



Treball de recerca

# L'aplicació de les plaques fotovoltaïques i de les piles de combustible als automòbils

Autores: Mar Altur Pastor, Júlia Mercader Fernández, Mar Agelet de Saracibar Ariet

Tutora: Anna Maria Carreras

2019/2020

Col·legi La Vall

## **AGRAÏMENTS**

En primer lloc, un agraïment especial a la Unió Europea per fer possible aquesta experiència que ens ha permès aplicar els conceptes i coneixements adquirits als laboratoris de Jülich (Alemanya) al nostre treball de recerca, així com als científics que ens van dedicar el seu temps.

Volem donar les gràcies a Natividad Sainz i Anna Carreras que ens van acompanyar i donar suport en aquest viatge. La seva va ser una gran ajuda per avançar i superar els obstacles que ens anàvem trobant.

Agrair al Dr. Jordi Llorca Piqué, professor de UPC i doctor en química, pel temps que ens va dedicar. Els seus coneixements han estat una gran aportació en aquest treball.

Volem agrair a Marc Mercader Gea, enginyer químic, per haver-nos proporcionat l'equipament i les instal·lacions per realitzar la part experimental.

La part del treball de camp, no s'hauria pogut realitzar sense l'ajuda desinteressada de les dues-centes persones enquestades que van dedicar uns minuts a respondre el test. Moltes gràcies també a totes elles.

Al final d'aquest agraïment, volem que sigui per les persones que directa o indirectament han compartit aquesta vivència. Gràcies a la professora que ha estat tutelant, ajudant i fent que el treball es desenvolupés de la millor manera possible fins al final. Sense la seva ajuda aquest camí hauria estat molt més difícil. Moltes gràcies a la nostra tutora de TDR, Anna Carreras.

Finalment, i no menys important, volem agrair a les nostres famílies pel seu suport constant i acompanyament en aquest trajecte.

## ÍNDIX DEL TREBALL

1. PRÒLEG.....	6
2. INTRODUCCIÓ.....	9
2.1 Tema del treball .....	9
2.2 Objectius del treball.....	10
2.3 Metodologia .....	11
2.4 Hipòtesis del treball.....	11
3. MARC TEÒRIC.....	12
3.1 Energies renovables.....	12
3.1.1 Problemes mediambientals.....	14
3.2 Energia solar fotovoltaica .....	16
3.2.1 Què és l'energia solar fotovoltaica?.....	16
3.2.2 De què estan formades les plaques solars?.....	16
3.2.3 Tipus de plaques solars.....	16
3.2.4 Procés d'obtenció d'energia.....	17
3.2.5 Com es produeix la transformació.....	18
3.2.6 Història de l'efecte fotovoltaic.....	18
3.2.7 Aplicació a la mobilitat.....	19
3.2.8 Avantatges i inconvenients.....	20
3.3 Obtenció d'energia elèctrica a través de la pila de combustible.....	23
3.3.1 Què és una pila de combustible?.....	23
3.3.2 De què està formada?.....	23
3.3.3 Com funciona?.....	24
3.3.4 Reaccions Reducció-Oxidació.....	24
3.3.5 Història de la pila de combustible.....	25
3.3.6 Aplicació a la mobilitat .....	25
3.3.7 Avantatges i inconvenients .....	27
3.4 Comparació de les dues fonts d'energia.....	28
4. PART EXPERIMENTAL.....	30
4.1 Objectiu .....	30

4.2 Material Necessari .....	30
4.3 Procediment .....	32
4.4 Observacions experimentals .....	36
5. ENTREVISTA.....	37
6. CONCLUSIONS.....	40
5.1 Enquesta sobre l'ús d'energies renovables en el transport.....	40
5.2 Conclusions generals .....	49
5.3 Conclusió final .....	49
7. BIBLIOGRAFIA.....	50
6.1 Webgrafia.....	50
8. ANNEX.....	51
7.1 Enquesta a la població .....	53
7.2 Experiments al Laboratori Forschungszentrum Jülich .....	56

## **PRÒLEG**

“ L'aplicació de les plaques fotovoltaïques i de les piles de combustible als automòbils” té com a objectiu principal comprovar que els combustibles fòssils utilitzats en els automòbils, que són molt contaminants, poden ser substituïts en un futur proper per una energia més sostenible. Després d'una exhaustiva recerca bibliogràfica, hem dut a terme una serie de experiments per comprovar que és possible extreure energia de les plaques fotovoltaïques i de les piles de combustible. La nostra principal motivació e escollir aquest tema va ser el medi ambient i la gran preocupació per trobar alternatives menys contaminants per utilitzar al nostre dia a dia, ja que si no ho fem el planeta patirà les conseqüències.

Paraules clau: plaques fotovoltaïques, piles de combustible, automòbils, energia, medi ambient

## ÍNDIX FIGURES:

Figura 1.1 Manifestació del 15 de març 2019.

Figura 1.2 Panells fotovoltaics.

Figura 1.3 Esquema obtenció energia de plaques solars.

Figura 1.4 Imatge del procés d'obtenció d'energia en una placa solar.

Figura 1.5 Cotxe impulsat totalment per energia fotovoltaica.

Figura 1.6 Imatges de plaques fotovoltaiques

Figura 1.7 Imatges de plaques fotovoltaiques

Figura 1.8 Hugo Zerpa, norte Argentina, una de les plaques solars de su vivienda.

Figura 1.9 Pila de combustible.

Figura 1.10 Pila de combustible.

Figura 1.11 Procés de la pila de combustible.

Figura 1.12 Procés de la pila de combustible.

Figura 1.13 Procés de la pila de combustible.

Figura 1.14 Procés de la pila de combustible.

Figura 1.15 Esquema de cotxe de pila d'hidrogen.

Figura 2.1 Gràfic característiques principals enquesta

Figura 2.2 Gràfic característiques principals enquesta

Figura 2.3 Gràfic característiques principals enquesta

Figura 2.4 Gràfic pregunta 1 enquesta

Figura 2.5 Gràfic pregunta 1 enquesta

Figura 2.6 Gràfic pregunta 1 enquesta

Figura 2.7 Gràfic pregunta 1 enquesta

Figura 2.8 Gràfic pregunta 2 enquesta

Figura 2.9 Gràfic pregunta 2 enquesta

Figura 2.10 Gràfic pregunta 2 enquesta

Figura 2.11 Gràfic pregunta 2 enquesta

Figura 2.12 Gràfic pregunta 3 enquesta

Figura 2.13 Gràfic pregunta 4 enquesta

Figura 2.14 Gràfic pregunta 4 enquesta

Figura 2.15 Gràfic pregunta 4 enquesta

Figura 2.16 Gràfic pregunta 4 enquesta

Figura 2.17 Gràfic pregunta 5 enquesta  
Figura 2.18 Gràfic pregunta 5 enquesta  
Figura 2.19 Gràfic pregunta 5 enquesta  
Figura 2.20 Gràfic pregunta 5 enquesta  
Figura 2.21 Gràfic pregunta 6 enquesta  
Figura 2.22 Gràfic pregunta 6 enquesta  
Figura 2.23 Gràfic pregunta 6 enquesta  
Figura 2.24 Gràfic pregunta 6 enquesta  
Figura 2.25 Gràfic pregunta 7 enquesta  
Figura 2.26 Gràfic pregunta 7 enquesta  
Figura 2.27 Gràfic pregunta 7 enquesta  
Figura 2.28 Gràfic pregunta 7 enquesta  
Figura 2.29 Gràfic pregunta 8 enquesta  
Figura 2.30 Gràfic pregunta 8 enquesta  
Figura 2.31 Gràfic pregunta 8 enquesta  
Figura 2.32 Gràfic pregunta 8 enquesta

# INTRODUCCIÓ

## TEMA DEL TREBALL

El tema del treball és com podem aplicar energia solar fotovoltaica i energia obtinguda d'una pila de combustible als automòbils.

Aquest tema es va escollir gràcies a que es va fer una estada al centre de recerca "Forschungszentrum Jülich" ja que, el col·legi La Vall va obtenir la beca Erasmus+, on 15 alumnes van poder gaudir d'una setmana al centre de recerca, on es va aprendre a treballar a un laboratori professional, que és fins i tot guardonat amb un premi nobel. Aquesta beca va permetre fer part de la part experimental del projecte allí. El laboratori, es centra en el treball de l'energia, i sobretot en la recerca de noves fonts renovable d'energia.

En el marc de les energies renovables es va decidir, que un dels temes més actuals són les noves formes de transport, ja sigui amb plaques fotovoltaïques o amb piles de combustible.

També es va pensar en que fos un tema mediambiental, ja que és molt important en la societat contemporània en la que vivim i cada cop més hi ha una consciència ecològica més ferma. No solament és un problema de la salut del planeta, sinó que es veu reflectit directament en la salut dels ciutadans.



## OBJECTIUS DEL TREBALL

La finalitat del treball és comprovar que els combustibles fòssils utilitzats en els automòbils, que són molt contaminants, poden ser substituïts en un futur proper per una energia més sostenible.

Avui en dia el nivell de contaminació del nostre planeta per culpa dels automòbils és massa gran degut a la benzina, un derivat del petroli. Aquest és una energia no renovable la qual genera diòxid de carboni que contamina la nostra atmosfera causant un efecte hivernacle i molts més problemes com la contaminació dels mars i oceans, etc.

El grup està format per tres alumnes que han tingut la gran oportunitat de viatjar a Alemanya. En aquest viatge han après sobre altres fonts d'energia renovables. En aquest treball es vol comprovar si el petroli i la benzina poden ser substituïts per altres fonts d'energia com la transformació de la llum solar en energia elèctrica mitjançant panells solars o utilitzant una pila de combustible. La pila de combustible és un dispositiu que mitjançant reaccions químiques transforma l'energia química en energia elèctrica.

Es vol ser optimistes i creure que en un futur els vehicles impulsats per benzina seran totalment reemplaçats i es dedica el nostre treball a la investigació per acabar amb el petroli, causant de tants desastres mediambientals del nostre planeta actualment.

## METODOLOGIA:

L'equip va tenir l'oportunitat de viatjar a Alemanya, i durant una setmana vam adquirir coneixements de les plaques fotovoltaïques i la pila d'hidrogen, entre altres, que més endavant ens van ser de gran utilitat en el treball.

Pensem que la contaminació dels vehicles i el seu impacte en el medi ambient és un dels problemes actuals més importants. Els científics estan buscant diferents alternatives per reduir aquest tipus de contaminació i els seus efectes, un dels quals són l'aplicació de les plaques fotovoltaïques i de les piles de combustible en els vehicles. Per aquest motiu vam decidir investigar sobre el tema.

Un dels punts més importants del nostre treball, a part de la nostra pròpia recerca, era el coneixement que hi havia d'aquest tema en la població i l'opinió dels professionals que hi treballaven, i per aquest motiu vam realitzar una enquesta a la població i una entrevista a un expert per obtenir resultats i poder-los analitzar. Finalment, amb la part experimental, vam poder posar en pràctica els coneixements adquirits durant el treball i comprovar el funcionament d'aquesta tecnologia.

## HIPÒTESIS:

- És possible la introducció de l'energia fotovoltaïca i les piles de combustible en els automòbils i això ajudarà a revertir notablement l'emergència climàtica actual.

## MARC TEÒRIC

### ENERGIES RENOVABLES

Les energies renovables son aquelles que s'obtenen a partir de fonts naturals i que produeixen una energia inesgotable i indefinida.

Aquest tipus d'energies estan agafant molt pes en els últims anys ja que cada cop es fa més present l'emergència climàtica.

Els cotxes de gasolina o diesel funcionen gràcies a la combustió d'un combustible. En aquest procés, hi trobem dos problemes: el primer la seva procedència, ja que prové del petroli és finit. El segon és que al ser un combustible orgànic quan es crema es produeix una reacció de combustió que allibera CO<sub>2</sub> (diòxid de carboni), que és un dels principals causants de l'efecte hivernacle.

Una de les grans preguntes que es solen fer és: què és en realitat l'efecte hivernacle? La temperatura de la Terra és la ideal per la vida. Ni massa freda, com a Mart, ni massa calenta com a Venus. Gràcies a aquestes condicions la vida és possible. Es denomina efecte hivernacle a causa de la similitud amb el funcionament dels hivernacles que són capaços de retenir la calor al seu interior. Per això aquest fenomen natural ha rebut aquest nom.

