

Aquests resultats es poden contrastar amb la informació que a dia d’avui (2023) consta publicada a diferents pàgines web especialitzades en contingut sobre motors elèctrics:

|                                 | Precio         | 100 km   | Importe |
|---------------------------------|----------------|----------|---------|
| <b>Diésel/gasolina</b>          | 1,77 € / litre | 6 Litres | 10 €    |
| <b>Precio medio kWh Endolla</b> | 0,31 € / kWh   | 17 kWh   | 5,3 €   |

Figura 17b: Comparació de la despesa d’energia consumida entre

un motor de combustió i un elèctric, dades 2023<sup>20</sup>

### Coste medio de cargar un coche eléctrico

| Tipo de VE            | Capacidad de la batería | Carga en casa<br>precio por kWh:<br>0,22€ | Carga pública/<br>al trabajo<br>precio por kWh:<br>0,30€ + €1 tarifa de servicio | Carga rápida<br>precio por kWh:<br>0,50€ + €2 tarifa de servicio |
|-----------------------|-------------------------|---|--|--|
| <u>Fiat 500e</u>      | 24 kWh                  | 5,28€                                     | 8,20€  | 14€  |
| <u>Nissan LEAF</u>    | 40 kWh                  | 8,80€                                     | 13€  | 22€  |
| <u>Tesla Model S</u>  | 75 kWh                  | 16,50€                                    | 23,50€   | 39,50€   |
| <u>Porsche Taycan</u> | 90 kWh                  | 19,80€                                    | 28€  | 47€  |

Figura 17c: Comparació de la despesa d'energia consumida en diferents models de cotxe elèctric i en diferents tipus de càrregues, dades 2023<sup>21</sup>

Segons les dades de la taula 17a i b, destaca l'estalvi econòmic del vehicle elèctric ja que recórrer 100 quilòmetres té un cost de només 1,5 euros i un estalvi de 6 euros respecte al vehicle de combustió. Aquesta mateixa conclusió és la que afirma Sebastián (2019: 67) “ Eso quiere decir que, para una vida útil de 100000-150000 km, el ahorro en costes energéticos del vehículo eléctrico será de unos 6000-9000 euros. Por lo tanto, el vehículo eléctrico, además de las ventajas medioambientales, contribuye a otro de los objetivos 2030, el del ahorro y la eficiencia energética”.

En tercer lloc, el vehicle elèctric representa una oportunitat industrial perquè la indústria de l'automòbil requereix una transformació per a fabricar nous productes que funcionin amb energies netes i això suposa una revolució respecte a les dècades anteriors. D'aquesta manera, la indústria ha d'enfrontar aquest nou repte; caldrà una transformació de tot el sector: fabricants, formació dels treballadors, fabricació de les bateries i altres components, creació d'infraestructures de recàrrega, adaptació dels tallers i dels concessionaris... En aquest sentit, es tracta d'una qüestió mediambiental causada per una transició energètica amb repercussions directes al sector industrial i tecnològic. Per aquest motiu, la indústria del vehicle elèctric representa també la quarta de les oportunitats que menciona Sebastián, la tecnològica. Caldrà molta recerca per aconseguir el repte de desenvolupar i implementar el vehicle elèctric a gran escala. Dit amb altres

<sup>20</sup> Font de les dades:

<https://endolla.barcelona/es/noticias/servicio-endolla/consumo-del-coche-electrico-cuanto-cuesta-cada-kilometro> [data de la consulta 1 de desembre de 2023].

<sup>21</sup> Font de les dades: <https://evbox.com/es-es/guia-coches-electricos> [data de la consulta 1 de desembre de 2023].



paraules, les properes dècades del segle XXI suposaran una gran fita per a la història de la tecnologia.

Un exemple d'aquest canvi de model en la indústria de l'automòbil cap a la recerca i l'aplicació de nous coneixements en la fabricació de vehicles elèctrics el tenim a l'empresa Ford, que ha anunciat una important inversió econòmica per a fabricar vehicles elèctrics: "11,400 millones de dólares, de los que 7,000 corresponden a Ford, que ha informado de que invertirá un total de 30,000 millones de dólares en la electrificación de su gama de productos hasta 2025. Ford prevé que para 2030 entre el 40% y el 50% de los vehículos que produce en todo el mundo sean totalmente eléctricos"<sup>22</sup>.

Arribats a aquest punt, hem de reconèixer que el pas de realitzar una transició energètica és molt complexa per a un país mitjà/gran. Si ens enfoquem en el nostre (Espanya) es tindrien que contemplar varis problemes sobre els que caldria reflexionar abans de realitzar la transició energètica.

Per una banda, Espanya manca d'unes infraestructures modernes per tal de crear energia renovable des d'un inici com podrien ser els parcs eòlics, hidràulics... Encara que ja s'està fent realitat la renovació d'infraestructures, és necessari fer una inversió econòmica bastant gran per tal que la transició energètica funcioni.

Per altra banda, el cotxe elèctric està protagonitzant un paper molt important en aquests últims anys, ara bé, també és veritat que si gran part de la societat espanyola disposés d'un cotxe elèctric la situació en què estaríem seria insostenible, ja que no disposaríem d'energia suficient per poder carregar tots els cotxes elèctrics, com bé exposa Xavier Àlvarez<sup>23</sup>. En primer lloc, pel que fa als recursos naturals (cobalt, liti...) és inviable fabricar tantes bateries com cotxes que volem que hi hagi. En segon lloc, també hem de tenir en compte que a l'hora de desfer-nos dels cotxes elèctrics seria un problema a contemplar com ens desfem d'aquestes bateries perquè contaminen molt i, per tant, és important saber com s'han de reciclar correctament. De fet, aquesta última qüestió, el reciclatge de les bateries, ha sortit als mitjans de comunicació<sup>24</sup> en els darrers dies i s'ha fet palès que cal una legislació al respecte, ja que Espanya encara no està preparada i les

---

<sup>22</sup> Cita extreta de la notícia publicada a: <https://expansion.mx/empresas/2021/09/28/ford-mayor-inversion-vehiculos-electricos-de-su-historia> [data de la consulta: 2 setembre de 2023].

<sup>23</sup> El professor Xavier Àlvarez tracta aquesta qüestió al vídeo número 1 (*Introduction*) del canal del Euro al Joule: [https://www.youtube.com/watch?v=Syp-mogqMds&list=PLLnZZY8R-N-VFm\\_t3m\\_fJM\\_qQCBqg0P-L&ab\\_channel=Del%27EuroalJoule](https://www.youtube.com/watch?v=Syp-mogqMds&list=PLLnZZY8R-N-VFm_t3m_fJM_qQCBqg0P-L&ab_channel=Del%27EuroalJoule). [data de la consulta: 2 setembre de 2023].

<sup>24</sup> Per exemple, a la següent notícia s'exposa la problemàtica del reciclatge de bateries a Espanya: <https://elperiodicodelaenergia.com/entra-vigor-ley-ue-reutilizacion-reciclaje-baterias/> [data de la consulta: 2 setembre de 2023].

bateries inservibles s'han d'enviar a altres països com Noruega, França o Alemanya<sup>25</sup>.

### 3.3.1. Tipus de vehicles elèctrics

En el mercat actual hi ha diferents tipus de vehicles elèctrics, en funció de les seves característiques i del seu funcionament. A continuació, presentem una classificació segons els dos criteris anteriors<sup>26</sup>:

1. Vehicles elèctrics de bateries

Es tracta del cotxe elèctric pur que es desplaça a través de l'energia emmagatzemada a les bateries. Cal carregar la bateria amb un endoll. Per tal de maximitzar l'autonomia, aquests cotxes aprofiten l'energia que s'obté a partir del mètode de la frenada regenerativa, la qual consisteix en quan es deixa l'accelerador, s'utilitza un fre situat al sistema de frenat que crea l'energia gràcies a la fricció del disc i la pastilla.

2. Vehicles elèctrics amb pila d'hidrogen:

En aquest tipus de vehicles no es necessiten bateries sinó que es genera electricitat per mitjà de la electròlisi de l'hidrogen com a residu que només emet aigua.

3. Vehicle elèctric d'autonomia estesa:

Són semblants als vehicles elèctrics de bateries (vehicles elèctrics purs). Funcionen amb un motor elèctric principal, el qual s'encarrega de moure el cotxe, però els diferencia el motor de combustió que porten a part per tal de complementar el motor elèctric, i, per tant, incrementar l'autonomia del cotxe tal i com diu el seu propi nom.

4. Vehicle híbrid o vehicle híbrid endollable:

La complementació entre dos motors: Motor de combustió i motor elèctric. Aquest últim, té la funció de fer moure el cotxe a baixes velocitats, en aquest sentit, per a les ciutats on la velocitat no acostuma a ser molt alta es circula sense emetre emissions, la part elèctrica es pot carregar de varies maneres, per una banda, quan es frena es crea electricitat o bé en alguns (híbrids endollables) com bé descriu el propi nom es pot endollar a la corrent. En canvi, aquests models de cotxes tenen un motor de combustió (gasolina) que té la funció de moure el cotxe a altes velocitats com podrien ser a la autovia, autopista i a carreteres ràpides

### 3.3.2. Materials pels quals estan formats i preus

En aquesta taula podem veure els preus i quines marques són les que comencen a apostar per la transició energètica.

---

<sup>25</sup> Aquesta afirmació s'ha consultat en la següent font: <https://www.iberdrola.es/blog/transporte/vida-util-bateria-coche-electrico#:~:text=Ya%20empiezan%20a%20surgir%20empresas,como%20grandes%20fabricantes%20de%20autom%C3%B3viles> [data de la consulta: 2 setembre de 2023].

<sup>26</sup> Aquesta classificació s'ha realitzat a partir de la següent documentació: <https://www.motorpasion.com/compra-coches/conoce-que-tipos-coches-electricos-hay-sus-caracteristicas-estas-buscando-uno-segunda-mano> [data de consulta 8 de juliol de 2023].

També es pot observar clarament les classificacions segons el tipus/mètode d'energia que utilitzen per moure's:

| Tipus de vehicle elèctric:                     | Preu                               | Vehicle concret (Marca i model) |
|--|------------------------------------|---------------------------------|
| 1. Vehicles elèctrics de bateries              | 31.200€                            | Opel Corsa                      |
|  | 43.620€                            | Hyundai Ioniq                   |
|  | 33.960€                            | Renault ZOE                     |
|  | Des de 96.505 €, fins 203.045 €    | Porsche Taycan                  |
|  | Des de 41.925 euros, fins 59.400 € | Mini Countryman                 |
| 2. Vehicles elèctrics amb pila d'hidrogen:     | 69.000 €                           | Toyota Mirai                    |
|  | 73.450 €                           | Hyundai Nexo                    |
| 3. Vehicle elèctric d'autonomia extesa:        | 25.650 €                           | Nissan Qashqai                  |
|  | 38.250€                            | BMW i3 Range Extender           |
| 4. Vehicle híbrid o vehicle híbrid endollable: | 34.080 €                           | SEAT León e-HYBRID              |
|  | 112.507€                           | Porsche Cayenne E-Hybrid        |
|  | 24.790 €                           | Hyundai Kona                    |

Figura 18: Taula comparativa feta per mi mateix en la que classifico els tipus de vehicles elèctric segons el seu preu i model a partir de la documentació cercada per Internet (a la columna dreta es troben els enllaços de les fonts de documentació).

La conclusió que s'extreu de les dades anteriors és que, en general, els preus dels vehicles elèctrics més costosos són els que funcionen amb hidrogen. La diferència de preu també va associat amb la marca del cotxe (segons la gamma): així, Porsche o BMW tenen un preu més elevat a diferència de Opel Corsa o Hyundai Kona.

#### 4. Els vehicles motoritzats amb energia fotovoltaica

La recerca que he realitzat sobre vehicles motoritzats que apliquin l'energia fotovoltaica ha donat com a resultat un estat de la qüestió, que es detalla a l'apartat 4.1., a partir de quatre estudis:

1. Rossi, Silvano et al. (2014): “Pampa Solar: Un proyecto multidisciplinario para la construcción de un vehículo solar”, *Ciencia, docencia y tecnología*. Vol XXV, nº48, 225-249.
2. García Alcañiz, Carlos (2021): “Conoce la placa fotovoltaica flexible para coche eléctrico: ¿Solución ideal?”, *Car and driver*, 1-4. [<https://www.caranddriver.com/es/movilidad/a37523560/placa-fotovoltaica-flexible-coche/>]
3. Iñiguez-Morán, V.; Villa-Ávila, E.; Ochoa-Correa, D.; Larco-Barros, C. y Sempertegui Alvarez, R. (2023) “Estudio de eficiencia energética de una bicicleta eléctrica urbana cargada con una estación de carga solar fotovoltaica autónoma y su cumplimiento con la regulación ecuatoriana No. ARCERNNR – 002/20 ,” *Ingenius, Revista de Ciencia y Tecnología*, N.º 29, pp. 46-57, doi: <https://doi.org/10.17163/ings.n29.2023.04>.
4. Sevilla [www.sevilla.org](http://www.sevilla.org). Noticia 30.06.2021 “Sevilla pone en marcha el servicio de alquiler de patinetes eléctricos con 2.000 unidades y más de 200 puntos de estacionamiento habilitados en la vía pública”, [<https://www.sevilla.org/actualidad/noticias/2021/sevilla-pone-en-marcha-el-servicio-de-alquiler-de-patinetes-electricos-con-2-000-unidades-y-mas-de-200-puntos-de-estacionamiento-habilitados-en-la-via-publica>]

Els tres articles primers tenen un comú que són recerques realitzades a partir d'un model prototip que encara no s'ha comercialitzat. Per tant, es consideren exemples hipotètics de possibles cotxes en un futur. En canvi, la última publicació tracta d'un exemple real dut a terme a Sevilla que consisteix en aprofitar l'energia captada per unes plaques solars per carregar els patinets elèctrics en un punt d'estacionament a la via pública.

#### 4.1. Estat de la qüestió: tecnologia a partir de l'energia fotovoltaica

L'article de Rossi, Silvano *et al.* (2014): “Pampa Solar: Un proyecto multidisciplinario para la construcción de un vehículo solar” va tenir l'objectiu de construir un vehicle híbrid experimental, anomenat *Pampa Solar* que va guanyar un premi a l'ús més eficient de l'energia solar. Els autors d'aquest article mencionen que en les últimes dècades s'han realitzat competicions de vehicles solars a diferents parts del món que han generat rellevants contribucions per al desenvolupament dels vehicles solars actuals.

En concret, d'aquest prototip solar destaca per funcionar principalment amb energia solar i, de manera complementaria, es desplaça per l'energia produïda pels pedals ja que presenta una estructura mixta de cotxe de tres rodes però amb un sistema de pedaleig propi d'un tricicle (veure imatges de la figura 19). Entre les característiques més rellevants destaquen les següents:

emplea energia solar com a principal font de electricitat i el aportes adicional de un generador electric accionado por el pedaleo del conductor. El vehiculo, construido en el seno de nuestra institucion educativa por estudiantes, docentes y no docentes, cuenta con una bateria de ultima generacion para el almacenamiento de energia y un motor electric incorporado en la rueda trasera del movil (Rossi, Silvano *et al.* 2014: 228-229).



Figura 19: Fotografies del vehicle híbrid experimental *Pampa Solar*, a la seva primera versió (1a imatge) i la versió final del vehicle, amb panells i carrosseria (2a imatge)

La placa solar feta servir en aquest prototip té unes dimensions de 1,2m x 2,5 m i capta una radiació solar de  $600 \text{ W/m}^2$ . El seu rendiment és d'un 17% i la velocitat màxima a la que pot arribar, entre l'energia de les plaques i el sistema de pedaleig, és 55 km/h (Rossi, Silvano *et al.* 2014: 235). Tenint en compte que en l'actualitat els rendiments de les plaques fotovoltaïques oscil·la entre el 19 i el 22%<sup>27</sup>, l'eficiència energètica d'aquest prototip és notable i el fa viable gràcies a la combinació dels diferents tipus d'energia que fa servir per desplaçar-se, com afirmen els seus autors: "el comportamiento de la mecánica, electricidad y electrónica del vehículo, así como de los sistemas energéticos, especialmente el sistema de paneles solares

<sup>27</sup> Dades extretes de la font <https://www.smartwallboxes.com/rendimiento-de-los-paneles-solares/> [data de la consulta 16 de novembre de 2023].



fotovoltaicos, demostraron un grado de confiabilidad muy auspicioso” (Rossi, Silvano *et al.* 2014: 246).

Pel que fa a l'article de García Alcañiz, Carlos (2021): “Conoce la placa fotovoltaica flexible para coche eléctrico: ¿Solución ideal?” proposa la incorporació de plaques solars als sostres dels cotxes elèctrics per allargar la seva autonomia:



Figura 20. Exemple de la proposta de cotxe amb sostre fotovoltaic (García Alcañiz, Carlos 2021: 2)

Segons les dades que s'aporten en aquest estudi, el material d'aquestes plaques és flexible i s'adapta al sostre dels cotxes; també serien vàlides per autobusos i camions. El seu rendiment és del 22% i aportarien un total de cinquanta quilòmetres extra a l'autonomia d'un cotxe elèctric. Al mercat hi ha un model de cotxe amb aquest sistema d'energia: *Prius Plug-in-Solar* amb un cost de 41.000 euros (veure imatge dreta de la figura 20) i el seu sostre treballa “para almacenar energía para recorrer un kilómetro por cada hora que el Prius esté al sol” (García Alcañiz, Carlos 2021: 4).

El tercer dels articles, Iñiguez-Morán, V.; Villa-Ávila, E.; Ochoa-Correa, D.; Larco-Barros, C. y Sempertegui Alvarez, R. (2023), presenta l'anàlisi de càrrega de la bateria d'una bicicleta elèctrica alimentada per cinc panells de plaques fotovoltaïques, com es pot observar a la figura 20.1:

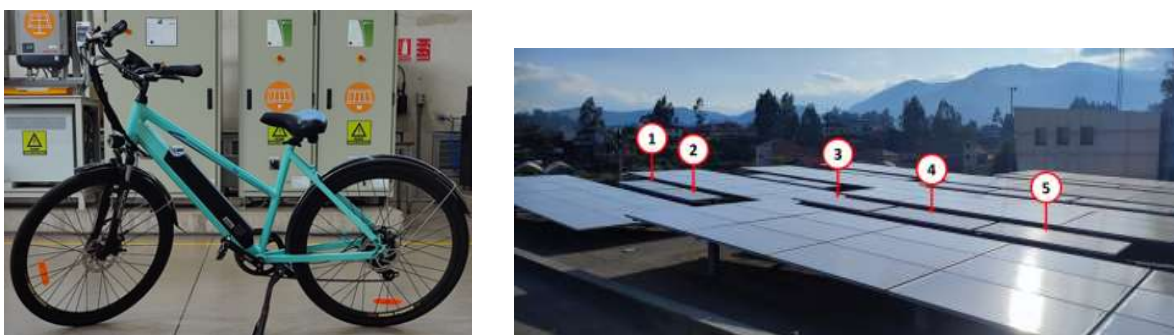


Figura 20.1. Imatges de l'estudi d'Iñiguez-Morán, V.; Villa-Ávila, E.; Ochoa-Correa, D.; Larco-Barros, C. y Sempertegui Alvarez, R. (2023: 50) sobre el subministrament de l'energia solar a una bicicleta elèctrica

A diferència dels prototips anteriors, la bicicleta no porta instal·lat cap panell solar, sinó que l'energia amb la què es carrega prové d'una estació solar formada per

cinc panells solars. Amb una càrrega completa de sis hores, quaranta sis minuts i sis segons, la bicicleta pot recórrer 30,91 km. Els autors d'aquesta recerca arriben a la conclusió de l'alta viabilitat d'aquest sistema per vehicles de micromobilitat, com ara bicicletes o patinets. D'aquesta manera, la fabricació d'aquests microvehicles seria menys costosa ja que les plaques solars no s'afegeixen al vehicle en sí, sinó que només es fa servir l'energia, que prové d'un origen solar.

Finalment, en aquest repàs sobre els exemples de vehicles fabricats amb plaques solars o que fan servir l'energia solar, destaca la notícia del *Diari de Sevilla* (30.06.2021), en la què s'aposta per la construcció de parcs solars en entorns urbans per carregar patinets elèctrics:



Figura 21. Exemple d'un punt d'estacionament i recàrrega amb energia solar per a patinets elèctrics dut a terme a Sevilla<sup>28</sup>

Es tracta d'un projecte pilot impulsat per l'Ajuntament de Sevilla amb el què es pretén millorar una mobilitat més sostenible, com es detalla al text de la notícia:

la ciudad dispondrá de 2.000 unidades distribuidas por distintas zonas y con más de 200 puntos de estacionamiento habilitados que se irán ampliando de forma progresiva. Dentro de estos puntos de estacionamiento, el Parque Científico y Tecnológico Cartuja cuenta con uno específico que incluirá recarga con energía solar a través de una iniciativa piloto desarrollada por Solum Photovoltaic Innovation que no existe en ninguna otra ciudad. El objetivo es que esta experiencia se pueda evaluar y analizar durante los próximos meses y que sienta las bases de una próxima licitación pública del servicio (2021: 2).

El breu estat de la qüestió descrit en els paràgrafs anteriors demostra un interès incipient per incorporar l'energia solar en la fabricació de vehicles. Segons les conclusions d'aquests estudis, sembla més viable la incorporació de l'energia solar a microvehicles a partir de la càrrega directa per mitjà d'aquesta font d'energia (article de Iñiguez-Morán, V.; Villa-Ávila, E.; Ochoa-Correa, D.; Larco-Barros, C. y

<sup>28</sup> Font de la imatge:

<https://www.sevilla.org/actualidad/noticias/2021/sevilla-pone-en-marcha-el-servicio-de-alquiler-de-patinetes-electricos-con-2-000-unidades-y-mas-de-200-puntos-de-estacionamiento-habilitados-en-la-via-publica> [data de consulta 2 juliol de 2023].

Sempertegui Alvarez, R. (2023) i publicació del *Diario de Sevilla*) perquè s'obté una certa autonomia per desplaçar-se sense recórrer a cap altre tipus d'energia complementària. En canvi, la incorporació de plaques fotovoltaïques en el procés de construcció dels propis vehicles (Rossi, Silvano *et al.* 2014 i García Alcañiz 2021) no aporta una autonomia tan clara per si mateixa, ja que aquests cotxes han de funcionar amb altres energies complementàries a la solar; per tant, en aquest cas, es tracta de prototips híbrids (energia elèctrica i solar). A la part pràctica del nostre TR intentarem contrastar les dades dels estudis anteriors per donar resposta a la pregunta següent: l'energia solar és capaç de moure un cotxe de manera eficient?



### III. MARC PRÀCTIC

La part pràctica d'aquest TR s'ha dissenyat en base a la següent estructura: per una banda, s'ha construït un prototip de vehicle impulsat per un motor elèctric i alimentat per energia fotovoltaica (veure apartat 1, III. Marc pràctic) amb la finalitat de desenvolupar la nostra hipòtesi de TR (veure I. Presentació) i poder confirmar-la o desmentir-la, és a dir, es vol comprovar si l'energia solar és capaç de moure un cotxe de manera complementària a l'energia elèctrica; per una altra banda, s'analitzen totes les dades obtingudes a partir de la metodologia d'anàlisi del projecte de recerca de la UAB del "Euro al Joule" (veure apartat 2, III. Part pràctica). Finalment, a la tercera part de l'anàlisi es contrasten les dades obtingudes del consum energètic del prototip de cotxe híbrid (amb energia solar) i d'un cotxe real per respondre a la hipòtesi de si seria viable la seva posterior fabricació (veure apartat 3, III. Part pràctica).

#### 1. Elaboració d'un prototip de vehicle impulsat per un motor elèctric i alimentat per energia fotovoltaica.

El cotxe que he triat és un prototip de vehicle, que vaig aconseguir per Amazon, que funciona amb dos tipus d'energies al seleccionar el botó corresponent: motor elèctric (amb piles) o motor amb energia solar. Aquest inicialment venia desmuntat per peces (veure foto en la part inferior) i, en aquest sentit, vaig haver de muntar-lo des de zero utilitzant les diferents peces que em proveïa el paquet, com també es pot veure en la fotografia inferior.

Vaig escollir aquest tipus de prototip ja que s'ajustava perfectament a les meves necessitats i les del treball ja que el nostre objectiu és comprovar si a baixa escala l'energia solar podria protagonitzar un bon paper i ser una solució per poder-ho extrapolar a la fabricació de cotxes reals.



Figura 22: Fotografia realitzada per mi mateix on es veu la caixa del meu prototip.

### 1.1. Descripció dels components

El prototip de cotxe elèctric alimentat per energia solar té un total de 20 peces, com podem veure a la imatge inferior. Per una banda, destaquen les peces més importants del cotxe, com la G1, G2, G3, G4, G5, G6, G13, G17, corresponen respectivament, eix òptic (connecta les rodes) a la placa solar, l'interruptor, les rodes, els cargols, el xassís i, per últim, el motor. Per altra banda, tenim les parts estètiques o menys imprescindibles pel bàsic funcionament del cotxe com ara les finestres, portes, els vidres, l'aleró...