La Terra s'escalfa gràcies a l'energia solar. La radiació solar arriba a l'atmosfera terrestre en forma de rajos, aquesta radiació és reflectida, mentre que una altra és absorbida i travessa l'atmosfera. La major part de la radiació que entra a l'atmosfera arriba a la superfície terrestre. Això fa que s'escalfi i que després es torni a emetre part d'aquesta calor, en forma d'ones calorífiques.

De la radiació infraroja que emet la superfície terrestre, aproximadament un 90% aconseguirà tornar a travessar l'atmosfera i sortirà a l'espai. La resta de la radiació escalfa els gasos de l'atmosfera i la seva energia calorífica es queda a l'interior, de manera que el planeta queda embolcallat per un conjunt de gasos calents que contribueixen al seu escalfament. L'atmosfera absorbeix fàcilment la radiació infraroja que prové de la radiació visible rebuda del sol, i això és el que fa que la Terra sigui més calenta del que ho seria sense atmosfera.

Aquest fenomen no és negatiu per si mateix, al contrari, és molt important. El problema arriba quan s'incrementa aquest efecte per causes no naturals. Això passa a causa de

diversos factors, per exemple, la combustió de combustibles fòssils com el carbó o el petroli, que com a conseqüència, produeixen diòxid de carboni. Si la concentració de CO<sub>2</sub> a l'atmosfera augmenta significativament, podria augmentar també la força de l'efecte hivernacle.

L'augment de la temperatura del planeta Terra provocaria efectes irreversibles en la vida que es desenvolupa i posaria en perill la composició, la capacitat de recuperació i la productivitat dels ecosistemes naturals. A més, alteraria les regions climàtiques i els corrents oceànics, amb conseqüències importants sobre les activitats humanes. Dins la comunitat científica no hi ha unanimitat en les conseqüències exactes que podria produir. Tot i això, les tesis més catastrofistes sostenen que els problemes serien els següents:

- Desertització i sequeres, que causen les pandèmies de la fam.
- Desforestació, que augmenta encara més el canvi.
- Fusió del gel antàrtic, que causa un ascens del nivell del mar, podria submergir ciutats costaneres provocant inundacions.
- Destrucció d'ecosistemes.

La realitat d'aquest problema, va començar a preocupar l'opinió popular a finals del segle XX, i avui és un assumpte molt urgent a tractar. Per això s'han creat molts moviments socials com ara: Fridays for future (FFF), un moviment contra l'escalfament global, començat un divendres d'Agost del 2018 quan Greta Thunberg, una adolescent de disset anys va decidir no anar al col·legi i es va asseure davant del parlament suec per lluitar contra l'escalfament global. Les accions de Greta es van fer virals amb el hashtag #Fridaysforfuture i així va començar un moviment de joves que lluiten per millorar la situació del nostre planeta. Una de les manifestacions més importants va ser la del quinze de març del 2019. Una protesta que es va portar les reivindicacions de les xarxes als carrers de moltes ciutats del món.



1.1 Manifestació del 15 de març de 2019.

## PROBLEMES AMBIENTALS

Una de les grans preocupacions mediambientals actuals son ocasionades pel consum de combustibles fòssils, com per exemple el petroli i el carbó.

El petroli, recurs natural de gran importància pel desenvolupament de la humanitat, ha generat impactes ambientals molt negatius.

Aquest recurs s'ha convertit en una seriosa preocupació mediambiental degut a que la seva extracció i el seu ús han provocat un gran impacte en la biosfera i també efectes adversos sobre els humans. Els contaminants afecten directament al terra, l'aigua, l'aire, la fauna i la flora.

L'impacte negatiu en el medi ambient unit al fet que els combustibles fòssils son un recurs finit ha provocat la busca d'alternatives més sostenibles.

Un dels elements més contaminants és l'aplicació dels combustibles fòssils en el transport. La concentració creixent de vehicles a les grans ciutats ha demostrat que té un impacte directe en la salut en les persones.

Recentment, les administracions limiten cada vegada més l'ús del vehicle privat pel desplaçament en les ciutats per intentar minimitzar el problema. En paral·lel, tots els fabricants de vehicles estan desenvolupant energies alternatives pel transport: vehicles elèctrics, piles d'hidrogen, energia solar...

Cal considerar que l'energia elèctrica necessària per carregar bateries caldria obtenir-la de fonts sostenibles per millorar l'impacte ambiental.

## **ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA**

### Què és l'energia solar fotovoltaica?

L'energia solar fotovoltaica és una energia renovable obtinguda a partir de la transformació de la llum solar en energia elèctrica a través d'un panell fotovoltaic, o com es conegut popularment placa solar, és a dir, la energia fotovoltaica es la transformació directa de la radiació solar en electricitat.

### De què estan formades les plaques solars?

Les plaques solars estan formades per cèl·lules fotovoltaïques que generalment estan fetes de silici cristal·lí, encara que s'estan fent avenços en la implementació de materials semiconductors, com l'arsenur de gal·li. La major part de les plaques solars que existeixen en el mercat estan fetes de silici, ja sigui monocristal·lí o policristal·lí.

### Tipus de plaques solars:

Els panells solars fotovoltaïcs més habituals que podem trobar en el mercat estan formats per cèl·lules solars monocristal·lines o policristal·lines. Tots dos estan fets de silici, que és un mineral abundant, resistent i de llarga durada, i la principal diferència que tenen és la puresa del silici. Com millor sigui l'estructura cristal·lina, menys impureses tindrà el panell i per tant, el seu rendiment serà major.

Tots dos tipus de cèl·lules fotovoltaïques produeixen energia elèctrica quan s'exposen a la llum solar, no obstant això, existeixen algunes diferències entre ells.

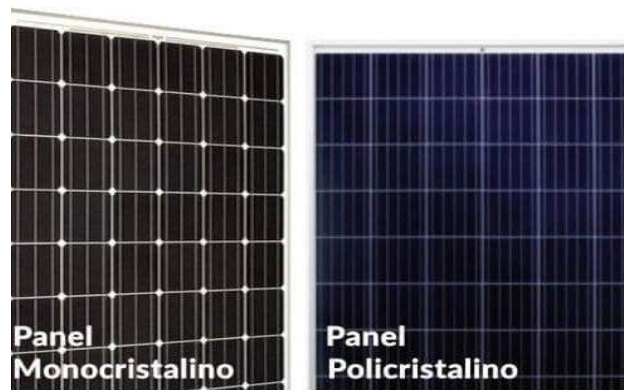
### **Panells solars monocristal·lins**

Les cèl·lules de silici monocristal·lí es fabriquen a partir de blocs de silici cilíndrics. Es tallen els quatre costats del cilindre, amb el que es malbarata abundant silici i es fan làmines amb vores arrodonides. Per tant, els cristalls tenen una puresa elevada, la qual cosa provoca que el rendiment de cada cel·la augmenti.

### **Panells solars policristal·lins**

En la fabricació dels panells solars policristal·lins, el procés és diferent, es fon en brut (amb impureses) el silici i a continuació, s'aboca en un motlle quadrat. Com a resultat,

les làmines són totes perfectament quadrades. En tenir impureses, es formen policristalls que fan que disminueixi la seva eficiència.



1.2 Panells fotovoltaics

### Procés d'obtenció d'energia:

El procés que transforma l'energia solar en electricitat té diversos passos.

Primer, les radiacions del Sol passen a través de les plaques on es transformen en energia.

Després, aquestes plaques condueixen l'energia a un regulador que controla i regula l'energia.

A continuació, aquesta energia es conserva en unes bateries.

Finalment, passa a l'inversor, aparell que transforma en electricitat l'energia emmagatzemada a les bateries. Aquesta electricitat posteriorment és transportada a través d'uns cables a llocs on s'utilitzi. Habitualment els cables estan soterrats.



1.3 Esquema obtenció d'energia de plaques solars.

### Com es produeix la transformació?



Aquesta transformació es produeix als panells fotovoltaics. Les cèl·lules solars es componen d'una capa de silici i fòsfor que proporciona la càrrega negativa i d'una altra capa de bor que proporciona la positiva. D'aquesta forma s'aconsegueix que les cel·les solars tinguin dues càrregues i per tant puguin generar electricitat. Si no hi hagués dues càrregues oposades, la generació elèctrica no seria possible.

Recapitulant, les cèl·lules de les plaques fotovoltaïques, compostes d'un material semiconductor amb excés d'electrons de càrrega negativa i un altre semiconductor amb càrrega positiva al qual li falten electrons, absorbeixen els fotons quan estan exposats a la llum solar. En fer-ho, s'inicia un corrent elèctric que permet que els electrons sobrants es moguin de la seva òrbita atòmica en la capa d'electrons, atrets cap al camp elèctric generat pels panells solars.

Totes les cèl·lules fotovoltaïques treballen de forma conjunta i generen un corrent elèctric direccional que es pot aprofitar gràcies a un inversor que és un aparell que transforma el corrent continu en altern.

#### Història de l'efecte fotovoltaic:

Encara que l'efecte fotovoltaic ja era conegut desde el segle XIX ja que, va ser descobert per Edmond Becquerel l'any 1839, no va ser fins la dècada dels 50, en plena carrera espacial, quan els panells fotovoltaics van començar a experimentar un important desenvolupament. Inicialment, eren utilitzats com a sumístries d'electricitat per a satèl·lits geoestacionaris de comunicacions, avui dia constitueixen una tecnologia de generació elèctrica renovable. Es poden utilitzar tan en ús domèstic com en us comercial.

#### Aplicació a la mobilitat

Els vehicles impulsats per energia solar estan entrant lentament en les indústries d'automòbils per poder reduir les emissions i consum de combustibles fòssils.

Els vehicles solars obtenen energia mitjançant cèl·lules fotovoltaïques les quals són les que obtenen l'energia pels vehicles. Aquestes cèl·lules estan en panells solars els quals creen un flux d'electrons que alimenta la bateria o motor del vehicle.



1.4 Imatge del procés d'obtenció d'energia en una placa solar.

No és fàcil trobar vehicles que funcionen totalment amb energia solar en concessionaris però sí que hi ha models que tenen panells solars que s'utilitzen per donar energia a equips auxiliars com ara la ràdio, l'aire condicionat... Un exemple són els models següents: Nissan Leaf o Toyota Prius.

Un vehicle totalment impulsat per energia solar fotovoltaica serà el Sono Sion: un petit monovolumen de cinc places amb 330 plaques solars col·locades a la seva superfície. Amb només energia solar podrà recórrer 30 km. Actualment el pot reservar per 500 euros.

També hi han d'altres medis de transport que la ciència intenta que funcionin amb panells solars.



1.5 Cotxe impulsat totalment per energia fotovoltaica (Sono Sion)

Avantatges i inconvenients:

**Avantatges:** Com és ja conegut popularment l'energia fotovoltaica actualment té molts avantatges, no simplement perquè és una energia renovable sinó també per molts altre motius:

**Energia renovable,** és a dir, és inesgotable. Encara que el Sol tingui una vida limitada es considera que a escala humana és pràcticament inacabable.

**Aspecte modular:** Una de les principals virtuts de la tecnologia fotovoltaica és el seu aspecte modular, és a dir, es poden construir desde enormes plantes fotovoltaiques a terra fins a petits panells als terrats de les cases



1.6 i 1.7 Imatges de plaques fotovoltaiques

### **Energia neta i silenciosa.**

A més de que és completament neta, és també silenciosa i per tant es pot instal·lar perfectament a zones residencials sense que aquest fet comporti problemes acústics.

**Llarga duració dels panells.** De mitjana, es calcula que poden tenir una vida útil al voltant dels 25 anys. Per això, el cost de la instal·lació no constitueix un problema, atès que la inversió es recupera amb escreix.

**Manteniment mínim.** D'igual manera, un altre dels beneficis que presenta l'ús d'energia fotovoltaica es que, a més d' amortitzar la instal·lació amb la seva durabilitat, el seu manteniment és molt simple. En la majoria dels casos, es suficient simplement en dur a terme revisions periòdiques.

**Estalvi de diners.** Aquest punt sol sonar estrany ja que es tendeix a pensar que la instal·lació elèctrica és molt cara, i en efecte ho és. Però, al llarg del temps aquesta inversió es veu recompensada per un notable estalvi.

**Disponibilitat a tot el món.** És favorable per a països o llocs aïllats, ja que l'energia és molt difícil que arribi per altres vies. I per a ells és una bona alternativa.



1.8 Hugo Zerpa, norte Argentina, una de las placas solares de su vivienda.

**Inconvenients:** Hi ha diferents problemes o inconvenients que pot fer que la instal·lació de plaques solars o panells fotovoltaic pugui ser inviable. Els aspectes a considerar son els següents:

**Baixa eficiència energètica:** L'eficiència energètica és pobra respecte o comparada amb altres fonts d'energia.

**Climatología:** El rendiment està en funció de la climatologia, per tant és una font poc fiable en zones majorment ennuvolades o amb un clima poc asolellat.