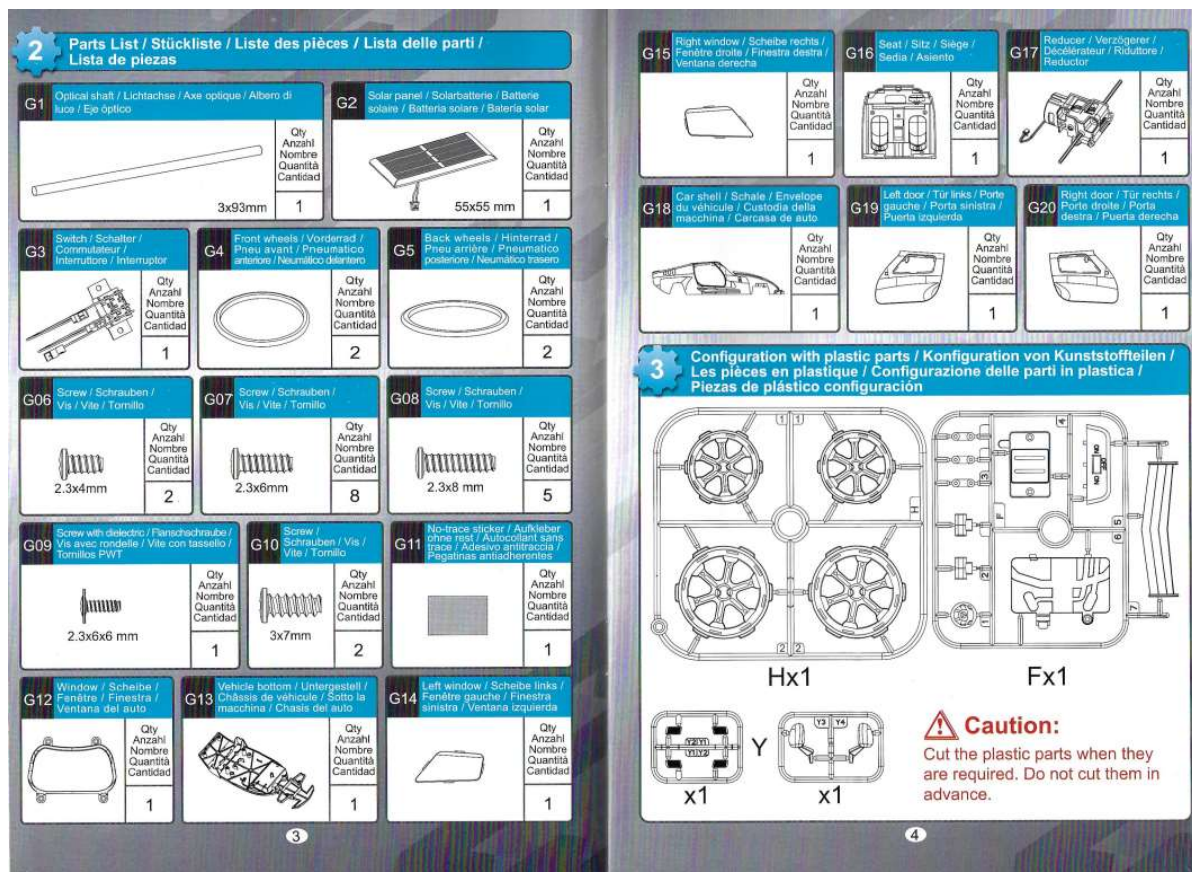


Figura 23: Fotografia dels components del cotxe (prototip) on es veuen les diferents peces que el componen

Una vegada construït el cotxe a base de la unió d'aquestes peces (veure annex II: Procés de muntatge del cotxe solar), el procés que vaig trobar més difícil va ser la connexió de la part elèctrica, on s'havia de connectar l'interruptor amb el motor i la respectiva placa solar. Durant aquest procés havia de tenir cura per tal de no xafar els cables ja que, si fos així, el sistema elèctric del cotxe s'espallaria i no es podria desplaçar.

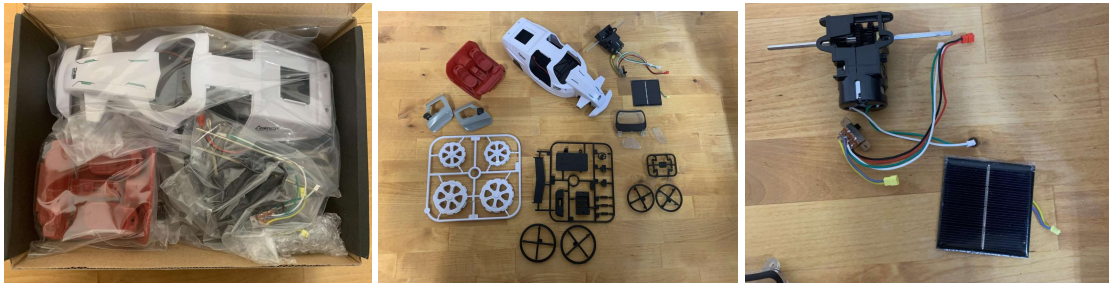


Figura 24: Fotografies realitzades per mi on surten les peces del prototip ordenades

Finalment, i per tal de personalitzar més el model de cotxe prototip, presento un disseny de logo que ha elaborat un amic meu que cursa un Batxillerat artístic:



Figura 25: Imatge del prototip amb el logo elaborat

### 1. 2. Registre de les dades de consum en un moviment rectilini uniforme

En aquest primer apartat del marc pràctic, he dut a terme un primer experiment per calcular l'energia que empra el cotxe en moure's (en un moviment rectilini uniforme → MRU). La intenció d'aquesta prova és analitzar si aquest sistema d'energia híbrida és sostenible a gran escala i a cotxes de la nostra vida quotidiana. Per tant, per poder assolir aquest objectiu vaig haver de seguir uns quants passos.

Primerament, vaig haver de mesurar (com es pot veure a la taula de la figura 26) quant temps tardava en recórrer una distància determinada (1,5 metres) en diferents hores del dia, ja que segons l'hora del dia (com es pot veure en la gràfica de la web AEMET, figura 27) hi ha més o menys radiació solar, el que fa que el cotxe solar vagi més ràpidament o a la inversa. En aquest sentit, podem veure (comparant la taula de la figura 26 i el gràfic de la figura 27) que a mesura que el sol va acostant-se al punt de radiació màxima (al voltant de les 12, al migdia), el cotxe solar va fent cada vegada un progrés més gran -el temps més ràpid és de 10,75 segons a les 12:00- fins que, quan la radiació comença a baixar, el cotxe prototip també fa una decaiguda. Per tant, podem concloure clarament que les dades de la taula i el gràfic es complementen perfectament:

|   |
|---|
| <b>REGISTRE DE DADES MRU AMB ENERGIA SOLAR:</b>           |
| DISTÀNCIA: 1.50 metres                                    |
| <b>12 D'OCTUBRE DE 2023 - dia assoleiat, sense núvols</b> |

| <b>REGISTRE DE DADES MRU AMB ENERGIA SOLAR:</b>   |  |
|---|--|
| <b>HORA</b>   | <b>TEMPS (en recórrer 1.50 metres)</b> |
| 9.30  | No funciona                            |
| 10.00   | No funciona                            |
| 10.30   | No funciona                            |
| 11.00   | No funciona                            |
| 11.20   | 13.72                                  |
| 11.21   | 14.58                                  |
| 11.22   | 13.33                                  |
| 11.32   | 13.38                                  |
| 11.34   | 12.34                                  |
| 11.37   | 12.99                                  |
| 11.44   | 13.51                                  |
| 11.45   | 12.39                                  |
| 11.47   | 11.89                                  |
| 11.49   | 12.01                                  |
| 12.00   | 10.75                                  |
| 12.30   | 11.97                                  |
| 13.10   | 11.43                                  |
| 13.45   | 12.40                                  |
| 14.25   | 13.65                                  |
| 15.20   | No funciona                            |
| 15.40   | No funciona                            |
| 16.14   | No funciona                            |
| A partir d'aquesta hora no s'han registrat més dades perquè al lloc establert ja li tocava l'ombra i el cotxe no es desplaçava. |  |

Figura 26: Taula realitzada per mi mateix on classifico el temps del prototip segons l'hora del dia

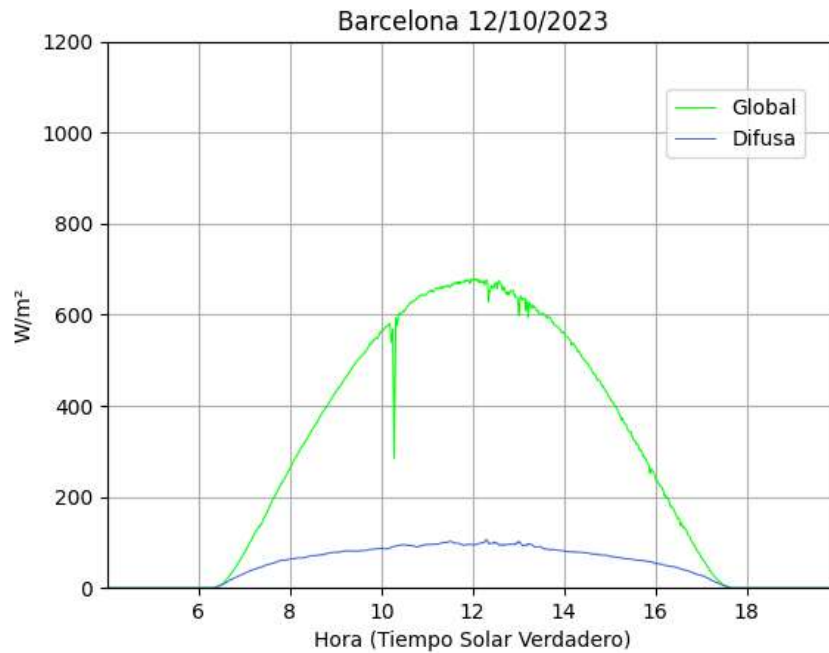


Figura 27: Gràfica extreta d'AEMET<sup>29</sup> on es veu la radiació solar segons l'hora del dia 12 d'octubre de 2023

En segon lloc, he realitzat un segon experiment per poder calcular la força de fricció entre els eixos del cotxe prototip (força que el cotxe ha de realitzar per tal de començar-se a moure). Per poder calcular aquesta força vaig haver d'utilitzar un **dinamòmetre** (aparell que mesura la força, gràcies a una molla que, a mesura que s'estira, va marcant la força en newtons, veure figura 28). Amb aquest aparell extrauríem la *constant ro*, dada necessària per afegir-la posteriorment a la fórmula per calcular la fricció amb l'aire (veure apartat 2 “*De l'Euro al Joule*”), i ho multiplicaríem per la distància recorreguda, d'aquesta manera ens donarà l'energia empleada per moure's. Tots aquests càlculs es presentaran a l'apartat 3. “Anàlisi contrastiva del consum energètic del prototip de cotxe híbrid (amb energia solar) i d'un cotxe real (amb energia elèctrica)”:

<sup>29</sup> Enllaç URL de la font:

<https://www.aemet.es/es/eltiempo/prediccion/municipios/grafica/todas/caldes-de-montbui-id08033>



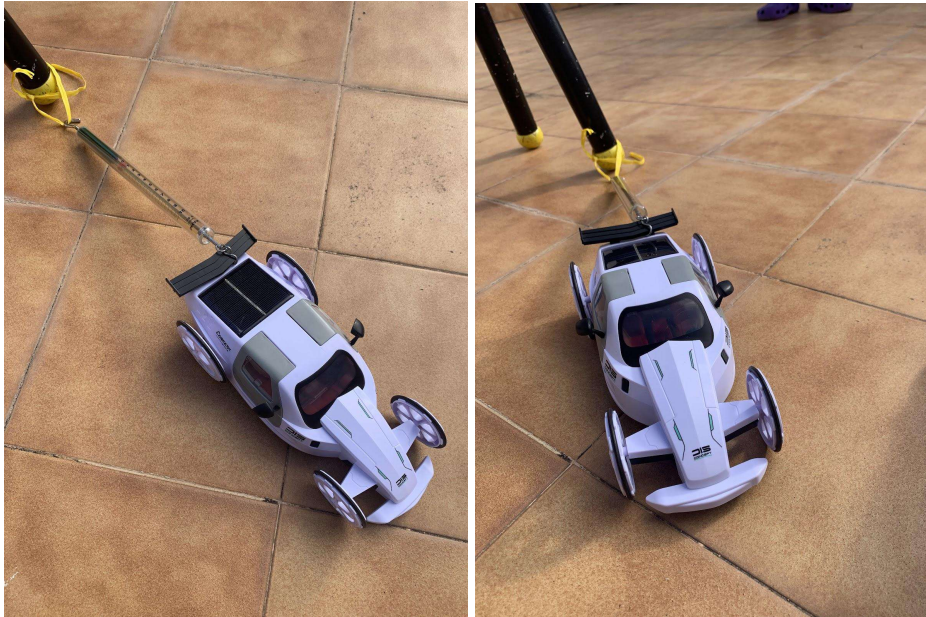


Figura 28: Fotografies extretes per mi mateix on realitzo l'experiment amb el dinamòmetre

## 2. De l'Euro al Joule: projecte de recerca de la UAB

El projecte de recerca *De l'Euro al Joule*, liderat pels professors de la UAB Daniel Campos i Xavier Álvarez, ha elaborat uns vídeos divulgatius per Youtube que permeten entendre molt bé quins fenòmens físics es duen a terme al circular un vehicle. Aquest contingut teòric ens permet aplicar-ho al marc pràctic d'aquest TR, a partir dels càlculs que es presentaran a l'apartat 2.1. A continuació, exposaré breument els conceptes més rellevants, a partir del contingut del vídeo "Consum de l'energia d'un cotxe"<sup>30</sup>, publicat a Youtube pel professor Xavier Álvarez, que cal presentar per poder entendre posteriorment l'execució dels meus càlculs aplicats a la despesa de consum d'un cotxe prototip amb plaques solars i a cotxes reals (amb motor de gasolina i amb motor híbrid).

Per poder realitzar un procés de transició energètica, cal un estudi detallat de la despesa que consumeix un cotxe per saber de quina forma es pot reduir, d'acord amb la importància del problema climàtic. En aquest sentit, el professor Xavier Álvarez formula la següent qüestió: en què gasta un cotxe l'energia que li proporciona el combustible o les seves bateries?

A través de fórmules molt senzilles es pot respondre aquesta pregunta:

<sup>30</sup> [https://www.youtube.com/watch?v=zBXh3klX1-U&ab\\_channel=Del%27EuroalJoule](https://www.youtube.com/watch?v=zBXh3klX1-U&ab_channel=Del%27EuroalJoule) [data de la consulta, juliol de 2023].

$$F = m \cdot a$$

$$W = F \cdot d$$

$$F_f = \frac{1}{2} C_p A v^2$$

Figura 29. Fórmules de la força, treball i força de fregament

A continuació, s'exposen tres conceptes que cal tenir en compte per poder aplicar les tres fórmules anteriors: *inèrcia*, *fricció* i *rendiment termodinàmic*<sup>31</sup>.