**Horari solar:** Hi ha limitaciones en l'horari solar. A l'estiu hi ha moltes hores de sol i podem aconseguir molta més energia que a l'hivern que hi ha menys hores solars. Per tant, és poc regular.

**Espai d'emmagatzematge:** Les plaques solars tenen un espai d'emmagatzematge determinat i solament poden emmagatzemar una certa quantitat d'energia, llavors quan aquesta finalitza, si les bateries no han pogut carregar-se no hi ha subministrament d'energia i això pot esdevenir un problema.

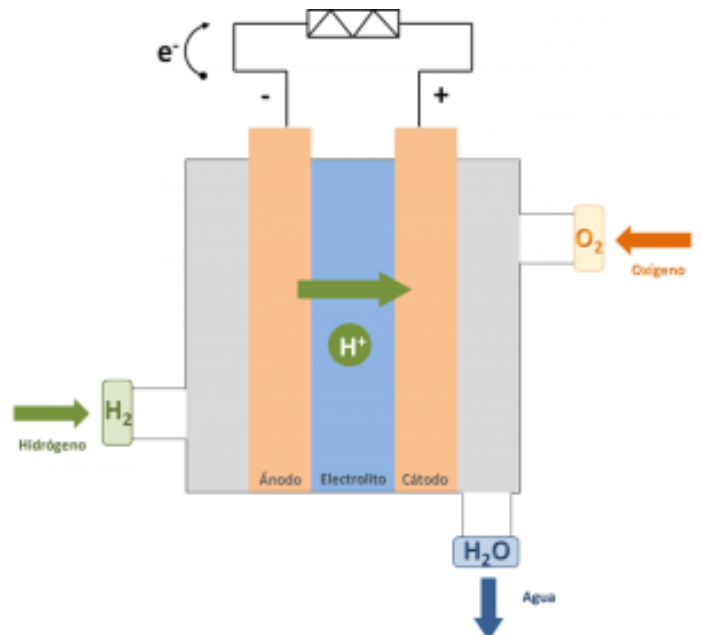
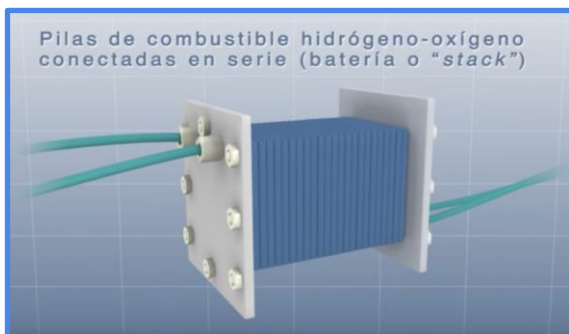
## OBTENCIÓ D'ENERGIA ELÈCTRICA A TRAVÉS DE LA PILA DE COMBUSTIBLE

### Què és una pila de combustible ?

Una pila de combustible és un dispositiu electroquímic que transforma l'energia química en energia elèctrica. Els reactius que s'utilitzen en una pila de combustible són l'hidrogen (combustible) i l'oxigen (comburent). Com a resultat de la reacció química s'obté aigua i electricitat.

### De què està formada?

La pila de combustible està formada per un conjunt de cel·les separades entre elles per unes plaques anomenades bipolars que evacuen l'aigua i "condueixen" els gasos. Cadascuna d'aquestes cel·les estan formades per dos electrodes: un ànode (elèctrode negatiu), on s'injecta l'hidrogen, i un càtode (elèctrode positiu), on s'injecta l'oxigen. Contenen un electròlit, que acostuma a ser una membrana, que separa els dos electrodes.



### Com funciona?

El funcionament d'una pila de combustible és el contrari al de la electròlisi de l'aigua. En aquest procés es fa arribar oxigen i hidrogen als elèctrodes, i un cop allà es duen a terme unes reaccions reducció-reacció per les quals es produeix  $H_2O$ , un corrent elèctric i calor residual, ja les reaccions que es produeixen són exotèrmiques.

En l'ànode es produeix l'oxidació de l'hidrogen (perd electrons), mentre que l'oxigen es redueix al càtode (guanya electrons).

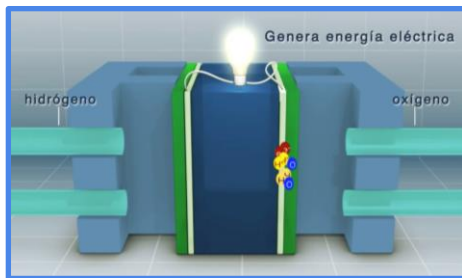
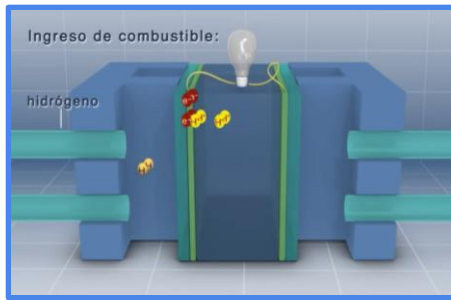
Els protons de l'hidrogen circulen a través de l'electròlit i arriben al càtode. Mentre que, els electrons, que no poden travessar la membrana, s'escapen per un circuit elèctric extern de manera que generen electricitat.

Un cop al càtode, les molècules de l'oxigen reaccionen amb els electrons i protons de l'hidrogen formant aigua.

D'aquesta manera l'únic residu que es produeix és vapor d'aigua.

- Reaccions Reducció-Oxidació:
  - Al Ànode:  $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$
  - Al Càtode:  $\frac{1}{2}O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O$
  - Reacció global:  $H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O$

- Procés



Reacció de l'ànode

Circulació dels protons i electrons

Reacció del càtode

Sortida del vapor d'aigua

1.11, 1.12, 1.13, 1.14 Procés de la pila de combustible.

### Història de la pila de combustible

Es coneixen els fonaments de la pila de combustible desde mitjans del segle XIX.

L'any 1938, el químic Christian Friedrich Schönbin, va descobrir el fonament de la pila d'hidrogen. I al cap d'un any, William Robert Grove va realitzar uns experiments que demostraven la possibilitat de crear energia amb una reacció electroquímica entre l'hidrogen i l'oxigen.

L'any 1960 va iniciar el seu desenvolupament ja que es va començar a utilitzar en diferents missions de la NASA.

## Aplicació a la mobilitat

Els actuals motors convencionals que equipen els vehicles de transport i basats en el consum de combustibles fòssils: benzina, gasoil; generen una gran quantitat de productes contaminants: òxids de nitrogen, de sofre i  $CO_2$ .

Per intentar resoldre aquest problema s'estan dedicant molts esforços a buscar alternatives a la mobilitat, una d'elles és la utilització de piles d'hidrogen

L'hidrogen, l'element més abundant de l'univers, es pot utilitzar directament com a font de combustible en un motor estàndard d'explosió o bé en un cotxe equipat amb una pila de combustible.

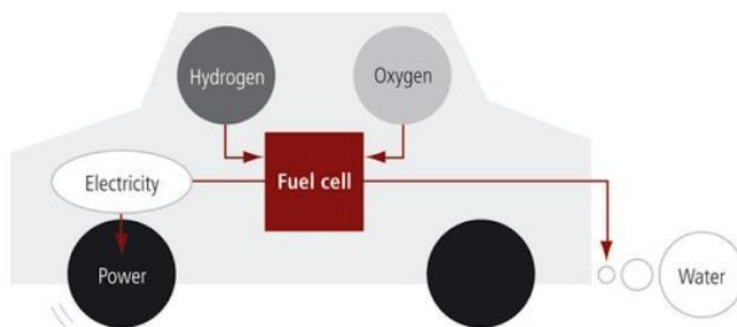
Un dels punts més crítics és l'emmagatzematge de l'hidrogen en el vehicle.

Les opcions poden ser hidrogen gas, hidrogen líquid o bé un compost químic que a través d'una reacció química se'n pugui derivar hidrogen, com per exemple el metanol.

L'ús de l'hidrogen en els vehicles impliquen una sèrie de limitacions tècniques com ara l'espai disponible en el vehicle, el cost d'emmagatzematge, el risc d'explosió i en cas d'utilitzar hidrogen líquid les condicions d'emmagatzematge a baixa temperatura.

La reacció en la pila combustible és 100 % neta, ja que només genera aigua que surt pel tub d'escapament en , però l'hidrogen necessari per la reacció és pot haver obtingut amb mètodes que generin contaminació, per tant, només es pot considerar sostenible quan s'ha obtingut l'hidrogen per fonts renovables.

Actualment, s'estan dedicant molts recursos a les possibles aplicacions de la pila d'hidrogen tant en el transport urbà com en marítim i aeri pels avantatges mediambientals que suposa.



1.15 Esquema de cotxe de pila de combustible.



## Avantatges i inconvenients

- Avantatges:
  - No contamina: la combustió de l'hidrogen és 100% neta, per tant, no perjudica el medi ambient .
  - Temps de càrrega: El temps de càrrega per a un vehicle amb pila d'hidrogen és molt més curt que per a un vehicle elèctric i similar a la d'un vehicle diesel.
  - Element més abundant: L'hidrogen és l'element més abundant de l'univers, per tant és una font de combustible infinita.
  
- Inconvenients:
  - Emmagatzematge de l'Hidrogen en el vehicle
  - Preu: Actualment, els vehicles equipats amb pila d'hidrogen son significativament més cars que els vehicles amb motor convencional.
  - l'Hidrogen és un gas Inflamable i explosiu
  - Obtenció de l'hidrogen: només en en el cas que sigui obtingut a través d'energies renovables podrem considerar els beneficis pel medi ambient.

## COMPARACIÓ DE LES DUES FONTS D'ENERGIA

ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	PILA DE COMBUSTIBLE
<p>La energia s'obté de la radiació solar. Això és degut al flux d'electrons produït a la placa solar que genera electricitat.</p>	<p>L'energia s'obté mitjançant una reacció electroquímica de reducció-oxidació, on oxigen i hidrogen es converteixen en aigua i energia. També s'allibera calor ja que la reacció és exotèrmica.</p>
<p>L'estructura amb la que s'obté energia són les plaques fotovoltaïques formades per silici o altres materials semiconductors.</p>	<p>L'estructura està formada per un conjunt de cel·les separades entre elles per unes plaques anomenades bipolars que evacuen l'aigua i "conduïxen" els gasos.</p>
<p>És una energia renovable, per tant no contamina, però té inconvenients ja que només s'obté amb la llum durant el dia i a més a més, té un emmagatzematge molt limitat.</p>	<p>És una energia renovable, per tant no contamina, però té inconvenients ja que l'hidrogen és un gas inflamable i que, només en el cas que sigui obtingut a través d'energies renovables, podem considerar els beneficis plens pel medi ambient.</p>
<p>És difícil trobar vehicles que es venguin i que funcionin totalment amb aquesta energia. Ja que, actualment la autonomia d'aquests vehicles no és molt llarga i per tant, no es podrien fer trajectes de distàncies llargues.</p>	<p>Avui dia hi ha cotxes que funcionen amb aquesta energia, però els seus preus són bastant elevats.</p> <p>Els podem trobar a la venda a països com Països Baixos, Alemanya...</p>
<p>El temps de càrrega no és estable, és a dir, dependrà directament de les condicions ambientals en les que es trobi</p>	<p>El temps de càrrega per a un vehicle amb pila d'hidrogen és molt més curt que</p>

en aquell moment.	per a un vehicle elèctric i similar a la d'un vehicle diesel.
Aquesta funciona gràcies a la llum solar per tant el seu rendiment està en funció de la climatologia la qual és una font poc fiable i també poc regular ja que la quantitat de llum solar no és la mateixa en cada estació del any.	Aquesta funciona amb hidrogen que és l'element més abundant de la terra, el que el fa una font molt fiable i regular.
L'efecte fotovoltaic ha estat conegut desde 1839, és a dir, desde el segle XIX, no va se desde la dècada del 50 on es va començar a desenvolupar els panells fotovoltaics.	Desde mitjans del segle XIX ja es coneixien els fonaments de la pila de combustible. Però no va ser fins el 1960 que es va començar el seu desenvolupament tecnològic.
Hi han dos tipus de panells solars: Panells monocristalins els quals tenen una puresa elevada. Panells pol.licristalins que tenen impureses que fan que la seva eficiència disminueixi.	No hi han grans tipus diferents de piles de combustible. Simplement estan formades per cel.les formades per dos electrodes; un ànode i un càtode.
El panell solar serà col·locat en una superfície del vehicle on la llum solar pot arribar aquesta es segura.	L'emmagatzematge de l'hidrogen ha de ser en el vehicle el que pot ser perillós doncs aquest és altament inflamable.

## **PART EXPERIMENTAL**

### **OBJECTIU:**

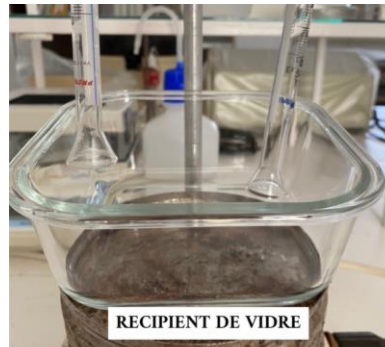
L'objectiu d'aquest experiment és demostrar que la pila d'hidrogen és una energia renovable i eficient que genera aigua com a únic residu. L'aplicació d'aquesta energia a la mobilitat dels vehicles reduiria la contaminació i l'impacte en el medi ambient.

Una de les prioritats d'aquest experiment és mostrar el principi de funcionament de la pila de combustible i com d'aquesta se'n pot extreure energia elèctrica. En un futur esperem que es pugui desenvolupar plenament la seva aplicació a la mobilitat dels vehicles i resoldre els inconvenients actuals.

### **MATERIAL NECESSARI:**

- Una pila de combustible reversible: dispositiu electroquímic, format per un ànode i un càtode separats per una membrana amb un electròlit que transforma l'energia química en energia elèctrica. És necessari per a que es pugui dur a terme el procés de l'electròlisi de l'aigua i per poder fer la reacció reducció-oxidació per generar electricitat.
- Dues buretes per poder emmagatzemar aigua i controlar els gasos que es generen
- Suport per les buretes
- Un recipient de vidre
- Una font d'alimentació de 9v: aporta l'energia necessària per a l'electròlisi de l'aigua.
- Cables conductors: permeten que els electrons puguin circular de la font d'alimentació a la pila d'hidrogen i d'aquesta al motor elèctric.

- Motor elèctric unit a aspes de ventilador: cos que utilitzarà l'energia produïda. En aquest cas s'utilitza un motor de 1400 rpm.
- Tubs de goma flexibles: s'utilitza per fer circular els gasos generats de 9 mm de diàmetre.
- Aigua destil·lada



## PROCEDIMENT:

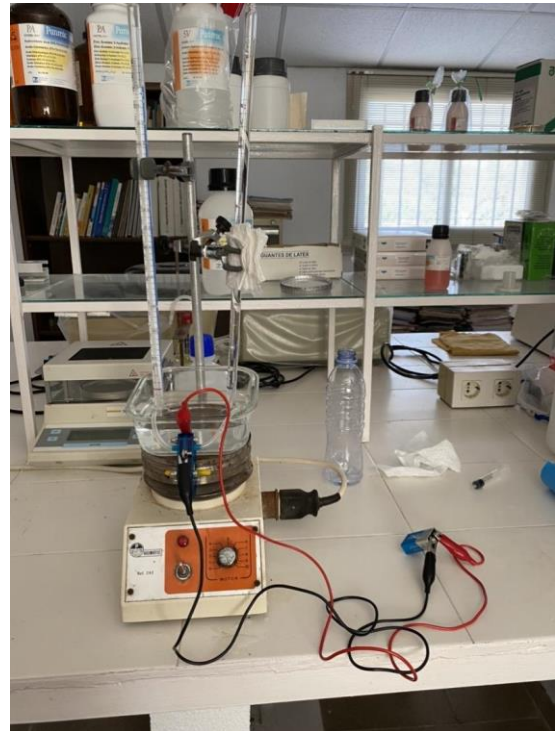
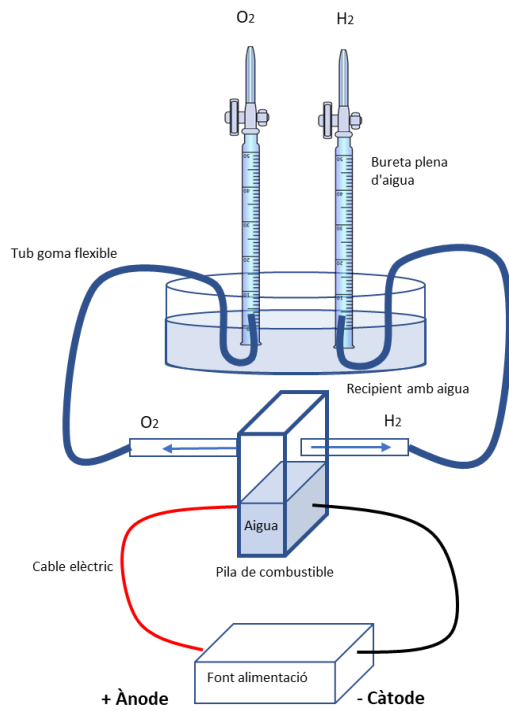
### **Etapa 1: Electròlisi de l'aigua**

Per a que es puguin dur a terme els processos redox d'una pila de combustible, hem d'obtenir hidrogen i oxigen.

Per aconseguir els gasos utilitzem el procés de l'electròlisi de l'aigua. Aportant energia elèctrica la molècula d'aigua es dissocia generant hidrogen i oxigen gas.

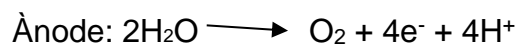
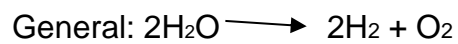
Per fer-ho, s'omplen les buretes amb aigua es giren, i se submergeix l'extrem obert dins d'un recipient amb aigua, així la bureta invertida queda plena d'aigua. Es connecta un extrem del tub de goma a la pila de combustible i l'altre es col·loca a dins la bureta per la boca oberta dins l'aigua. Seguidament s'omple la pila de combustible amb aigua destil·lada i s'endolla la font d'alimentació, d'aquesta manera s'aporta energia elèctrica per a que es pugui produir l'electròlisi de l'aigua generant els dos gasos, oxigen i hidrogen. S'observa que en cada recipient es formen bombolles de gas que desplacen l'aigua de les buretes.

## Esquema de funcionament



A la bureta que recull l'hidrogen hi ha el doble de gas que la que recull l'oxigen.

## Reaccions químiques



## **Etapa 2: Pila d'hidrogen**

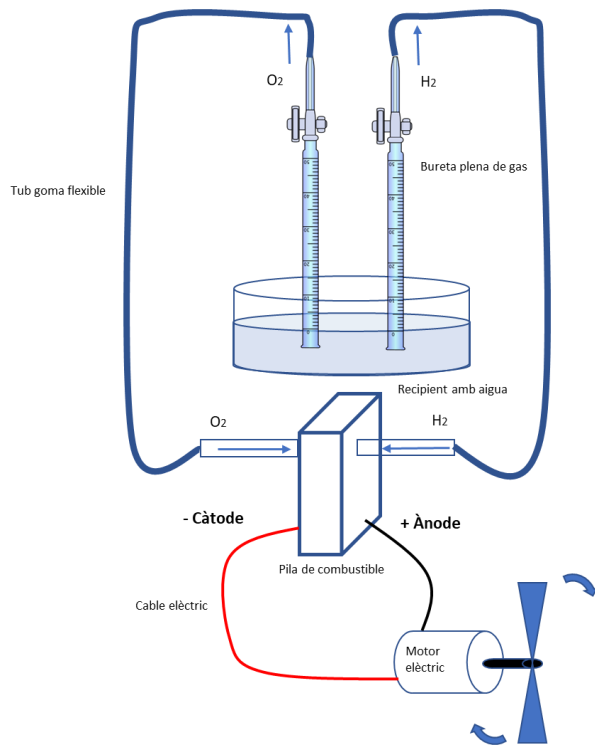
Una vegada generats els gasos per electròlisi, procés que dura pocs segons, es desconnecta la font d'alimentació. Es retiren els tubs de goma de dins la bureta, es connecten a l'extrem superior i s'obre la vàlvula de la bureta per alimentar el gas a la pila de combustible. Finalment es connecten els cables elèctrics del motor a la pila de combustible.

El funcionament de la pila de combustible és el contrari al de l'electròlisi de l'aigua. Durant aquest procés es fa arribar hidrogen a l'ànode i aquest s'oxida (perd electrons), mentre que l'oxigen es redueix al càtode (guanya electrons). Els protons de l'hidrogen circulen a través de l'electròlit i arriben al càtode. Mentre que, els electrons, que no poden travessar la membrana, s'escapen pel circuit elèctric extern que alimenta el motor elèctric, d'aquesta manera els electrons generen electricitat i això permet que el motor giri. Un cop al càtode, les molècules de l'oxigen reaccionen amb els electrons i protons de l'hidrogen formant aigua.

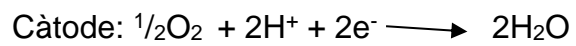
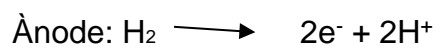
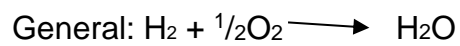
D'aquesta reacció se'n obté aigua com a únic residu, energia i també calor ja que les reaccions que es produeixen són reaccions exotèrmiques.



## Esquema de funcionament



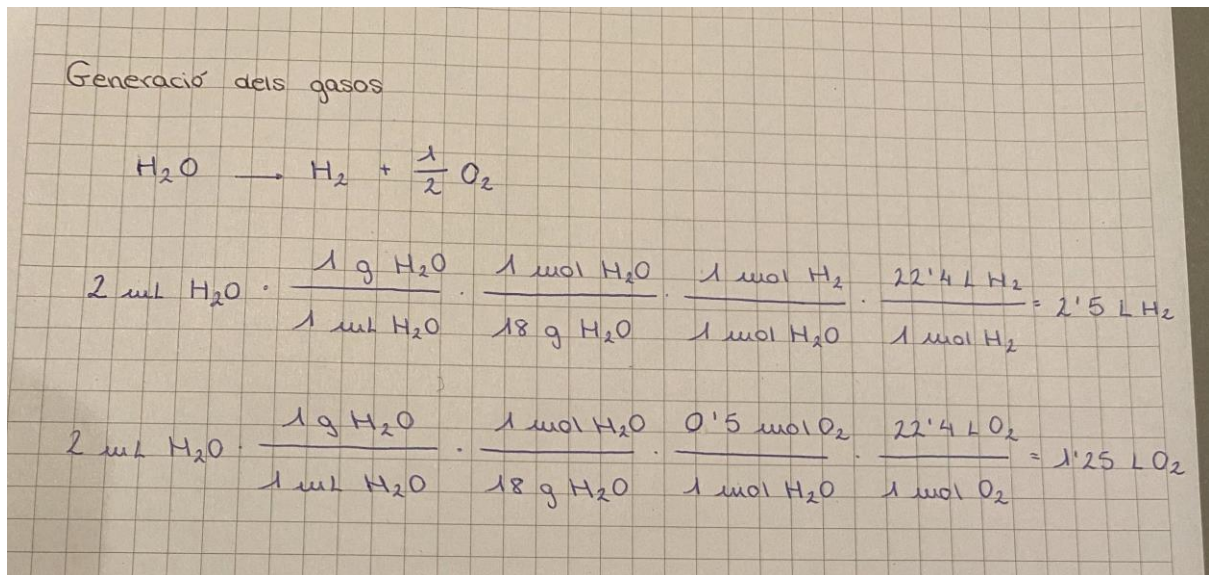
## Reaccions químiques



### OBSERVACIONS EXPERIMENTALS:

Durant l'electròlisi de l'aigua, els gasos es van generar molt més ràpid del que s'esperava i només amb molt poca quantitat d'aigua, en aquest cas 2 mL, s'obté molta quantitat gas, en aquest cas 2'5 L d'hidrogen i 1'25 L d'oxigen.

Amb l'experiment s'ha validat la factibilitat tècnica d'aquesta tecnologia.



## ENTREVISTA

### Entrevista a l'especialista Jordi Llorca

Sr Jordi Llorca Piqué,

Doctor en Química, Professor de la UPC (Catedràtic), Director del Centre d'Investigació de Barcelona en Ciència i Enginyeria Multiescala, expert en el camp de la recerca, guardonat tres vegades amb el Premi ICREA Acadèmia per l'estudi fonamental i l'aplicació de catalitzadors en el camp de la recollida d'energia i el medi ambient, per anomenar alguns dels trets destacables de la seva llarga trajectòria professional.