Per *inèrcia* entenem la resistència del cotxe a modificar la seva velocitat. És major proporcionalment a la seva massa. El motor ha de fer una força per engegar el cotxe. Per calcular la inèrcia cal aplicar la fórmula:  $F = m \cdot a$ . La força actuant en una distancia determinada produeix un treball (W) que serveix per canviar la seva energia cinètica. Per calcular el treball, es fa servir la fórmula:  $W = F \cdot d$ . Al final d'aquest procés l'energia del combustible s'ha transformat en energia cinètica del cotxe, com es representa en la següent imatge.

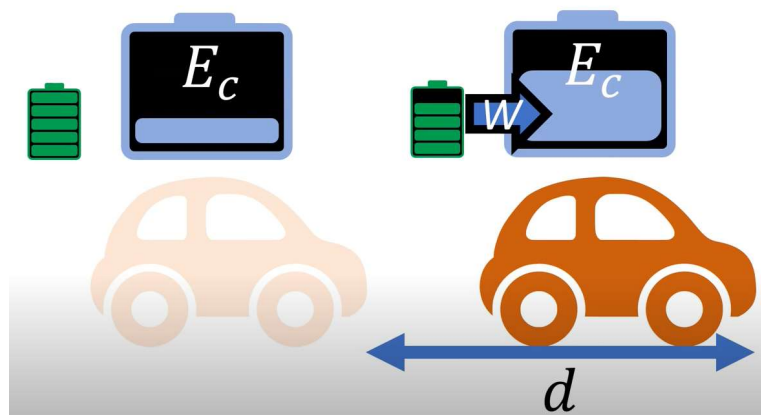


Figura 30. El desplaçament d'un cotxe i l'energia gastada

El segon concepte en el moviment d'un vehicle és la *fricció* i aquest efecte s'esdevé quan el cotxe està en moviment. N'hi ha de dos tipus: amb els *eixos* i amb l'*aire*. Ambdues friccions generen una força que s'oposa al moviment i, per tant, el seu efecte és el de reduir l'energia cinètica.

<sup>31</sup> El contingut d'aquesta explicació, així com les captures d'imatges, prové de la comprensió realitzada a partir de la visualització del vídeo del professor Xavier Álvarez: [https://www.youtube.com/watch?v=zBXh3kIX1-U&ab\\_channel=Del%27EuroalJoule](https://www.youtube.com/watch?v=zBXh3kIX1-U&ab_channel=Del%27EuroalJoule) [data de la consulta, juliol de 2023].

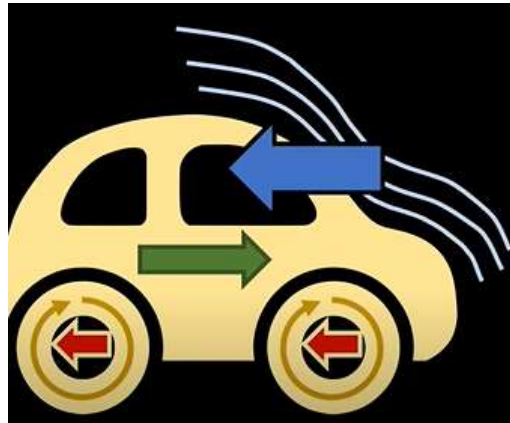


Figura 31. Esquema que representa que a velocitat constant la força que fa el motor i la força de l'aire en vers el cotxe és igual

Per calcular la força de fricció del eixos hem de fer servir la fórmula:  $W = F \cdot d$

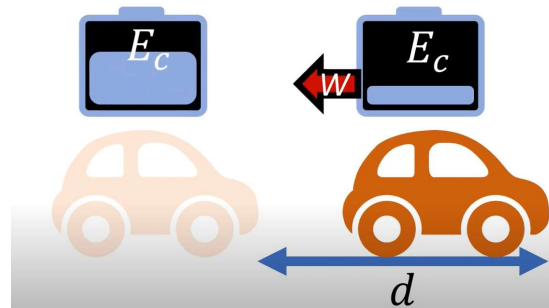


Figura 32. Explicació en forma de gràfic de la fórmula  $W = F \cdot d$

Per calcular la força de fricció amb l'aire, hem de fer servir la següent fórmula:

## FRICCIÓN

$$F_f = \frac{1}{2} C \rho A v^2$$

COEFICIENTE AERODINÁMICO

|       |   |            |
|-------|---|------------|
| → → → | □ | $C = 1'05$ |
| → → → | ● | $C = 0'47$ |
| → → → | ◊ | $C = 0'04$ |

$C = 0'3$

Figura 33. Esquemes sobre la fricció amb l'aire i el coeficient aerodinàmic

El valor de cada element de la fórmula  $F_f = \frac{1}{2} C \rho A v^2$  és el següent:



- $C$  = coeficient aerodinàmic que depèn de la forma del cotxe, com es pot veure a la imatge de la part dreta (vehicle en forma quadrada (autobús, furgoneta), en forma rodona o en forma de gota d'aigua). Els valors típics per al coeficient de fricció d'un cotxe estan al voltant de 0.3.
- $\rho$  = densitat de l'aire
- $A$  = àrea del vehicle que està impactant amb l'aire (és a dir, la part frontal del vehicle)
- $V$  = velocitat

Amb aquesta fórmula veiem que quan més gran sigui la velocitat del cotxe més gran serà la seva fricció amb l'aire. Això significa que quan més ràpid circulem, més important serà la pèrdua d'energia.

Respecte a la fricció amb els eixos, l'efecte és més petit que la fricció amb l'aire per a les velocitats amb les que ens movem normalment. Així, quan un cotxe està parat a punt mort, amb una força petita (realitzada per una o dues persones es pot moure):

## FRICCIÓN



Figura 34. La fricció dels eixos d'un cotxe

Finalment, l'últim concepte a tenir en compte és el *rendiment termodinàmic*. Tota màquina utilitza una font d'energia per a realitzar un treball, però ha de pagar el preu d'escalfar-se per alguna part. Així un cotxe de combustió està molt calent quan acaba de ser utilitzat:

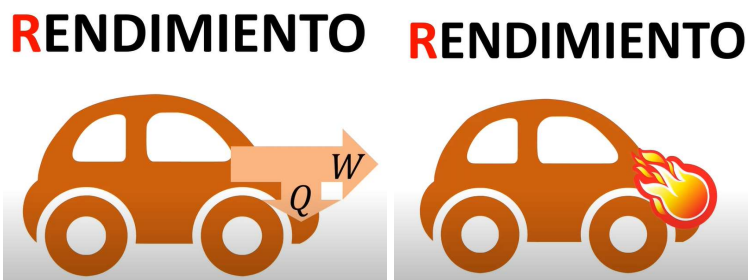


Figura 35. Imatges del rendiment del combustible d'un vehicle

El rendiment d'un cotxe és d'aproximadament un 40%: això significa que inutilitzem el 60% de l'energia escalfant el cotxe i aquest, com a màquina tèrmica, malgasta més energia de la què utilitza. Així, si gastem 50 euros de benzina al dipòsit, el cotxe fa servir 20 euros per desplaçar-se i 30 euros simplement es cremen, com s'exemplifica amb les següents imatges:

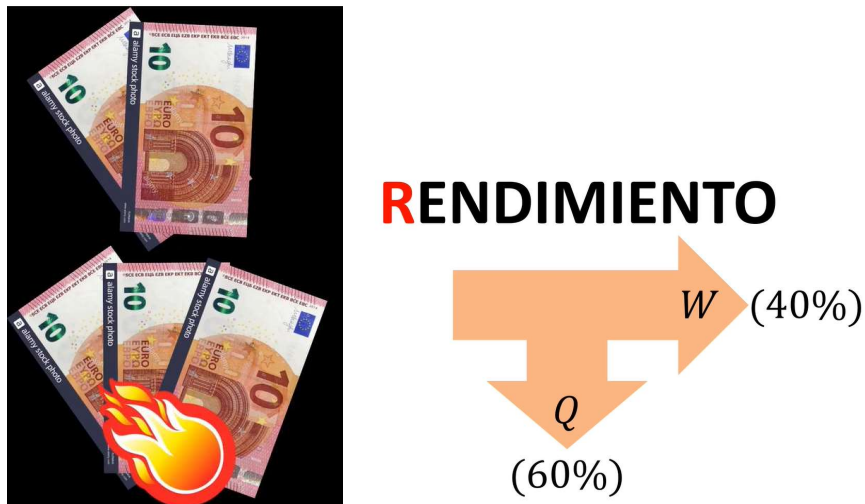


Figura 36. Rendiment d'un cotxe segons 50 euros en combustible

Per a calcular el rendiment termodinàmic necessitem aplicar les dues fórmules:

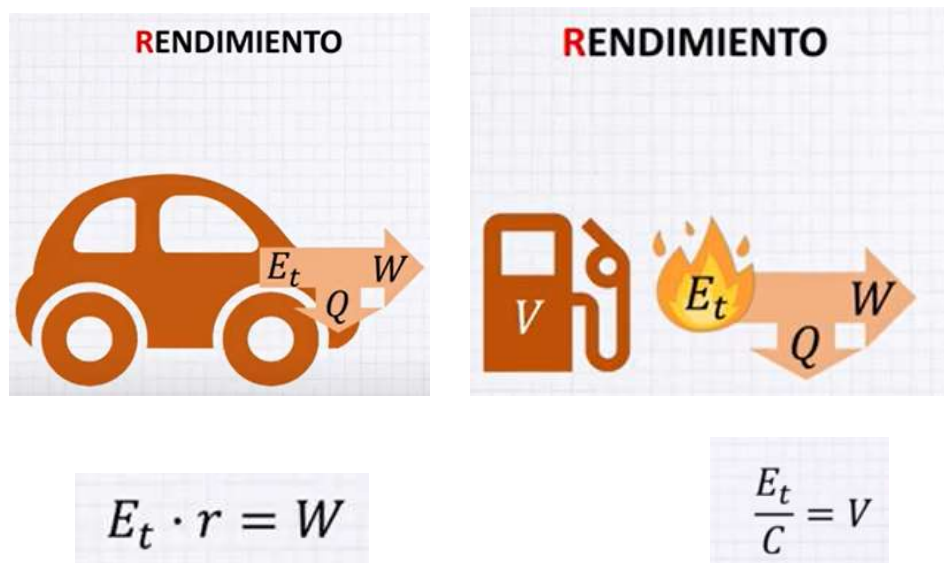


Figura 37. Explicació el rendiment termodinàmic d'un vehicle

$$E_b \cdot r = W \rightarrow E_b = W/r$$

El valor de cada element de la fórmula  $E_b = W/r$  és el següent:

$E_b$  és l'energia de la benzina (en Joules)

$W$  és el treball (en Newtons) que ha fet el cotxe

$r$  és el rendiment de la benzina.

$$E_b / Q = V$$

El valor de cada element de la fórmula  $E_b / Q = V$  és el següent:

$E_b$  és l'energia de la benzina (en Joules).

- $Q$  és el poder calorífic (En aquest cas de la benzina  $\rightarrow 3,5 \cdot 10^7 \text{ J/l}$ ).
- $V$  és el volum (Litres) de benzina cremada.

Com bé explica el professor Xavier Álvarez, a més velocitat es genera un major volum de litres de benzina cremada. Amb un increment de 20 km/h la diferència és del 50%:

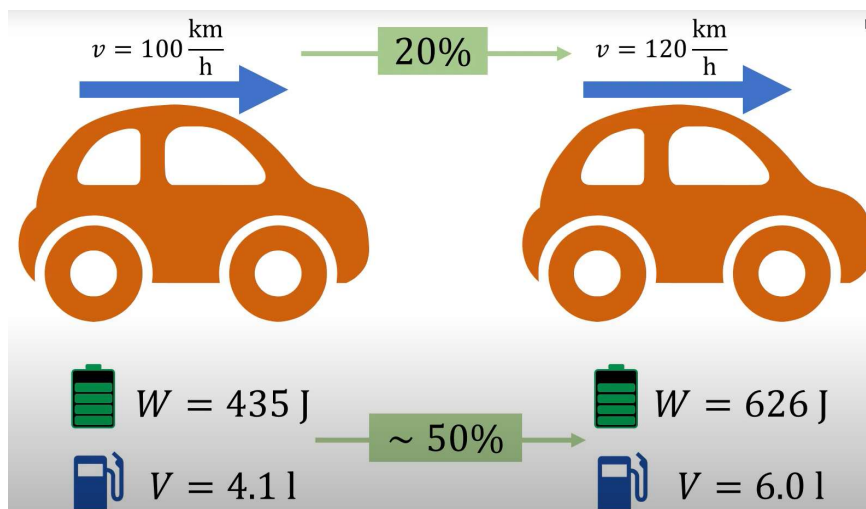


Figura 38. Imatge de quin percentatge es gasta més quan s'incrementa la velocitat

Totes aquestes dades ens permeten extreure la següent conclusió sobre la despesa de consum d'un cotxe i el plantejament de l'estalvi d'energia: a més velocitat més volum de combustible gastat, de manera que el consum d'energia és desproporcionat. De la mateixa manera, cal tenir en compte que el diòxid de carboni que emetem és proporcional al nostre consum d'energia. En el transport, aquest representa el 40% de l'energia que consumim. Per tant, totes aquestes fórmules basades en lleis de la mecànica ens mostren una conclusió molt clara: a més velocitat, més quantitat d'emissions de diòxid. Un excés de velocitat al conduir repercuteix en un clar malbaratament d'energia, és a dir, en un consum extra de benzina que, conseqüentment, implica la presència d'alts nivells de contaminació pel nostre planeta. En aquest sentit, és necessària una conscienciació sobre les maneres més eficients de conduir, a velocitats menors, per tenir un impacte menor sobre el planeta.