Ens adreçem a vostè, en el context del treball de recerca que estem realitzant sobre les energies renovables i més concretament sobre la viabilitat d'utilitzar l'hidrogen com a combustible habitual en l'automoció.

Li agrairem que ens contesti les següents preguntes:

1. Quines classes imparteix actualment a la UPC? a quins cursos i a quines titulacions?

*“Nanotecnologia” al grau d'enginyeria física, “Energia i Medi Ambient” al màster d'enginyeria ambiental, “Hidrogen i Piles de Combustible” al màster d'enginyeria en energia, “Catàlisi i disseny avançat de reactors” al màster d'enginyeria químics.*

2. A part de la seva tasca docent, quines activitats destacaria dintre de la seva trajectòria professional en el camp de la recerca, com a ponent, ...

*Dirigeixo el grup de recerca “Nanoenginyeria de materials aplicats a l’energia” on treballem en el disseny de catalitzadors i fotocatalitzadors per a produir hidrogen i en catalitzadors per al medi ambient. Hem publicat molts articles (més de 300) en revistes científiques de prestigi, com “Science” i “Nature Chemistry” i fet vàries patents i una spin-off.*

3. Què són per vostè les energies renovables?

*El futur. No hi ha dubte que el futur estarà determinat per l’ús de les energies renovables. Però cal tenir present que haurem de fer adaptacions. El món ara funciona gràcies als combustibles fòssils, que és com tenir diners al banc. Estan allí i quan vols els treus i fas servir. Les energies renovables, en canvi, és com viure del teu treball i salari a finals de mes. Els diners són un flux que tu vas gastant, però no acumules. Aquesta és una diferència fonamental i que determina que haguem de desenvolupar maneres d’emmagatzemar energia produïda per les energies renovables. I amb això l’hidrogen pot jugar un paper molt important, perquè a diferència de l’electricitat que és difícil o impossible d’emmagatzemar durant molt de temps, l’hidrogen és una substància química i un cop produït es pot emmagatzemar per sempre.*

4. D’acord a la seva experiència, quin és el grau de coneixement sobre les energies renovables per part de la població? En particular, de l’energia que produeixen les piles d’hidrogen?

*La població sap perfectament el què són, les energies renovables. Tothom sap que amb el Sol i plaques fotovoltaïques es produeix electricitat, i tothom sap dels aerogeneradors. El que poca gent sap és el que són les piles d’hidrogen (o piles de combustible). Però hi ha una cosa important a deixar clar: mentre que l’energia solar o eòlica és energia primària, l’hidrogen per a fer funcionar les piles de combustible no és una font d’energia, és un vector energètic. Això vol dir que per produir hidrogen primer cal invertir energia. Per això només té sentit fer hidrogen amb energies renovables.*

5. Com veu la possibilitat d'utilitzar energia produïda per les piles d'hidrogen en la nostra vida quotidiana?

*Sense problema. De fet avui en dia ja ho podem fer, el que passa és que és car. Ja existeixen cotxes amb piles d'hidrogen i dispositius per a les llars, etc. Però segueix sent més barat utilitzar gas natural i benzina fòssils...*

6. En quan de temps creu vostè que els cotxes que funcionen amb combustibles fòssils es deixaran de vendre?

*M'agradaria que fos ben aviat, perquè els vehicles elèctrics són clarament la solució a la contaminació en grans ciutats. Tècnicament es podria fer demà, és només una qüestió dels polítics. Vaig estar a Shanghai l'any passat (Xina), que té 26 milions d'habitants, i en dos anys el govern ha obligat a la població canviar totes les motos de benzina a motos elèctriques. Aquí podríem fer el mateix ja!*

7. Què opina sobre els cotxes elèctrics actuals?

*Que ja estan aquí per quedar-se. És una tecnologia simple. El que passa és que hem de tenir molt clar d'on ve l'electricitat que carreguem als vehicles. Si l'electricitat és renovable, perfecte, però si ve de plantes de generació elèctrica amb combustibles fòssils el que estarem fent és només moure la contaminació d'un lloc a l'altre...*

8. Creu que en un futur aquests seran reemplaçats per altres energies renovables, per exemple, piles d'hidrogen?

*Els vehicles amb pila d'hidrogen són vehicles elèctrics. És tot igual, però canviant la bateria en el cotxe elèctric per una pila de combustible i un dipòsit d'hidrogen. A les ciutats o per petits desplaçament millor les bateries*

*(fàcils de recarregar però amb poca autonomia), mentre que per viatges llargs o transport de mercaderies millor els vehicles d'hidrogen.*

9. Quins problemes de seguretat veu en l'ús de la pila de combustible pels cotxes?

*Cap ni un. Els dipòsits són perfectament segurs.*

10. Quines necessitats tecnològiques calen per poder utilitzar piles d'hidrogen en automòbils actualment?

*La tecnologia està totalment resolta. El que cal idear és un sistema de subministre d'hidrogen per a reomplir els dipòsits.*

11. Creu que tenim la suficient tecnologia per poder fer un híbrid amb energia solar y placa de combustible?

*Sí, de fet ja existeix en cotxes de joguina. El tema està en l'autonomia, actualment no es pot pensar en portar una placa solar al sostre del vehicle que produeixi hidrogen per electròlisi per alimentar el motor. Tant de bo es pogués fer perquè ja tindríem els cotxes d'hidrogen aquí demà! Els cotxes d'hidrogen actuals encara són massa cars, però ja són comercials! Haurem d'esperar que les piles d'hidrogen baixin de preu. Possiblement primer veurem l'ús de l'hidrogen en trens, vaixells i camions abans que en els cotxes i motos.*

## CONCLUSIONS

### ENQUESTA SOBRE ÚS D'ENERGIES RENOVABLES EN EL TRANSPORT

Característiques dels participants a l'enquesta:

Total participants: 200

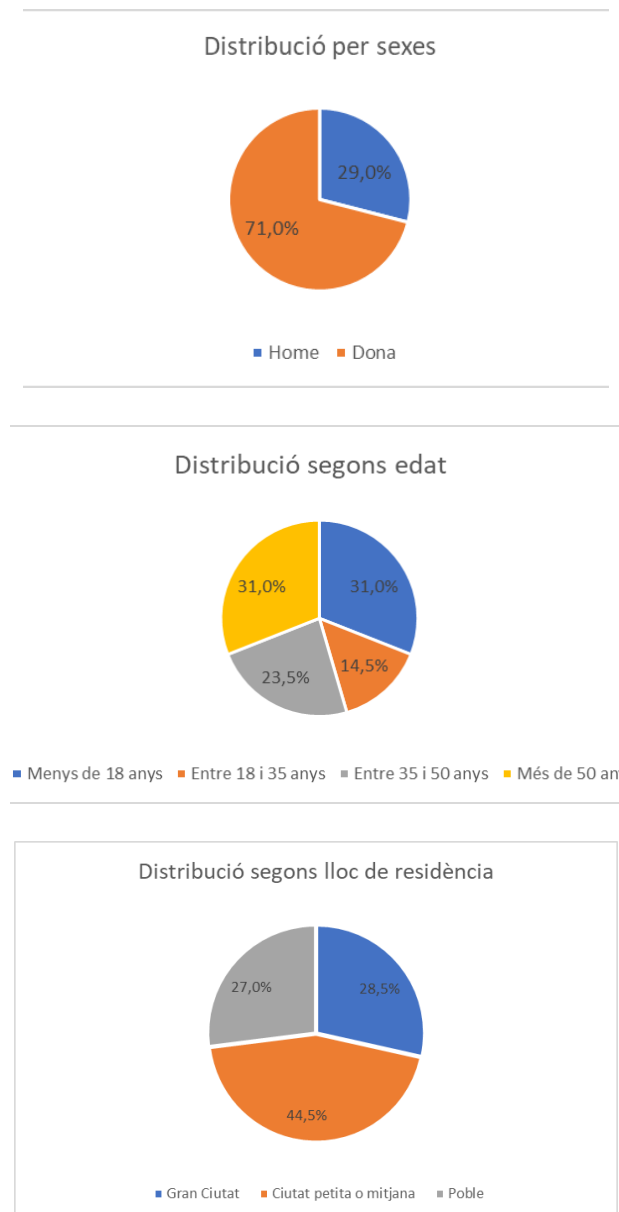


Figura 2.1,2.2, 2.3 Gràfic característiques principals enquesta

## Pregunta 1: Tens interès en les energies renovables?

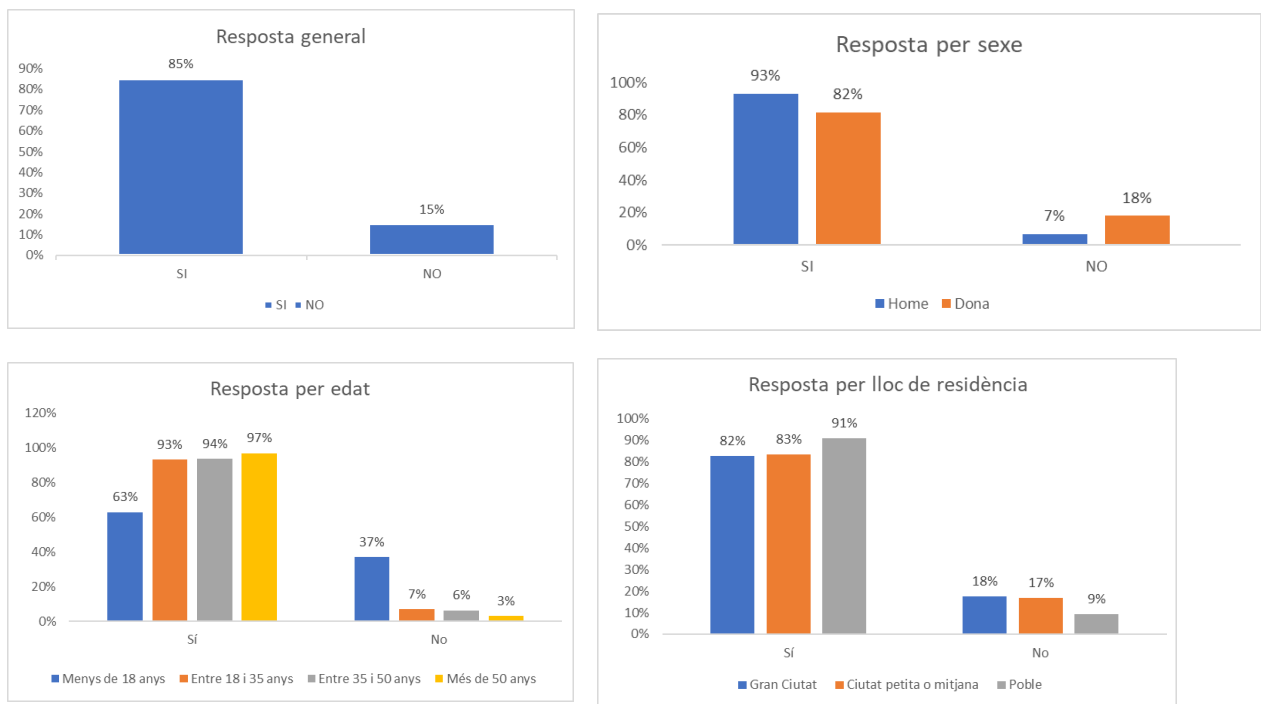


Figura 2.4, 2.5, 2.6, 2.7 Gràfic pregunta 1 enquesta

S'observa que el 85% de la població enquestada està sensibilitzada pel tema de les energies renovables i destaca el fet que la franja d'edat menys conscienciada, és la dels joves menys de 18 anys.