Una vegada explicats aquests tres conceptes clau i les fórmules físiques amb les que s'associen, podrem realitzar (veure següent apartat 3.) els càlculs del consum energètic del combustible (és a dir, sobre la força, l'energia i la potència que ha de resistir un cotxe per vèncer la resistència amb l'aire) dels tres tipus de cotxe que pretenem comparar (cotxe prototip elèctric alimentat per placa solar, cotxe convencional amb sistema de combustió de gasolina i cotxe híbrid) en un moviment rectilini uniforme i a una velocitat constant.

### 3. Anàlisi contrastiva del consum energètic del prototip de cotxe híbrid (amb energia solar) i d'un cotxe real (amb energia elèctrica)

En aquest apartat es presenten per ordre els càlculs realitzats en el model de prototip de cotxe híbrid, alimentat per energia solar (veure apartat 3.1.) y en dos cotxes reals (veure apartat 3.2.): un Mini Countryman de motor de benzina (que és el cotxe de la meua mare), que representa un model tradicional de cotxe de combustió, i un Mini Countryman 100% elèctric (que és el model de cotxe elèctric que s'ha triat per realitzar una anàlisi contrastiva més objectiva, amb unes formes, dimensions i pes aproximats). Amb els dos cotxes reals s'ha registrat un moviment rectilini uniforme de 120 km/h (MRU) en un espai de 50 quilòmetres per autopista.

Les mesures dels tres vehicles, que es tindran en compte en els càlculs dels apartats següents, es presenten a continuació:

#### (1) Mesures cotxe prototip:

alçada: 6.5 cm

llargada: 22.5 cm

amplada: 11 cm

Pes: 274 grams



Figura 39. Prototip muntat per mi

(2) Mesures cotxe Mini Countryman

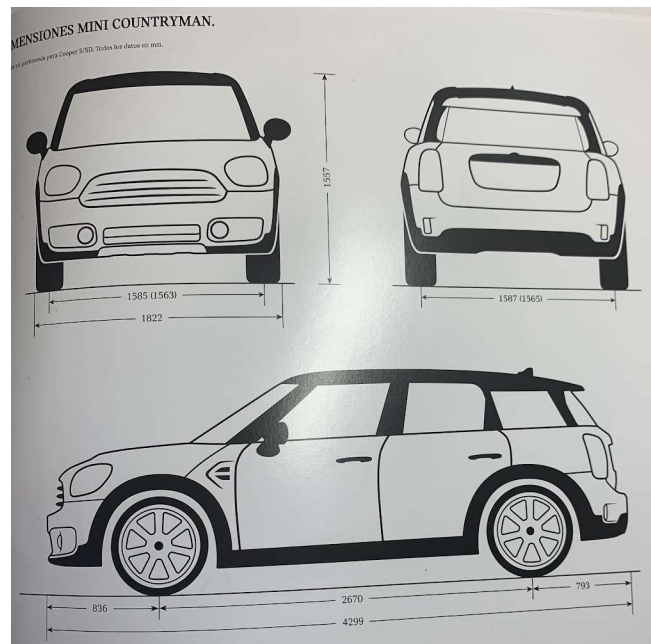


Figura 40. Dimensions del cotxe Mini Countryman (motor de combustió - benzina)<sup>32</sup>

(3) Mesures cotxe Mini Countryman (elèctric)



Figura 41. Dimensions del model de vehicle Mini Countryman (motor elèctric)<sup>33</sup>

<sup>32</sup> Font: Catàleg promocional del concessionari Mini. El pes d'aquest model és de 1.865 kg.

<sup>33</sup> Font de la imatge. <https://www.medidasdecoches.com/modelo/mini/countryman>. El pes d'aquest model és de 2.270 kg.

### 3.1. Càlculs de consum obtinguts amb el cotxe prototip híbrid solar

A partir de les dades obtingudes amb els experiments de l'apartat anterior (1.2. Registre de les dades de consum en un moviment rectilini uniforme), hem realitzat una sèrie de càlculs amb la finalitat de calcular la velocitat i potència que el cotxe prototip pot recórrer en 1'50 metres en diferents hores del dia.

Les fórmules que he fet servir són les següents:

$$X_F = X_0 + V \cdot t$$

Amb aquesta fórmula he calculat la velocitat del prototip a recórrer la distància de 1,5 metres en diferents hores del dia, segons la radiació solar rebuda i en un temps determinat.

$$P = F \cdot V$$

Amb aquesta fórmula, una vegada coneguda la velocitat, he calculat la potència utilitzant la força de fregament, calculada anteriorment (a l'apartat 1.2. amb l'experiment del dinamòmetre, que és de 0.5 N (newtons)).

$$E = F \cdot d$$

Sabent la força i la distància, les multipliquem per tal de saber l'energia empleada per recórrer 1,50 m.

A continuació es presenta el detall dels càlculs que he realitzat per obtenir el consum realitzat amb el cotxe prototip solar i els procediments de les diferents operacions:

**1.- Calculem la velocitat (V) i potència (P) que empra el cotxe per recórrer 1.50 m a diferents hores del dia (força F\* mesurada amb el dinamòmetre = 0.5 N):**

|  |  |                     |                            |                    |
|--|--|---------------------|----------------------------|--------------------|
| Abans de les 11.20 (a.m.) no funciona                                      |  | <b>V= 0 m/s</b>     |                            | <b>P = 0 N</b>     |
| <b>11.20 (a.m.)</b><br>X <sub>F</sub> = 1.50 m<br>T <sub>F</sub> = 13.72 s | X <sub>F</sub> = X <sub>0</sub> + V·t →<br>V = $\frac{X_f}{t}$ | <b>V= 0.10 m/s</b>  | P = F*·V<br>P = 0.5 · 0.10 | <b>P = 0.05 W</b>  |
| <b>11.34 (a.m.)</b><br>X <sub>F</sub> = 1.50 m<br>T <sub>F</sub> = 12.34 s | X <sub>F</sub> = X <sub>0</sub> + V·t →<br>V = $\frac{X_f}{t}$ | <b>V= 0.12 m/s</b>  | P = F*·V<br>P = 0.5 · 0.12 | <b>P = 0.06 W</b>  |
| <b>11.44 (a.m.)</b>  | X <sub>F</sub> = X <sub>0</sub> + V·t →                        | <b>V= 0.111 m/s</b> | P = F*·V                   | <b>P = 0.055 W</b> |



|   |   |   |  |  |
|---|---|---|--|--|
| $X_F = 1.50 \text{ m}$<br>$T_F = 13.51 \text{ s}$   | $V = \frac{Xf}{t}$  |   | $P = 0.5 \cdot 0.111$                    |  |
| <b>11.47 (a.m.)</b><br>$X_F = 1.50 \text{ m}$<br>$T_F = 11.89 \text{ s}$                            | $X_F = X_0 + V \cdot t \rightarrow$<br>$V = \frac{Xf}{t}$ | <b><math>V = 0.126 \text{ m/s}</math></b> | $P = F \cdot V$<br>$P = 0.5 \cdot 0.126$ | <b><math>P = 0.063 \text{ W}</math></b>  |
| <b>11.49 (a.m.)</b><br>$X_F = 1.50 \text{ m}$<br>$T_F = 11.18 \text{ s}$                            | $X_F = X_0 + V \cdot t \rightarrow$<br>$V = \frac{Xf}{t}$ | <b><math>V = 0.134 \text{ m/s}</math></b> | $P = F \cdot V$<br>$P = 0.5 \cdot 0.134$ | <b><math>P = 0.067 \text{ W}</math></b>  |
| <b>12.00 (p.m.)</b><br>$X_F = 1.50 \text{ m}$<br>$T_F = 10.75 \text{ s}$                            | $X_F = X_0 + V \cdot t \rightarrow$<br>$V = \frac{Xf}{t}$ | <b><math>V = 0.139 \text{ m/s}</math></b> | $P = F \cdot V$<br>$P = 0.5 \cdot 0.139$ | <b><math>P = 0.0695 \text{ W}</math></b> |
| <b>12.30 (p.m.)</b><br>$X_F = 1.50 \text{ m}$<br>$T_F = 11.29 \text{ s}$                            | $X_F = X_0 + V \cdot t \rightarrow$<br>$V = \frac{Xf}{t}$ | <b><math>V = 0.132 \text{ m/s}</math></b> | $P = F \cdot V$<br>$P = 0.5 \cdot 0.132$ | <b><math>P = 0.066 \text{ W}</math></b>  |
| <b>12.40 (p.m.)</b><br>$X_F = 1.50 \text{ m}$<br>$T_F = 11.97 \text{ s}$                            | $X_F = X_0 + V \cdot t \rightarrow$<br>$V = \frac{Xf}{t}$ | <b><math>V = 0.125 \text{ m/s}</math></b> | $P = F \cdot V$<br>$P = 0.5 \cdot 0.125$ | <b><math>P = 0.0625 \text{ W}</math></b> |
| <b>13.10 (p.m.)</b><br>$X_F = 1.50 \text{ m}$<br>$T_F = 11.43 \text{ s}$                            | $X_F = X_0 + V \cdot t \rightarrow$<br>$V = \frac{Xf}{t}$ | <b><math>V = 0.131 \text{ m/s}</math></b> | $P = F \cdot V$<br>$P = 0.5 \cdot 0.131$ | <b><math>P = 0.0655 \text{ W}</math></b> |
| <b>13.45 (p.m.)</b><br>$X_F = 1.50 \text{ m}$<br>$T_F = 12.40 \text{ s}$                            | $X_F = X_0 + V \cdot t \rightarrow$<br>$V = \frac{Xf}{t}$ | <b><math>V = 0.12 \text{ m/s}</math></b>  | $P = F \cdot V$<br>$P = 0.5 \cdot 0.12$  | <b><math>P = 0.06 \text{ W}</math></b>   |
| Després de les 14.30 (p.m.) hi havia presència d'ombra, en aquest sentit, el cotxe ja no funcionava |   | <b><math>V = 0 \text{ m/s}</math></b>     |  | <b><math>P = 0 \text{ N}</math></b>      |

Taula 1: Càlculs físics realitzats per obtenir la velocitat i l'energia del cotxe prototip solar.

Les dades de la taula 1 assenyalen la diferència de velocitat i potència del prototip en funció de la radiació solar que arriba a la placa en una orientació vertical, com s'esdevé a les 12 p.m., que és el registre de velocitat més ràpida i, consegüentment, la potència és major. En canvi, abans d'aquesta hora podem destacar una tendència ascendent de velocitat i potència des de l'hora del primer registre fins a les 12.00 p.m. i, a partir d'aquesta mateixa hora, d'una tendència descendent fins a l'última hora del registre.

**2.- Calculem l'energia que necessita el prototip per moure's utilitzant la força calculada amb el dinamòmetre i la distància:**

$$E = F \cdot d \rightarrow E = 0.5 \cdot 1.50 \rightarrow E = 0.75 \text{ J (Joules)}$$

$$F = 0.5 \text{ N}$$

$$d = 1.50 \text{ m}$$

3.- Calculem l'energia que arriba a la placa solar del prototip a cada hora del dia:

$$\text{Energia de la placa (Ep)} = \text{Àrea de la placa (Ap)} \cdot \text{Radiació que hi arriba (Rp)}$$

|  |  |                                   |
|--|--|-----------------------------------|
| <b>Abans de les 11:20 (a.m.):</b> la radiació que arriba a la placa no és suficient com per poder fer moure el prototip. Els rajos solars són molt horitzontals. |  |                                   |
| <b>11:20 (a.m.)</b><br>Ap: 0,003025 m <sup>2</sup><br>Rp: 675 W/m <sup>2</sup>   | Ep = Ap · Rp<br>Ep= 0,03025 · 675 = 2,041  | <b>Ep = 2,041 W/m<sup>2</sup></b> |
| <b>11.47 (a.m.)</b><br>Ap: 0,003025 m <sup>2</sup><br>Rp: 690 W/m <sup>2</sup>   | Ep = Ap · Rp<br>Ep= 0,003025 · 690= 2,087  | <b>Ep = 2,087 W/m<sup>2</sup></b> |
| <b>12.00 (p.m.)</b><br>Ap: 0,003025 m <sup>2</sup><br>Rp: 710 W/m <sup>2</sup>   | Ep = Ap · Rp<br>Ep= 0,003025 · 710 = 2,147 | <b>Ep = 2,147 W/m<sup>2</sup></b> |
| <b>13.10 (p.m.)</b><br>Ap: 0,003025 m <sup>2</sup><br>Rp: 600 W/m <sup>2</sup>   | Ep = Ap · Rp<br>Ep= 0,003025 · 600 = 1,815 | <b>Ep = 1,815 W/m<sup>2</sup></b> |
| <b>14.25 (p.m.)</b><br>Ap: 0,003025 m <sup>2</sup><br>Rp: 485 W/m <sup>2</sup>   | Ep = Ap · Rp<br>Ep= 0,003025 · 485 = 1,467 | <b>Ep = 1,467 W/m<sup>2</sup></b> |

Taula 2: Càlculs físics realitzats per obtenir l'energia que arriba a la placa solar del cotxe prototip.