## Pregunta 2: Quins tipus d'energies renovables coneixes aplicables als vehicles?

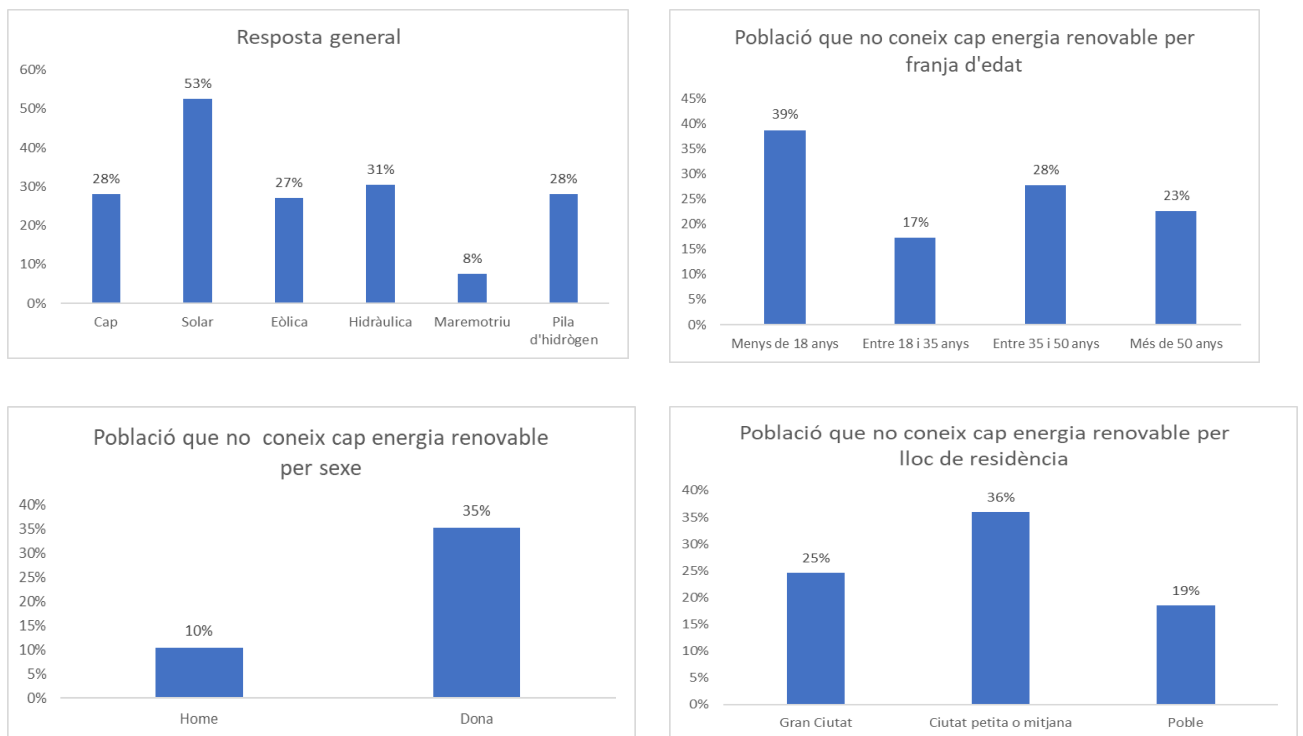


Figura 2.8, 2.9, 2.10, 2.11 Gràfic pregunta 2 enquesta

S'observa que un 28% de la població enquestada no coneix cap tipus d'energia renovable aplicable als vehicles i es fa palès que aquest desconeixement segueix una raó de 3 a 1 entre el sexe femení i el masculí respectivament. Continua la tònica observada en la primera pregunta, pel que fa al fet que els menors de 18 anys són els que viuen més aliens a aquest tema.

**Pregunta 3:** Creus que s'estan duent a terme els suficients recursos per reduir els nivells de contaminació?

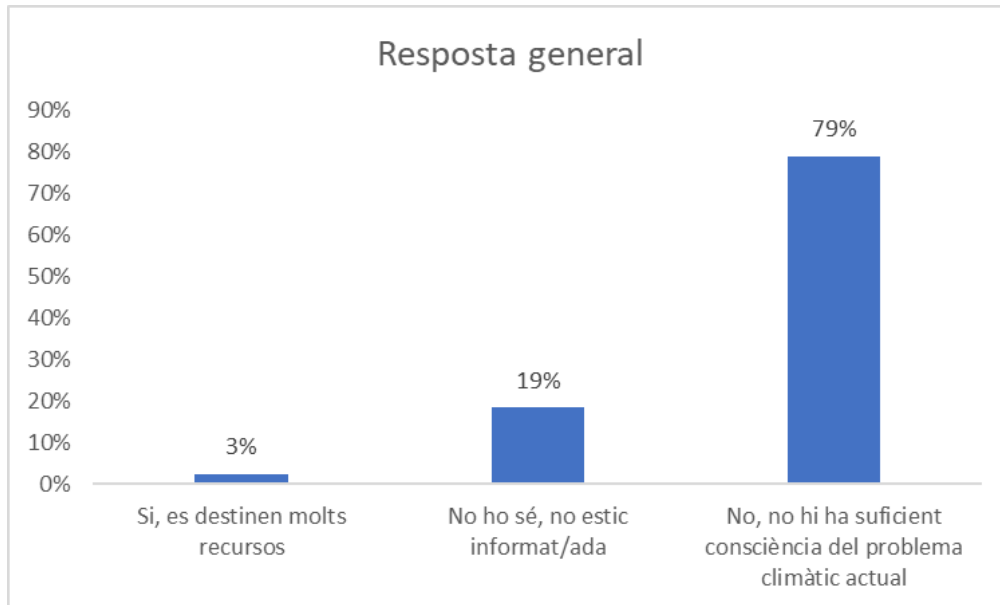


Figura 2.12 Gràfic pregunta 3 enquesta

S'observa que, en general, els enquestats creuen que no es duen a terme suficients recursos per tal de reduir els nivells de contaminació, però encara quasi un 20% dels enquestats no estan suficientment informats sobre la situació.

#### Pregunta 4: Amb quina freqüència utilitzes el teu vehicle?

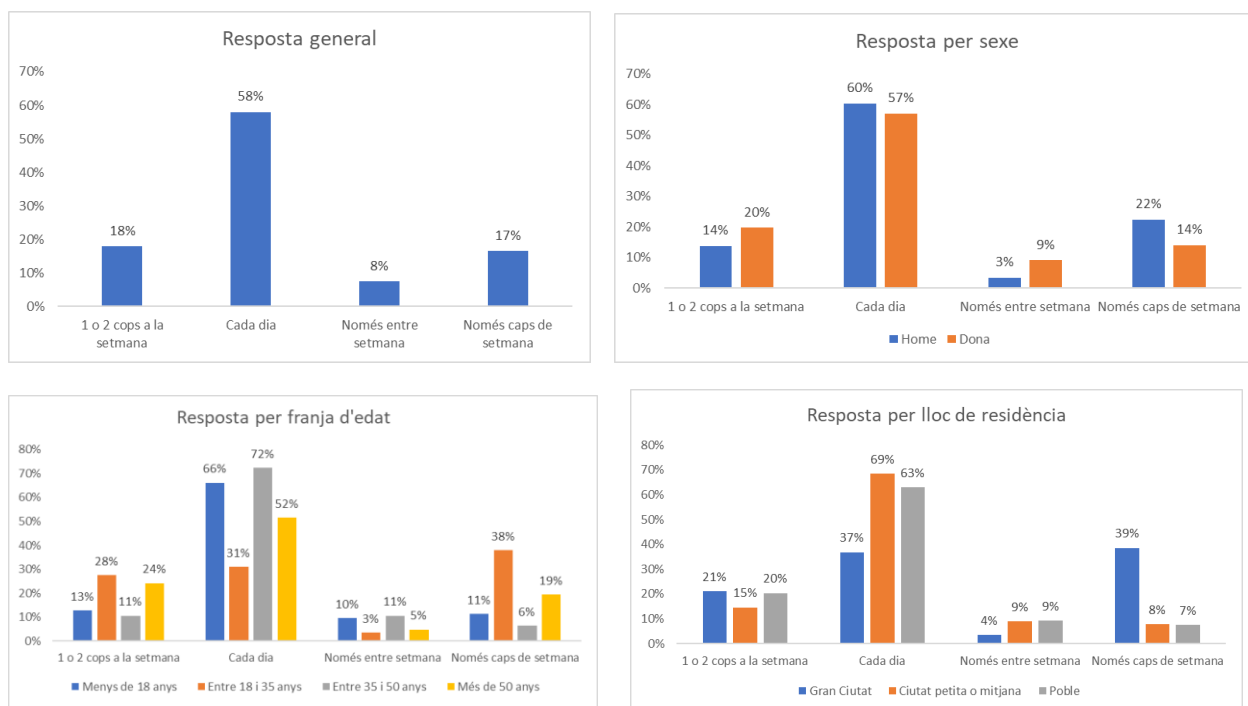


Figura 2.13, 2.14, 2.15, 2.16 Gràfic pregunta 4 enquesta

S'observa que la majoria dels enquestats fan ús del seu vehicle cada dia. Els que viuen a les ciutats petites o mitjanes són els que més l'utilitzen diàriament, però els caps de setmana els que en fan més ús són els que viuen en grans ciutats.

## Pregunta 5: Comprar un vehicle és una necessitat per tu en els propers anys?

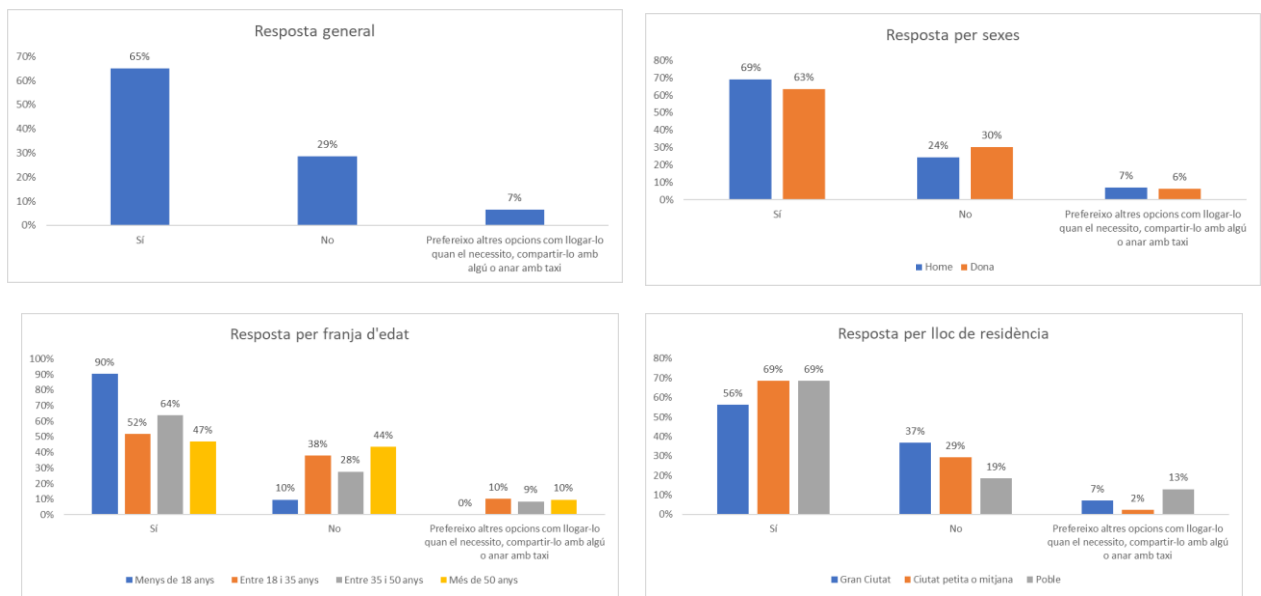


Figura 2.17, 2.18, 2.19, 2.20 Gràfic pregunta 5 enquesta

S'observa que aproximadament dos terços dels enquestats tenen la necessitat de comprar un vehicle en els pròxims anys. Sobretot menors de 18 anys que viuen a una ciutat mitjana o un poble.

## Pregunta 6: Compraries un vehicle que funcioni amb energies renovables avui dia?

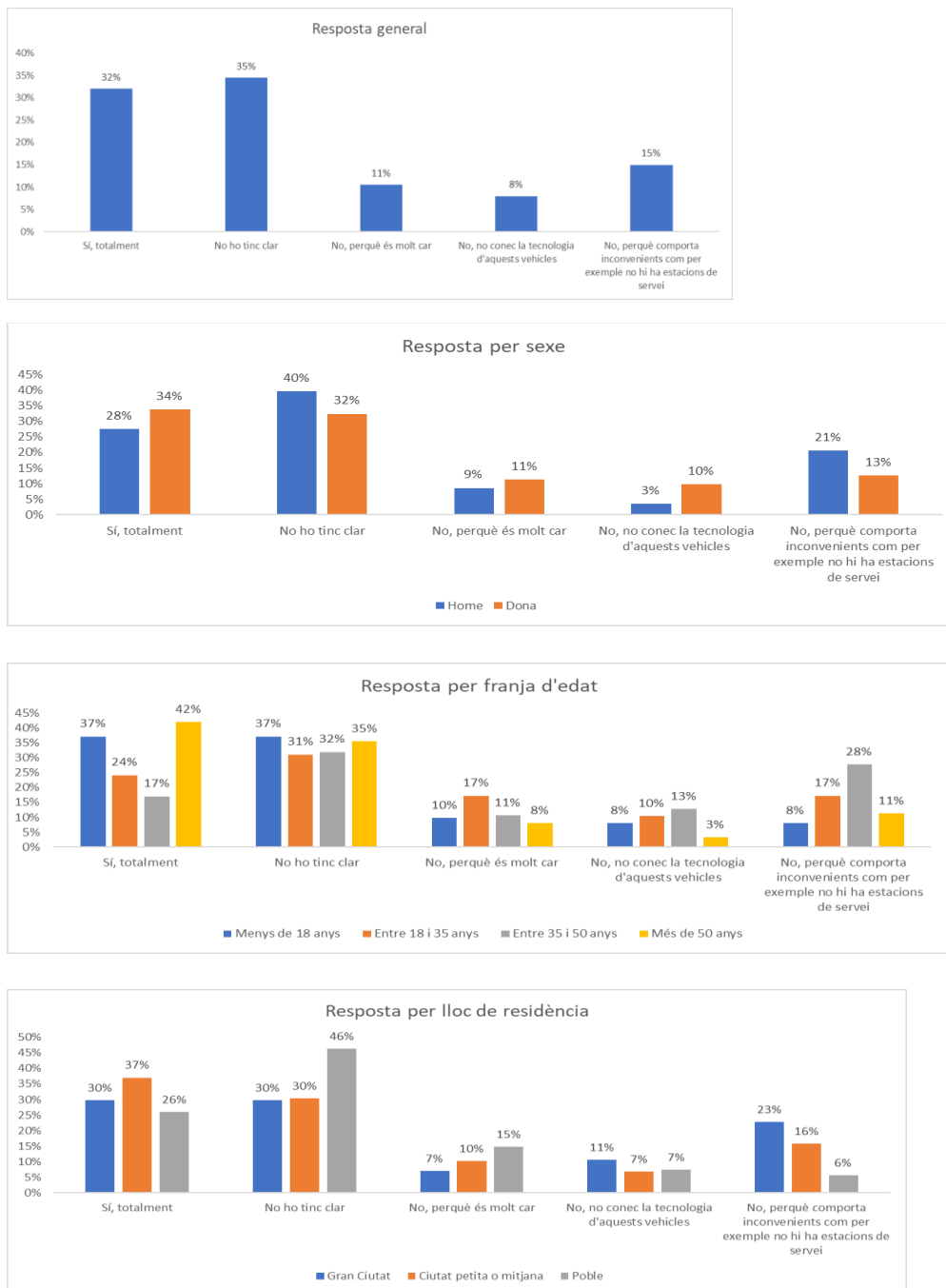


Figura 2.21, 2.22, 2.23, 2.24 Gràfic pregunta 6 enquesta

S'observa que només un terç dels enquestats compararien un vehicle que funcioni amb energies renovables avui dia. Els enquestats més disposats són les dones de més de 50 anys que viuen en una ciutat petita o mitjana. Un 35% dels enquestats no ho tenen clar, però només un 8% dels enquestats no ho farien perquè no coneixen la tecnologia.

## Pregunta 7: Compraries un vehicle elèctric avui dia?

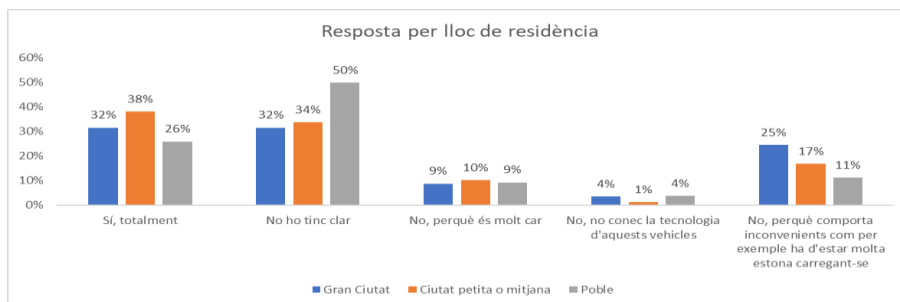
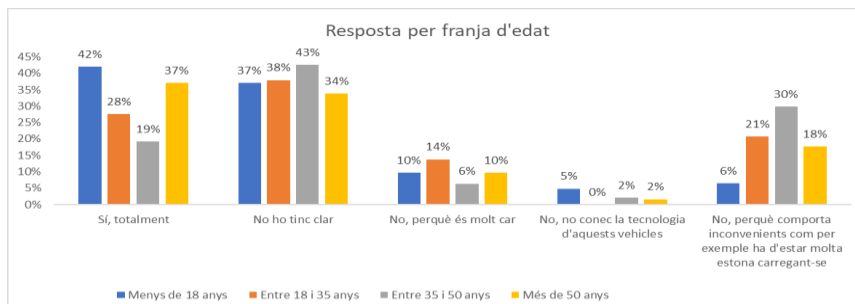
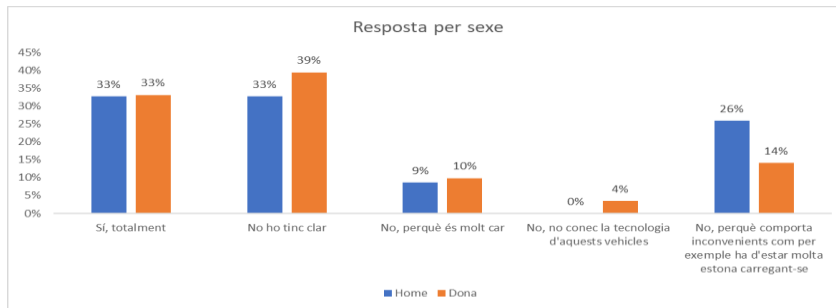
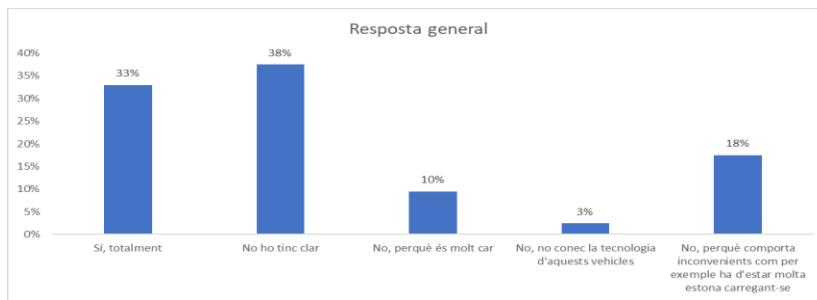


Figura 2.25, 2.26, 2.27, 2.28 Gràfic pregunta 7 enquesta

S'observa que un terç dels enquestats comprarien un vehicle elèctric i quasi un 40% no ho tenen clar. Els enquestats més disposats a comprar un vehicle amb aquestes característiques són els menors de 18 anys que viuen en una ciutat petita o mitjana i els que estan menys disposats a comprar-lo són els enquestats que tenen entre 35 i 50 anys que viuen a un poble.

**Pregunta 8:** Creus que en un futur no hi haurà cap vehicle que funcioni amb combustibles fòssils (gasolina, diesel)?

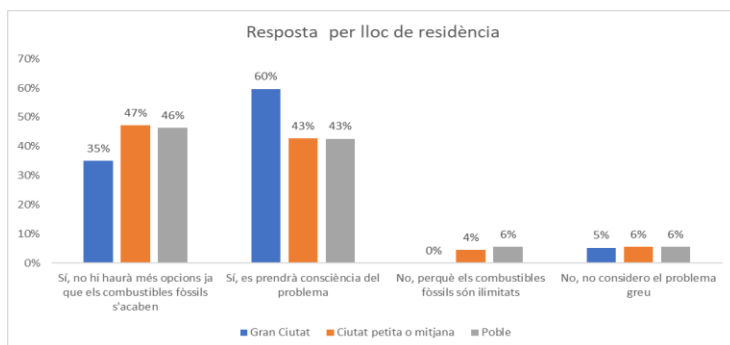
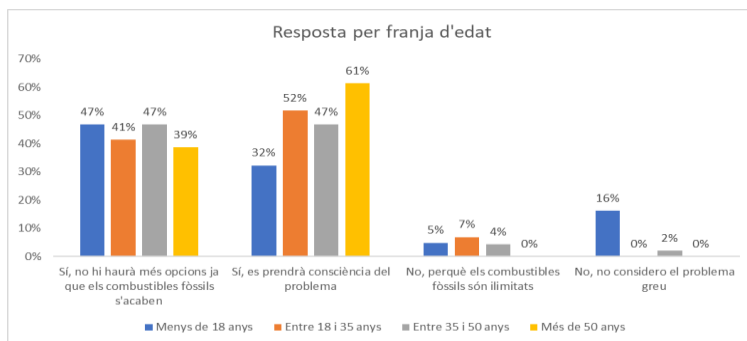
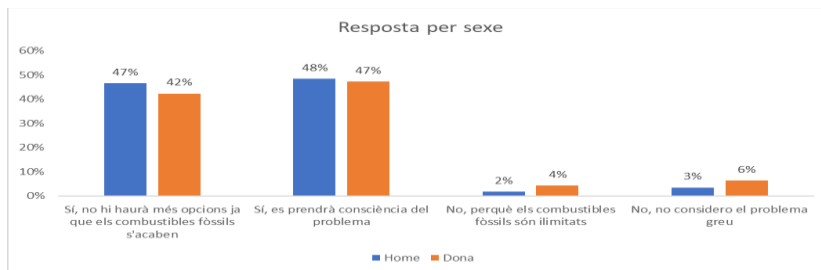
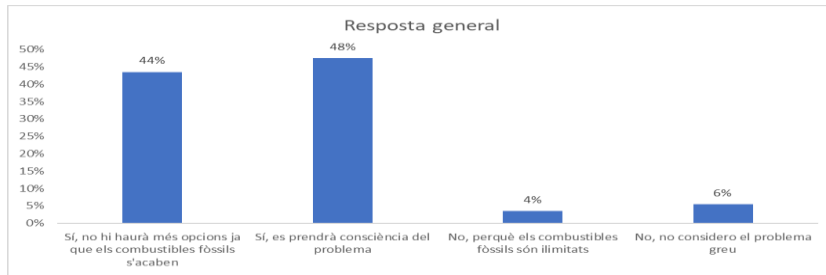


Figura 2.29, 2.30 ,2.31, 2.32 Gràfic pregunta 8 enquesta

S'observa que la majoria dels enquestats creuen que en un futur no hi haurà cap cotxe que funcioni amb combustibles fòssils. No hi ha diferències significatives ni per sexe ni per lloc de residència ni per franges d'edat.

## CONCLUSIONS GENERALS :

- ✓ La majoria dels enquestats mostra interès per les energies renovables i creuen que no hi ha prou consciència del problema climàtic actual.
- ✓ El perfil que mostra més interès és el d'un home de més de 50 anys que viu en un poble i el de menys interès les dones de menys de 18 anys que viuen en ciutats grans.
- ✓ L'energia renovable aplicable als vehicles més coneguda és l'energia solar. Un terç de les dones enquestades no coneixien cap energia renovable. La població de menys de 18 anys és la que menys coneixements en té.
- ✓ Els 60% dels enquestats utilitzen el vehicle cada dia. Els que viuen a les grans ciutats són els que utilitzen menys el vehicle entre setmana i més el cap de setmana.
- ✓ Dos terços dels enquestats tenen la necessitat de comprar un vehicle en els pròxims anys. Sobretot els de menys de 18 anys i que viuen en una ciutat mitjana o un poble.
- ✓ Només un 30% dels enquestats compararien un vehicle que funcioni amb energies renovables. Les dones estan més disposades que els homes a provar les energies renovables i la franja d'edat de més de 50 anys.
- ✓ El 90% dels enquestats pensen que els combustibles fòssils no es podran continuar utilitzant com a combustible pels vehicles.

## CONCLUSIÓ FINAL:

Finalment, després d'haver fet molta recerca, d'haver parlat amb un especialista i d'haver fet experiments, hem conclòs que sí que és possible la introducció de l'energia fotovoltaica i les piles de combustible en els automòbils i això ajudarà a revertir notablement l'emergència climàtica actual. Com ens va dir el Sr Jordi Llorca: *“Els vehicles elèctrics són clarament la solució a la contaminació en grans ciutats.”* i *“Els cotxes d'hidrogen actuals encara són massa cars, però ja són comercials!”*.