Segons les dades de la taula 2, la màxima radiació que li arriba al prototip de cotxe solar és 2.147W/m<sup>2</sup> a les 12.00 del migdia. La placa del cotxe petit té una àrea de 0.003025 m<sup>2</sup> amb una velocitat de 0.139m/s i una potència de 0.0695W = 0.0000695 kW(en una distància de 1.50 metres). Aquests resultats es relacionen directament amb els de la taula 1 perquè expliquen la causa de què la velocitat en m/s sigui més alta a les 12:00 p.m.: hi ha una proporció directa entre l'energia de la radiació i la velocitat i la potència del cotxe.

4.- Sabent l'energia que arriba a la placa (radiació) i l'energia empleada en moure's, calculem el **rendiment del prototip**:

$$\text{Rendiment (R)} = \frac{\text{Energia empleada per moure's}}{\text{Energia que arriba a la placa}}$$

|                     |                              |                   |
|---------------------|------------------------------|-------------------|
| <b>11:47 (a.m.)</b> | $\frac{0.75}{2,087} = 0,359$ | <b>R = 35,9 %</b> |
| <b>12:00 (p.m.)</b> | $\frac{0.75}{2,147} = 0,349$ | <b>R = 34,9 %</b> |



|                     |                              |                   |
|---------------------|------------------------------|-------------------|
|                     |                              |                   |
| <b>13:10 (p.m.)</b> | $\frac{0,75}{1,815} = 0,413$ | <b>R = 41,3 %</b> |
| <b>14:25 (p.m.)</b> | $\frac{0,75}{1,467} = 0,511$ | <b>R = 51,1 %</b> |

Taula 3: Càlculs físics realitzats per obtenir el rendiment del cotxe prototip solar.

Com es pot veure clarament en les dades, cada vegada que la radiació és més gran, la velocitat i la potencia també ho fan, però el rendiment és inversament proporcional a aquestes. Aquest fet el podem explicar perquè en una divisió quan més petit sigui el divisor més gran serà el resultat, per això, a les 12:00 p.m. l'energia que arriba a la placa és més gran que els altres casos i, per tant, sortirà un rendiment menor que els altres casos.

### 3.2. Càlculs amb el cotxe gran: *Mini Countryman* (motor benzina) i *Mini Countryman* (motor elèctric)

Gràcies a l'assessorament obtingut per part grup de recerca del departament de Física de la Universitat Autònoma de Barcelona, dirigit pels professors Daniel Campos i Xavier Álvarez, es presenten els càlculs d'eficiència energètica corresponents que s'han dut a terme, per corroborar si el fet de construir un cotxe amb plaques fotovoltaïques és rendible, com a solució a la transició energètica aplicat als vehicles. Finalment i d'aquesta manera, s'espera poder establir una tesi al final de l'anàlisi per mitjà del contrast dels resultats obtinguts que confirmi o desmenteixi la hipòtesi plantejada a l'inici (veure I. Introducció).

#### 3.2.1. *Mini Countryman* (motor benzina)

A continuació, es presenten els càlculs del treball (és a dir, l'energia que gasta), volum, energia de la benzina gastada i el rendiment del cotxe amb la finalitat de calcular el consum energètic d'aquest vehicle:

#### 1.- Calculem la força de fregament i l'energia (treball) que gasta el Mini de combustió en recórrer 100 km:

$$F_f = \frac{1}{2} \cdot C \rho \cdot A \cdot V^2 \rightarrow F_f = 1/2 \cdot 0,36 \cdot 1,25 \cdot 2,82 \cdot (33,3)^2 \rightarrow F_f = 703,59N$$

$$C = 0,36$$

$$\rho \text{ (Densitat aire)} = 1,25$$

$$A \text{ (Àrea frontal del cotxe Mini)} = 2,82m^2$$

$$V = 33,3 \text{ m/s}$$

$$E = F \cdot d \rightarrow 703,59 \cdot 100000 \rightarrow \text{Energia} = 7.0359 \cdot 10^7 \text{ J} \rightarrow (\text{Energia} = \text{Treball (W)})$$

$$\text{La } F = F_f \rightarrow \text{Lleis de Newton} \rightarrow \text{Sumatori de forces} = 0$$

## 2.- Calculem **E<sub>b</sub>** (Energia de la benzina) amb l'ajuda del treball (W):

$$E_b \cdot R_b = W \rightarrow E_b = \frac{Eb}{\eta_b} \rightarrow E_b = 2,345 \cdot 10^8 \text{ J}$$

$$\eta_b = 0,3$$

$$W = 7.0359 \cdot 10^7 \text{ J}$$

## 3.- Calculem el **volum** de benzina en 100 km (Calculat):

$$V \cdot Q = E_b \rightarrow V = \frac{Eb}{Q} \rightarrow V = \frac{2,345 \cdot 100000000}{3,5 \cdot 10000000} \quad V = 6,7 \text{ L}$$

$$Q = \text{Poder calorífic de la benzina } (3,5 \cdot 10^7 \text{ J/L})$$

Les dades d'aquest càlcul mostren el consum teòric del volum de la benzina en 100 km que ha resultat un total de 6.7L. Aquesta xifra contrasta amb el consum real (el que diu el panell del cotxe) el dia que es va registrar (120 km/h per autopista UAB-Caldes de Montbui, en una distància 10 km fins a la sortida AP 7 de Mollet del Vallès): va ser de 5.5L/100km.

Arribats a aquest punt, si comparem les dues dades de consum, la teòrica (Calculada per mi mateix) i la del consum real que ens indica el *display* del nostre cotxe veurem que són diferents. Això es deu a que en realitat podem calcular el consum a partir de més d'una possibilitat, però amb diferent fiabilitat. Per una banda, el consum real de cotxe de 5.5L no és un resultat fiable ja que és el càlcul que s'informatitza, per defecte, al sistema electrònic del cotxe (que ve de fàbrica), sense tenir en compte els desnivells que es realitzen durant una determinada trajectòria, ni tampoc és té en compte la fricció amb l'aire.

En canvi, en les dades que jo he calculat, tots aquests aspectes sí que els he tingut en compte; per tant, crec que els meus són més fiables perquè representen el conjunt de fenòmens físics que afecten al llarg d'un desplaçament.

### 3.2.2. *Mini Countryman* (motor elèctric)

De la mateixa manera que amb el cotxe anterior, en aquest apartat es presenten els càlculs del treball, volum, energia de la benzina gastada i el rendiment del cotxe per amb un motor (elèctric), amb la finalitat de calcular el seu consum energètic.

**1.- Al ser models idèntics (canvia només el tipus d'energia per moure el cotxe), sabem que la força de fregament ( $F_f$ ) és igual a la del cotxe Mini de combustió (gasolina):**

$$F_{F \text{ Mini elèctric}} = F_{F \text{ Mini benzina}}$$

**2.- També sabem que el treball/Energia per poder moure el cotxe és la mateixa en els dos vehicles:**

$$E = F \cdot d \rightarrow 703,59 \cdot 100000 \rightarrow \text{Energia} = 7.0359 \cdot 10^7 \text{ J} \rightarrow (\text{Energia} = \text{Treball (W)})$$

**3.- Sabent el treball (W) i la força de fregament ( $F_F$ ), ja podem calcular l'energia elèctrica ( $E_e$ ):**

$$E_e = \frac{Eb \cdot \eta_b}{\eta_e} = \frac{2,345 \cdot e8 \cdot 0,3}{0,9} \rightarrow E_e = 7,8 \cdot 10^7 \text{ J}$$

$$\eta_b = 0,3 \quad Eb = 2,345 \cdot 10^8$$

$$\eta_e = 0,9$$

**4.-** Havent calculat l'energia del Mini Countryman de benzina i l'energia elèctrica del Mini Countryman elèctric, podem fer una **igualació** per poder extreure'n conclusions:

$$Eb \cdot \eta_b = E_e \cdot \eta_e \rightarrow 2,35 \cdot 10^8 \cdot 0,3 = 7,8 \cdot 10^7 \cdot 0,9 \rightarrow 7,035 \cdot 10^8 = 7,030 \cdot 10^8$$

**5.- Contrasto el consum real (el que ve de fàbrica) del cotxe elèctric amb el consum teòric (calculat per mi).**

Com bé ha passat en la comparació del Mini de benzina (veure apartat 3.2.1.), aquest cotxe elèctric també té una lleugera diferència entre el consum teòric i real.

Les dades d'aquest càlcul mostren que el consum real (en kWh) en 100 km és d'aproximadament 17 - 18,5 kWh/100 km, segons la font consultada que estableix els valors de fàbrica<sup>34</sup>. Aquesta xifra la contrastem amb el consum teòric que he calculat jo en els càlculs el qual és d'uns 19,5442 kWh/100Km. Aquesta xifra l'he calculat sabent l'equivalència: 1 Joule =  $2.778 \times 10^{-7}$  kWh, en aquest sentit, només fent un simple factor de conversió podem saber el resultat (kWh):

$$7.0359 \cdot 10^7 \text{ J} \cdot 2.778 \times 10^{-7} = 19,5442 \text{ kWh}$$

Per tant, si comparem les dues dades de consum, el teòric (calculat per mi mateix) i la del consum real que ens indica el *display* del nostre cotxe veurem que són diferents. Això es deu a que en realitat podem calcular el consum a partir de més d'una possibilitat, però amb diferent fiabilitat. Per una banda, el consum real de

<sup>34</sup> La font consultada

<https://www.caranddriver.com/es/coches/novedades/a43136120/minicountryman-2024/>

cotxe de 17 - 18,5 kWh no és un resultat fiable ja que és el càlcul que s'informatitza, per defecte, al sistema electrònic del cotxe (que ve de fàbrica), sense tenir en compte els desnivells que es realitzen durant una determinada trajectòria, ni tampoc és té en compte la fricció amb l'aire.

En canvi, en les dades que jo he calculat, tots aquests aspectes sí que els he tingut en compte; per tant, crec que els meus són més fiables perquè representen el conjunt de fenòmens físics que afecten al llarg d'un desplaçament.

Com a conclusió d'aquests càlculs, podem dir que l'energia per moure el cotxe és la mateixa en el cotxe de benzina i l'elèctric, però la diferència està en quin combustible utilitzem per tal de moure el cotxe. En aquest punt influeix el rendiment d'aquests, on el de la benzina és molt baix i, en canvi, el del elèctric és molt més alt. En aquest sentit, i dit en altres paraules, l'energia total empleada en moure el cotxe serà la mateixa però la quantitat d'aquesta aprofitada en el cotxe de benzina serà molt més baixa que en comparació amb l'elèctric.

#### 3.3. Contrast dels resultats i verificació de la hipòtesi

En relació a la hipòtesi del principi d'aquest treball, sobre si és viable o no construir un cotxe real amb plaques solars, ara puc contestar-la afirmant que no és viable, si volem que el cotxe funcioni fent servir l'energia solar. Aquesta és la principal conclusió que se'n deriva dels resultats obtinguts de tots els càlculs realitzats als apartats anteriors (3.1 i 3.2).

Gràcies als càlculs realitzats en el cotxe prototip he pogut saber l'energia que li cal per moure's i el seu rendiment. Amb aquestes dues dades les he pogut verificar si l'energia solar que arriba per radiació a la placa fotovoltaica és suficient o no per desplaçar-lo. Les dades dels diversos experiments, assenyalen que el moviment del cotxe només amb energia solar només es pot dur a terme en unes hores determinades (de 11.20 a 13.45, amb una radiació màxima de  $2,145\text{W/m}^2$ ) i amb una àrea de placa solar de  $0,003025\text{ m}^2$ .

Pel que fa a l'anàlisi del consum energètic aplicat als dos cotxes (Mini de benzina i Mini elèctric), els resultats indiquen que l'energia que gasten és  $7,035 \cdot 10^8 = 7,030 \cdot 10^8$  joules. Aquesta dada és la més significativa de tot el nostre disseny experimental que permet contestar a la pregunta de si és o no viable afegir plaques solar a la construcció d'un vehicle real. Per saber-ho cal calcular, quina superfície en metres quadrats de placa fotovoltaica seria necessària per aconseguir la radiació suficient per subministrar l'energia de  $7,03 \cdot 10^7$  joules que consumeix un cotxe real. Si fem un parell de càlculs podrem veure que per fer moure un cotxe necessitaríem una superfície fotovoltaica d'uns  $99.014,08\text{m}^2$  el que és inviable per

circular avui en dia. Les dimensions de la placa serien massa grans per afegir-la a les dimensions del cotxe (el Mini té una llargada de 4.4. m):

Dades:

$7,03 \cdot 10^7 =$  energia que gasta el Mini

Una placa fotovoltaica de  $1 \text{ m}^2$  genera 710 W

Operacions:  $\frac{7,03 \cdot 10000000 \cdot 1}{710} = 99.014,02 \text{ m}^2$

Només hem d'anar a la gràfica d'*AEMet* (veure figura 27) i buscar el punt de radiació que vulguem, ja que anirà canviant cada hora, en el meu cas he escollit la radiació de les 12:00 del migdia,  $710 \text{ W/m}^2$ . Sabent que una placa fotovoltaica de  $1 \text{ m}^2$  genera 710 W, fem una simple regla de tres per saber quants metres quadrats necessitarem per generar  $7.0359 \cdot 10^7 \text{ J}$ ; així que l'energia que gasta el Mini ( $7.0359 \cdot 10^7 \text{ J}$ ), els multipliquem per 1 i dividim entre  $710 \text{ W/m}^2$ . El resultat que hem obtingut seran els metres quadrats que calen de superfície: un total de  $99.014,08 \text{ m}^2$ .

Juntament amb la conclusió anterior, un aspecte que he vist realitzant aquest treball és que en el cas que implementéssim aquestes plaques en el sostre del nostre cotxe, que ja he afirmat que és totalment inviable, aquestes només serien capaces de captar la radiació solar durant el migdia, on els rajos venen amb un angle de  $90^\circ$  respecte al terra (per aquest motiu les plaques solars que veiem als camps o a les cases tenen una certa inclinació per aprofitar el màxim les hores solars). D'aquesta manera, traient les hores de nit i les hores on els raigs són molt horitzontals (9.00 - 11.00 del matí), només queden les hores del migdia (12.00 - 14:00h).

A causa de la ineficiència de les plaques solars en un cotxe real es pot plantejar una altra hipòtesi sobre si la construcció de *fotolineres*, és a dir parcs solars, seria una resposta com a alternativa verda a un subministrament d'energia als vehicles. D'acord amb les dades obtingudes de la superfície en metres quadrats de placa fotovoltaica que seria necessària per poder abastir un sol cotxe, que a mi m'ha donat el resultat de  $99.014,08 \text{ m}^2$ , caldria una superfície immensa per poder subministrar l'energia de tots els cotxes de Catalunya en actiu (3.513.245 turismes, segons l'Institut d'Estadística de Catalunya<sup>35</sup>).

<sup>35</sup> <https://www.idescat.cat/indicadors/?id=aec&n=15566>. [Data de la consulta: 20/12/2023].

## IV. CONCLUSIONS

La principal aportació d'aquest TR ha sigut demostrar la hipòtesi, plantejada a la Introducció, sobre si seria possible incorporar l'energia solar en la construcció dels cotxes i de qualsevol mitjà de transport. Per aconseguir-ho, s'ha plantejat un doble objectiu delimitat i precís que ha consistit, per una banda, en dissenyar un projecte experimental d'un cotxe prototip solar de 30 centímetres que funcioni amb aquest tipus d'energia renovable i, per una altra banda, en extrapolar la viabilitat del prototip solar en cotxes reals de motor benzina i motor elèctric.

Aquest propòsit es relaciona amb dos aspectes fonamentals que es justifiquen el motiu de la tria del tema de la meua recerca: una motivació i vocació personal cap a l'àmbit de l'automobilisme i una sensibilització davant la situació d'emergència climàtica (objectius de desenvolupament sostenible 7,9,11,12 i 13) en la que el sector de l'automoció ha de donar resposta dins de l'actual període de transició energètica.

Arribats a aquest punt, els resultats obtinguts en el marc pràctic (capítols 1, 2 i 3) em permeten afirmar que s'ha assolit l'objectiu principal de la recerca realitzada: s'ha construït un prototip de cotxe solar que sí que funciona, a partir del qual s'ha pogut realitzar una sèrie d'experiments amb els quals hem realitzat un estudi empíric, amb operacions físiques i estadístiques, per respondre la hipòtesi prèviament definida. Els càlculs duts a terme de manera totalment objectiva, a partir de la metodologia apresada al projecte d'investigació de la UAB *Del Euro al Joule*, assenyalen que avui en dia no seria possible incorporar l'energia solar en la construcció dels cotxes. Per tant, podem establir que l'afirmació anterior és la tesi que es fonamenta com a resultat de la recerca establerta.

Els càlculs del consum energètic obtinguts amb el cotxe Mini Countryman de motor benzina i de motor elèctric donen com a resultat una energia de  $7,030 \cdot 10^8$  joules, que hauria de generar una placa fotovoltaica de dimensions enormes; en concret, la seva superfície seria de  $99.014,08\text{m}^2$ . Aquesta dada –que s'ha pogut aconseguir gràcies a extrapolar a un cotxe real els càlculs de la radiació de la placa fotovoltaica del cotxe prototip solar de 30 cm i el càlcul de l'energia solar que necessita per desplaçar-se (com s'ha contrastat a l'apartat 3.3. del marc pràctic)– és la que ens permet respondre a la hipòtesi inicial que no es pot construir un cotxe solar amb panells fotovoltaics com a únic sistema d'energia, a causa de les dimensions enormes d'una superfície de placa de  $99.014,08\text{m}^2$  que caldria perquè el cotxe funcionés només amb autonomia solar, a una velocitat de 120km/h en un moviment rectilini uniforme en un trajecte de 100 km.

No obstant això, les plaques fotovoltaiques es podrien fer servir en els cotxes per complementar aportant una quantitat extra d'energia que es podria destinar, per

exemple, a les llums del cotxe, el sistema de calefacció o ajudar a carregar la bateria d'aquest. Aquesta és la conclusió a què s'arriba en alguns dels estudis citats en el marc teòric d'aquest treball, com el de García Alcañiz (2021) en què una placa solar instal·lada al sostre allarga un total de 50 km extra a l'autonomia d'un cotxe elèctric. Per tant, la nostra conclusió es correspon, en certa manera, amb la d'aquest autor, però està clar que avui en dia la dimensió en metres quadrats de la placa solar, que sigui igual a la de superfície del sostre del cotxe, és insuficient per fer-lo funcionar de manera totalment autònoma amb l'energia solar.

D'acord amb l'estat de la qüestió sobre els vehicles motoritzats amb energia fotovoltaica, realitzat a l'apartat 4.1 del marc teòric, les conclusions que s'extreuen en els estudis experimentals de Rossi *et al.* (2014) i Iñiguez Morán *et al.* (2023), en certa manera, confirmen que la hipòtesi plantejada al meu TR es podria aplicar a vehicles només de micromobilitat, com ara bicicletes o patinets, en els que també està present l'energia mecànica que aporta l'ésser humà al pedalar i ajudar a desplaçar-se aquest microvehicle. Els autors d'aquesta recerca arriben a la conclusió de l'alta viabilitat d'aquest sistema per vehicles de micromobilitat, com ara bicicletes o patinets.

D'aquesta manera, la fabricació d'aquests microvehicles seria menys costosa, ja que les plaques solars no s'afegeixen al vehicle en sí, sinó que només es fa servir l'energia, que prové d'un origen solar. Una crítica cap a aquests prototips, com el de la bicicleta de l'estudi de Iñiguez Morán *et al.* (2023), que no porta cap placa solar, però que s'alimenta gràcies a l'energia subministrada per una estació solar formada per cinc panells fotovoltaics, és la baixa autonomia que presenten i el llarg temps de càrrega que necessiten. Així la bicicleta de Iñiguez Morán *et al.* (2023) té una autonomia de només 30,91 km que necessita un temps de 6h 46min 6s per fer una càrrega completa.

En definitiva, tots aquests resultats confirmen un estat encara prematur de la transició energètica en el nostre present en què cal apostar per la recerca i l'evolució tecnològica en els sistemes de mobilitat a partir de l'ús d'energies netes i renovables. Si es té en compte que l'escenari d'un consum 100% d'aquesta font d'energia verda en els transports s'ha de dur a terme entre l'any 2040 i 2050, com s'ha assenyalat al capítol 1 del marc teòric (al gràfic de la figura 3), cal que la ciència de la tecnologia avanci cap a aquesta direcció, per donar resposta a què serà una necessitat humana de fer servir altres tipus d'energia.

Finalment, una última conclusió que puc extreure de la meva recerca és que dur a terme la construcció de cotxes que funcionin amb energia solar a partir de parcs solars o fotolineres suposaria, en el present, també una dificultat causada per la impossibilitat de què la tecnologia pugui donar resposta a la meva hipòtesi, perquè la transició energètica es troba actualment en un estat prematur. El rendiment d'una placa solar actual, per la seva composició, en aquests moments és impossible que es pugui aplicar a la construcció d'un cotxe. I aquesta dificultat s'accentua en gran

escala si tenim en compte els 3.513.245 turismes que existien en actiu en l'actualitat en Catalunya, com s'ha assenyalat al capítol 3.3. En aquest sentit, caldria fer servir una superfície immensa del territori per poder construir fotolineres que puguin subministrar l'energia de tots aquests cotxes i també caldrien molts materials que es necessitarien per fabricar totes aquestes plaques solars. Per tant, les implicacions ambientals i socials serien molt fortes. També en aquesta reflexió, tenen presència altres factors externs, com les bateries per emmagatzemar l'energia de la placa fotovoltaica. Aquest fet s'hauria de tenir en compte a l'hora de fabricar-les (hi ha poques mines de liti, cobalt...) i el seu posterior reciclatge, ja que, per exemple, aquí a Espanya no en disposem de cap en l'actualitat. Totes aquestes qüestions finals, que en aquest TR queden pendents, es podrien tractar en un estudi de cara al futur.



## V. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- Colino Martínez, A. (2008): “Energía”. *Ingeniería y territorio*. ISSN 1695-9647, N.º. 82, 2008 (Ejemplar dedicado a: Energía), 6-11.
- Iñiguez-Morán, V.; Villa-Ávila, E.; Ochoa-Correa, D.; Larco-Barros, C. y Sempertegui Alvarez, R. (2023): “Estudio de eficiencia energética de una bicicleta eléctrica urbana cargada con una estación de carga solar fotovoltaica autónoma y su cumplimiento con la regulación ecuatoriana No. ARCERNNR – 002/20” *Ingenius, Revista de Ciencia y Tecnología*, N.º 29, pp. 46-57. doi: <https://doi.org/10.17163/ings.n29.2023.04>.
- Jiménez Bolaño, J. M. (2000): *Ingenios solares: manual práctico para la construcción de aparatos sencillos relacionados con la energía solar*. Pamplona. Ona Industria Gráfica.
- Jutglar, Ll. (2004): *Energía solar*. Grupo Planeta (GBS). Barcelona. Ediciones Ceac.
- Liébard, A., Philibert, C., & Rodot, M. (1991): *Du neuf sous le soleil*. Systèmes solaires. France. Calmann-Lévy.
- López Villanueva, Juan A. (2007): “Posibilidades de la energía solar fotovoltaica como fuente primaria en el Futuro”. *Contraluz Asociación cultural Cerdá y Rico*, 169-177.
- Luque, A., & Hegedus, S. (eds.) (2003): *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*. Wiley. Great Britain. Antony Rowe Ltd.
- Neches Olaso, Ruth (2010): “La energía fotovoltaica”. *Agricultura: Revista agropecuaria y ganadera*. ISSN 0002-1334, n.º 930, 476-478.
- Pulla Escobar, Elisa i Ramon Sans Rovira (2013): *El colapso es evitable. La transición energética del siglo XXI*. Madrid: Ediciones Octaedro. ISBN 9788499214450.
- Rieradevall, Joan i Jordi Oliver Solà, Raúl García Lozano, Xavier Gabarrell Durany (2009): “L'energia fotovoltaica en les ciutats sostenibles”, *Tecnobats: publicació del Col·legi d'Enginyers Tècnics Industrials de Catalunya*, ISSN 1886-9165, N.º. 4, págs. 8-13
- Roldán Vilorio, José (2013): *Energías renovables. Lo que hay que saber*. Barcelona. Ediciones Paraninfo, S.A.

- Romeva, C. R. I. (2011): *Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles*. Centre de Disseny d'Equips Industrials. Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Rossi Silvano; Spina, Marcelo; Benger, Fernando; de la Vega, Roberto; Leegstra, Robert y Santillán, Guillermo (2014): "Pampa Solar: Un proyecto multidisciplinario para la construcción de un vehículo solar", *Ciencia, docencia y tecnología*. Vol XXV, nº48, 225-249.
- Sebastian, M (2019): "La electrificación del transporte". *Presupuesto y Gasto Público*, 97/2019: 59-77.
- Vega Delgado, Gustavo y Ericka Martínez Pástor (2017): "El automóvil en la historia. Luces y sombras". *INNOVA Research Journal*, ISSN-e 2477-9024, Vol. 2, Nº. 7, 133-170.

### WEBGRAFIA

- Campos Daniel y Xavier Álvarez: *Del Euro al Joule*, [https://www.youtube.com/watch?v=D5ml5-3p5MU&ab\\_channel=Del%27EuroalJoule](https://www.youtube.com/watch?v=D5ml5-3p5MU&ab_channel=Del%27EuroalJoule) [data de la consulta: 2 de juliol de 2023].
- Empresa Iberdrola: <https://www.iberdrola.es/blog/transporte/vida-util-bateria-coche-electrico#:~:text=Ya%20empiezan%20a%20surgir%20empresas,como%20grandes%20fabricantes%20de%20autom%C3%B3viles> [data de la consulta: 2 setembre de 2023].
- Empresa Endolla Barcelona: <https://endolla.barcelona/es/noticias/servicio-endolla/consumo-del-coche-electrico-cuanto-cuesta-cada-kilometro> [data de la consulta 1 de desembre de 2023].
- Empresa Smartwallboxes: <https://www.smartwallboxes.com/rendimiento-de-los-paneles-solares/> [data de la consulta 16 de novembre de 2023].
- Enciclopedia Humanidades: *Historia del vehículo*: <https://humanidades.com/historia-del-automovil/> [data de consulta: 3 agost de 2023].

Endesa (Notícia 5.07.2023): “García-Carrión ya elabora sus vinos y zumos con energía renovable tras la puesta en marcha de 9 plantas solares para autoconsumo con Endesa X”  
<https://www.endesa.com/es/prensa/sala-de-prensa/noticias/transicion-energetica/renovables/garcia-carrion-elabora-vinos-zumos-con-energia-renovable-puesta-en-marcha-9-plantas-solares> [data de la consulta: 10 agost de 2023].

Evbox: <https://evbox.com/es-es/guia-coches-electricos> [data de la consulta 1 de desembre de 2023].

Garcia Alcañiz, Carlos (2021): “Conoce la placa fotovoltaica flexible para coche eléctrico: ¿Solución ideal?”, a: *Car and driver*.  
[\[https://www.caranddriver.com/es/movilidad/a37523560/placa-fotovoltaica-flexible-coche/\]](https://www.caranddriver.com/es/movilidad/a37523560/placa-fotovoltaica-flexible-coche/). [data de consulta: 3 maig de 2023].

IEA. *World Energy Outlook 2022*,  
<https://iea.blob.core.windows.net/assets/830fe099-5530-48f2-a7c1-11f35d510983/WorldEnergyOutlook2022.pdf> [data de la consulta: 15 de juliol de 2023].

Institut Català d'Energia de la Generalitat de Catalunya (2023): *Balanç d'energia elèctrica a Catalunya de l'Institut Català d'Energies*.  
[https://icaen.gencat.cat/ca/energia/estadistiques/resultats/anuals/balanc\\_energia/](https://icaen.gencat.cat/ca/energia/estadistiques/resultats/anuals/balanc_energia/) [data consulta: 2/08/23]

Motorpasi3n:  
<https://www.motorpasion.com/compra-coches/conoce-que-tipos-coches-electricos-hay-sus-caracteristicas-estas-buscando-uno-segunda-mano> [data de consulta 8 de juliol de 2023].

Notícia sobre la problemàtica del reciclatge de bateries a Espanya:  
<https://elperiodicodelaenergia.com/entra-vigor-ley-ue-reutilizacion-reciclaje-baterias/> [data de la consulta: 2 setembre de 2023].

Noticias Financieras (25.09.2021): “Ford hará la mayor inversión en vehículos eléctricos de su historia”. Retrieved from  
<https://www.proquest.com/wire-feeds/ford-hará-la-mayor-inversi3n-en-vehiculos/docview/2577731876/se-2> [data de la consulta: 10 agost de 2023].

Nius Diario:  
[https://www.niusdiario.es/economia/motor/primer-coche-combustion-hasta-hoy-evn3m\\_18\\_3079395248.html](https://www.niusdiario.es/economia/motor/primer-coche-combustion-hasta-hoy-evn3m_18_3079395248.html) [data de consulta: 3 maig de 2023].

Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. *Agencia Estatal de Meteorología (AEMet)*

<https://www.aemet.es/es/eltiempo/prediccion/municipios/grafica/todas/caldes-de-montbui-id08033> [data de la consulta 12 d'octubre de 2023].

Revista *el Motor*, <https://www.motor.es/que-es/motor> [data de la consulta: 5 d'agost de 2023].

Sevilla [www.sevilla.org](http://www.sevilla.org). Notícia 30.06.2021 “Sevilla pone en marcha el servicio de alquiler de patinetes eléctricos con 2.000 unidades y más de 200 puntos de estacionamiento habilitados en la vía pública”, [\[https://www.sevilla.org/actualidad/noticias/2021/sevilla-pone-en-marcha-el-servicio-de-alquiler-de-patinetes-electricos-con-2-000-unidades-y-mas-de-200-puntos-de-estacionamiento-habilitados-en-la-via-publica\]](https://www.sevilla.org/actualidad/noticias/2021/sevilla-pone-en-marcha-el-servicio-de-alquiler-de-patinetes-electricos-con-2-000-unidades-y-mas-de-200-puntos-de-estacionamiento-habilitados-en-la-via-publica)

[Data de consulta: maig de 2023].

Turiel Antonio (2018): “Decisiones ante un mundo sin combustibles fósiles” <https://www.youtube.com/watch?v=mukpAM7t85A> [data de la consulta: 25 de febrer de 2023].

Turiel Antonio (2023): “Claves de una transición energética sostenible” <https://www.youtube.com/watch?v=-Ab2iONiJtc>. [data de la consulta: 25 de febrer de 2023].

VI. ANNEXOS

ANNEX 1. Afició per l'automobilisme





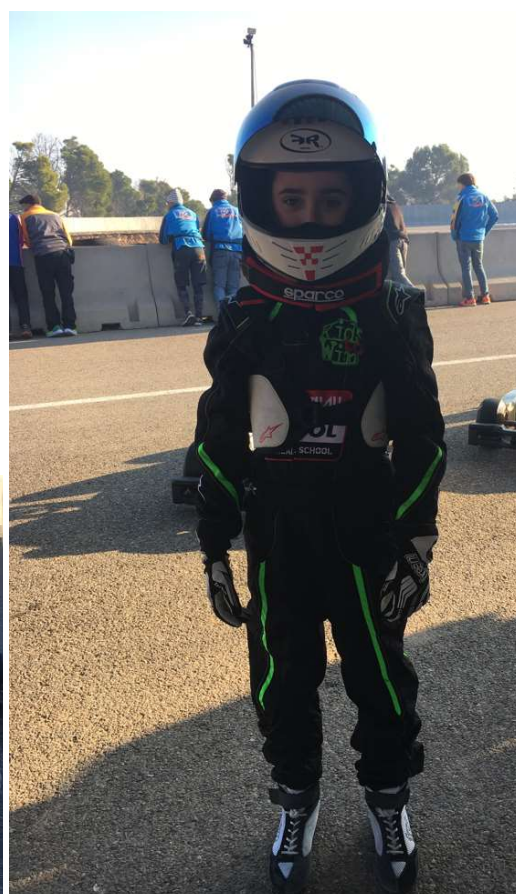










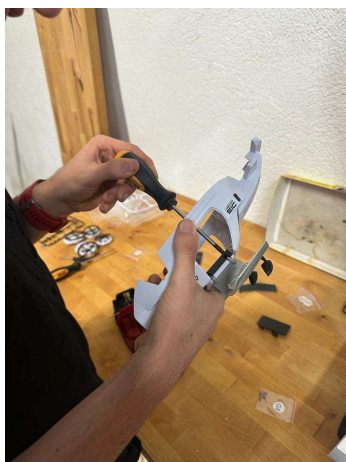
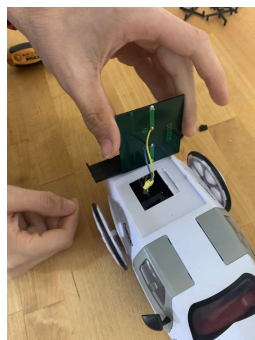
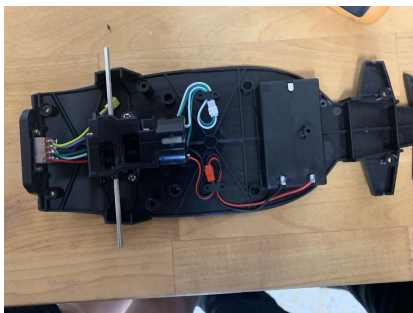




ANNEX 2. Procés de muntatge del cotxe prototip solar







## ANNEX 3. Càlculs del prototip de cotxe solar

Prototip de cotxe Solar:

• Calculem la velocitat: que omple el cotxe per recorren 1,50m a diferents hores del dia:

Abril de les 11:20 am  $P = 0W$  (no funciona)  
 $V = 0 \text{ m/s}$

Forsc manada amb el diàmetre:  $0,5 \text{ m}$

- 11:20 (am):  $x_F = x_0^0 + V \cdot t \Rightarrow V = \frac{x_F}{t} \Rightarrow V = 0,10 \text{ m/s}$  |  $P = F \cdot V \Rightarrow P = 0,10 \cdot 0,5 \Rightarrow P = 0,05 \text{ W}$   
 $x_F = 1,50 \text{ m}$   
 $T_F = 13,32 \text{ s}$

- 11:34 (am):  $x_F = x_0^0 + V \cdot t \Rightarrow V = \frac{x_F}{t} \Rightarrow V = 0,12 \text{ m/s}$  |  $P = F \cdot V \Rightarrow P = 0,12 \cdot 0,5 \Rightarrow P = 0,06 \text{ W}$   
 $x_F = 1,50$   
 $T_F = 12,34 \text{ s}$

- 11:44 (am):  $x_F = x_0^0 + V \cdot t \Rightarrow V = \frac{x_F}{t} \Rightarrow V = 0,111 \text{ m/s}$  |  $P = F \cdot V \Rightarrow P = 0,111 \cdot 0,5 \Rightarrow P = 0,055 \text{ W}$   
 $x_F = 1,50 \text{ m}$   
 $T_F = 13,51 \text{ s}$

- 11:43 (am):  $x_F = x_0^0 + V \cdot t \Rightarrow V = \frac{x_F}{t} \Rightarrow V = 0,126 \text{ m/s}$  |  $P = F \cdot V \Rightarrow P = 0,126 \cdot 0,5 \Rightarrow P = 0,063 \text{ W}$   
 $x_F = 1,50 \text{ m}$   
 $T_F = 11,89 \text{ s}$

- 11:49 (am):  $x_F = x_0^0 + V \cdot t \Rightarrow V = \frac{x_F}{t} \Rightarrow V = 0,134 \text{ m/s}$  |  $P = F \cdot V \Rightarrow P = 0,134 \cdot 0,5 \Rightarrow P = 0,067 \text{ W}$   
 $x_F = 1,50 \text{ m}$   
 $T_F = 11,18 \text{ s}$

- 12:00 (pm):  $x_F = x_0^0 + V \cdot t \Rightarrow V = \frac{x_F}{t} \Rightarrow V = 0,139 \text{ m/s}$  |  $P = F \cdot V \Rightarrow P = 0,139 \cdot 0,5 \Rightarrow P = 0,0695 \text{ W}$   
 $x_F = 1,50 \text{ m}$   
 $T_F = 10,75 \text{ s}$

- 12:30 (pm):  $x_F = x_0^0 + V \cdot t \Rightarrow V = \frac{x_F}{t} \Rightarrow V = 0,132 \text{ m/s}$  |  $P = F \cdot V \Rightarrow P = 0,132 \cdot 0,5 \Rightarrow P = 0,066 \text{ W}$   
 $x_F = 1,50 \text{ m}$   
 $T_F = 11,29 \text{ s}$

- 12:40 (pm):  $x_F = x_0^0 + V \cdot t \Rightarrow V = \frac{x_F}{t} \Rightarrow V = 0,125 \text{ m/s}$  |  $P = F \cdot V \Rightarrow P = 0,125 \cdot 0,5 \Rightarrow P = 0,0625 \text{ W}$   
 $x_F = 1,50 \text{ m}$   
 $T_F = 11,97 \text{ s}$

- 13:10 (pm):  $x_F = x_0^0 + V \cdot t \Rightarrow V = \frac{x_F}{t} \Rightarrow V = 0,131 \text{ m/s}$  |  $P = F \cdot V \Rightarrow P = 0,131 \cdot 0,5 \Rightarrow P = 0,0655 \text{ W}$   
 $x_F = 1,50 \text{ m}$   
 $T_F = 11,43 \text{ s}$

- 13:45 (pm):  $x_F = x_0^0 + V \cdot t \Rightarrow V = \frac{x_F}{t} \Rightarrow V = 0,12 \text{ m/s}$  |  $P = F \cdot V \Rightarrow P = 0,12 \cdot 0,5 \Rightarrow P = 0,06 \text{ W}$   
 $x_F = 1,50 \text{ m}$   
 $T_F = 12,40 \text{ s}$



- Després de les 14.00h no hi havia presència d'ombra, en aquest moment, el cotxe ja no funcionava

Calcular l'energia que necessita el prototip per moure's utilitzant la força calculada amb el dinamòmetre i la distància:

$$E = F \cdot d \Rightarrow E = 0,5 \cdot 1,50 \Rightarrow \underline{E = 0,75J}$$

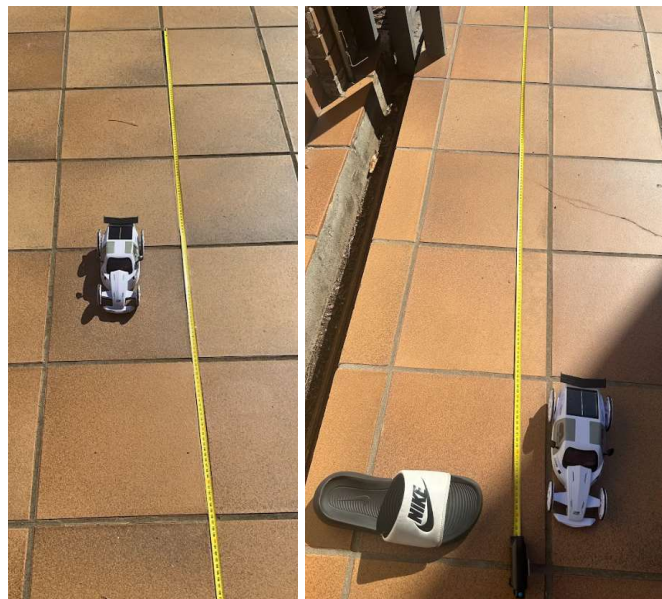
$$F = 0,5N$$

$$d = 1,50m$$

$$FF = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^2 \Rightarrow FF = \frac{1}{2} \cdot 0,36 \cdot 1,25 \cdot 2,92 (33,3)^2 \Rightarrow \underline{FF = 703,59N}$$

ANNEX 4: Imatges dels experiments que m'han permès arribar als càlculs de les fórmules físiques

4.1. Imatges del treball dut a terme per fer els càlculs de velocitat del cotxe prototip solar



4.2. Imatges del registre de dades sobre l'experiment de la radiació