## **BIBLIOGRAFIA**

### Webgrafia

- Ingeoexpert (29.03.2019) ¿Qué es la energía solar fotovoltaica y cómo se genera?(online)<https://ingeoexpert.com/blog/2019/03/29/que-es-la-energia-solar-fotovoltaica-y-como-se-genera/>
- Estudio de las modificaciones a introducir en un automóvil que incorpore la tecnología de pila de combustible  
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/2752/37789-3.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Redacciones (26.02.2019) Pila de combustible  
<https://cumbrepuebloscop20.org/energias/combustibles/pila/#Desventajas-de-las-pilas-de-combustible>
- MotorGIGA - Pila de combustible  
<https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/pila-de-combustible-definicion-significado/gmx-niv15-con195134.htm>
- (5.02.2020)-Generació d'energia elèctrica  
[https://ca.wikipedia.org/wiki/Generació\\_d%27energia\\_elèctrica#Piles\\_de\\_combustible](https://ca.wikipedia.org/wiki/Generació_d%27energia_elèctrica#Piles_de_combustible)
- Centre Nacional Hidrógeno- ¿Qué es una pila de combustible?  
<https://www.cnh2.es/pilas-de-combustible/>
- Quaddigitalstudios (18.10.2012) Pila Hidrógeno  
<https://www.youtube.com/watch?v=k3Ji0a0Bwik>
- Appice- Pilas de Combustible  
<https://appice.es/pilas-de-combustible/>
- Pila de combustible (8.02.2020)  
[https://ca.wikipedia.org/wiki/Pila\\_de\\_combustible](https://ca.wikipedia.org/wiki/Pila_de_combustible)
- Videosquimica (16.02.2010) Funcionamiento de una pila de combustible  
<https://www.youtube.com/watch?v=qTlirPZVEEE>
- Appa (01.2020) ¿Qué es la energía fotovoltaica?  
<https://www.appa.es/appa-fotovoltaica/que-es-la-energia-fotovoltaica/>
- Gilabert Miró- Què són les plaques solars i com funcionen?

<https://www.gilabertmiro.com/ca/autoconsum-ca/que-son-les-plaques-solars-i-com-funcionen/>

- L'energia solar a Menorca-estefaniariutort20  
<https://es.slideshare.net/estefaniariutort20/lenergia-solar-a-menorca-45377658>
- ¿Cuáles son las principales desventajas de la energía solar? <https://solar-energia.net/que-es-energia-solar/ventajas-desventajas/desventajas>
- Los beneficios de usar la energía solar fotovoltaica dentro del hogar  
<https://www.solucionesintegralesendesa.com/blog/equipamiento-hogar/energia-solar/energia-solar-fotovoltaica-dentro-del-hogar/>
- Icaen  
[http://www.gencat.cat/icaen/recoregutenergia/unitat17/bloc4\\_unitat17\\_pag10.html](http://www.gencat.cat/icaen/recoregutenergia/unitat17/bloc4_unitat17_pag10.html)
- Hidrògen, el combustible net alternatiu <http://blog.racc.cat/cotxe/hidrogen-el-combustible-net/>
- Pila de combustible, alternativa al coche eléctrico  
<https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/pila-de-combustible-alternativa-al-coche-electrico>
- Coches solares: el futuro ya está aquí <http://www.cerogradossur.es/coches-solares-el-futuro-ya-esta-aqui/>
- L'hidrogen, el combustible del futur?<https://laclau.cat/article/lhidrogen-el-combustible-del-futur/>
- Vehícles d'hidrogen bloc- AeeReN  
<https://www.slideshare.net/AeeReN/vehcles-dhidrogen-bloc>
- Pilas de combustible, electricidad para el futuro inmediato - Santiago Liviano García <http://www.tecnicaindustrial.es/TIFrontal/a-3958-pilas-combustible--electricidad-futuro-inmediato.aspx>
- L'efecte hivernacle <http://www.xtec.cat/~mferna99/projecte/hiverna.htm>
- Què és l'efecte hivernacle? | Canvi climàtic <https://ca.solar-energia.net/definicions/efecte-hivernacle.html>
- Problemáticas del petróleo  
<https://www.monografias.com/trabajos87/problematicas-del-petroleo/problematicas-del-petroleo.shtml>

- Contaminación por petróleo  
<https://www.mendoza.conicet.gov.ar/portal/enciclopedia/terminos/ContamPetr.htm>
- Pila de combustible de hidrógeno: Funcionamiento  
<https://www.autonocion.com/la-pila-de-combustible-de-hidrogeno-esta-de-moda-pero-sabes-como-funciona/>
- ¿Cómo funciona una pila de combustible de hidrógeno?  
<http://apilados.com/blog/como-funciona-una-pila-de-combustible-de-hidrogeno/>
- Pilas de Combustible <https://www.cnh2.es/pilas-de-combustible/>
- Pila de combustible [https://es.wikipedia.org/wiki/Pila\\_de\\_combustible](https://es.wikipedia.org/wiki/Pila_de_combustible)

## **ANNEX**

### 1. ENQUESTA A LA POBLACIÓ:

- Sexe:
  - a) Home
  - b) Dona
  
- Edat:
  - a) Menys de 18 anys
  - b) Entre 18 i 35 anys
  - c) Entre 35 i 50 anys
  - d) Més de 50 anys
  
- Quin és el teu lloc de residència?
  - a) Gran ciutat
  - b) Ciutat petita o mitjana
  - c) Poble
  
- Tens interès en els energies renovables?
  - a) Sí
  - b) No
  
- Quins tipus d'energies renovables coneixes aplicades als vehicles ?
  - a) Cap
  - b) Solar
  - c) Eòlica
  - d) Hidràulica
  - e) Mareomotriu
  - f) Pila d'hidrogen
  
- Creus que s'estan duen a terme els suficients recursos per reduir els nivells de contaminació?

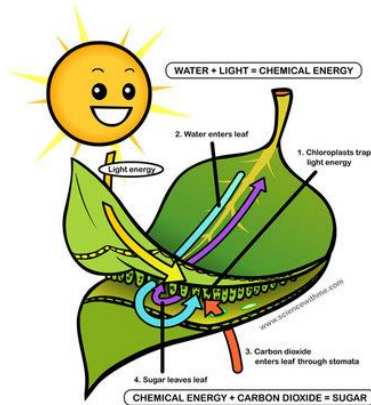


- d) No, no conec la tecnologia d'aquests vehicles
  - e) No, perquè comporta inconvenients, com per exemple, ha d'estar molta estona carregant-se
- Creus que en el futur no hi haurà cap vehicle que funcioni amb combustibles fòssils?
- a) Sí, no hi haurà més opcions ja que els combustibles fòssils s'acaben
  - b) Sí, es prendrà consciència del problema
  - c) No, els combustibles fòssils son ilimitats
  - d) No, no considero el problema greu

## 2. Experiments Jülich

Durant l'estada al centre de recerca es van fer diversos experiments, dels qual adjuntem les fitxes a continuació.

### 1. Plantas como proveedores de energía



### Información:

Como muchos de vosotros ya sabréis, la mayoría de las plantas realizan la fotosíntesis. Las algas y algunos grupos bacterianos también usan este proceso bioquímico para producir sustancias ricas en energía a partir de sustancias poco energéticas con la ayuda de la luz solar.

Los tintes de clorofila situados en los cloroplastos (orgánulos celulares) absorben la luz (energía electromagnética) y la convierten en energía química en forma de glucosa (azúcar).

Este proceso es necesario para el metabolismo y crecimiento de las plantas.

¿Qué requisitos previos deben cumplirse para que la fotosíntesis pueda tener lugar?

**Hipótesis: Qué es el medio más adecuado para que se produzca la fotosíntesis? Y qué tipo de radiación?**

Para responder a esta pregunta, ahora debes realizar algunos experimentos:

- 1) Investigación de la actividad de fotosíntesis en función del contenido de CO<sub>2</sub> del ambiente y la intensidad de la luz.

**Instrumental:** Tres tubos de ensayo, soporte, cronómetro, bisturí, clips de papel, agitador magnético, cilindro de medición de 250 mL, calefactor, retroproyector, una lámpara Osram Fluora.

**Productos químicos:** NaHCO<sub>3</sub> (hidrógeno de sodio carbonatado), agua mineral y agua destilada.

### Implementación 1.1

- Verter 150 mL de agua mineral en vaso de precipitados de 250 mL, agregar ..... y revolver con el agitador magnético el agua, hasta que no queden burbujas.
- Llenar  $\frac{3}{4}$  de un tubo de ensayo con agua destilada
- Cortar un trozo de alga, aproximadamente 8 cm.
- Introducir el alga en el tubo de ensayo que contiene agua destilada, con la parte del corte hacia arriba y esperar 1 min hasta que las burbujas empiecen a salir hacia la superficie
- Contar durante 2min las burbujas que salen de la planta
- Repita este proceso con el agua mineral y el NaHCO<sub>3</sub>

### Observación:

	Agua destilada	NaHCO <sub>3</sub>	Agua mineral
Número de burbujas	21/ 15	28/27/38	32/42/46
Total	18	31	40

### Implementación 1.2

- Llenar tubo de ensayo con agua mineral sin gas



- Cortar un trozo de la planta y colocarla dentro del tubo con la parte del corte hacia arriba.
- Posicionar el tubo de ensayo bajo la luz solar y esperar 1 min aprox hasta que las burbujas empiecen a salir a la superficie
- Cuenta las burbujas que salgan a la superficie en los siguientes 2 mins.
- Repetir este proceso en la oscuridad, en el OHP y en la lámpara de Osram Fluora.

### Observación

Fuente de luz	oscuridad	OHP	Osram Fluora
Número de Burbujas	0	4/6/7	11/9/10
Suma del grupo	0	6	10

### Evaluation:

Contestar la pregunta inicial con la ayuda de los resultados anteriores.

Incluye un análisis de los errores en la evaluación

Se concluyó así que el mejor medio para que se produjera la fotosíntesis con mayor eficacia es el agua mineral. Ya que, el agua contiene sales minerales y es necesario para que lleve a cabo la fotosíntesis de manera correcta, por tanto la planta solo tiene que producir la fotosíntesis porque se encuentra en las condiciones óptimas.

Se concluyó que la mejor radiación lumínica era la solar, aunque no debería haber diferencia entre esta y las radiaciones OHP o la Osram Fluora. Ya que, la poca cantidad de oxígeno liberado había sido causado porque el cristal del tubo de ensayo donde se encontraba la muestra había absorbido gran parte de la radiación. Y por tanto no había llegado a la planta de manera correcta y eso había causado que no se produjera la fotosíntesis esperada ni el número de burbujas estimadas.

### Información:

Ahora podemos considerar fácilmente que las plantas tienen que almacenar sus energía de alguna forma. Tan pronto como empieza a oscurecer, las plantas tienen que vivir de sus suministros. Además, hay partes de las plantas que necesitan “un suministro inicial” hasta que puedan realizar la fotosíntesis independientemente.

**Pregunta:**

Cómo almacenan las plantas la energía absorbida?

**Instrumental:**

vasos de precipitados de 250 mL y 100mL, calefactor, pinzas, bisturí, algas

**Productos Químicos:** solución de lugol, gasolina de limpieza, agua

**Hipótesis:**

Cual es la sustancia de almacenamiento de energía de las plantas?

**Implementación 1.3**

- Introducir el alga en agua caliente durante 1 o 2 mins
- Retirar el alga con la pinzas y introducirla en el vaso con la gasolina, dejar reposar durante 2 mins.
- Retirar el alga de la gasolina y añadir 5 gotas de Lugol a la gasolina
- Revolver vigorosamente y observar

**Observación:**

Se vió que toda la disolución se teñía de un color rosa-lila y que en la parte de abajo había una gran burbuja de color marrón que era la energía que habíamos extraído de la planta en forma de midón, es decir, una unión de monómeros de glucosa.

**Evaluación:**

Responder a la pregunta inicial

La almacenan en forma de glucosa que se obtiene mediante el proceso de la fotosíntesis.

## 2. Pila de combustible, es la energía del futuro?

### 1-Medidas de seguridad:

Instrucciones de seguridad Hidrógeno: Peligro y declaraciones de precaución

- H 220 Gas extremadamente inflamable
- H 280 Contiene gas a presión; puede explotar si se calienta
- P 210 Mantener alejado del calor, superficies calientes, chispas, llamas abiertas y otras fuentes de ignición. No fumar
- P 377 Fuga de gas de fuego. No extinga, a menos que la fuga pueda detenerse de forma segura
- P 381 En caso de fuga, elimine todas las fuentes de ignición.
- P 403 Almacenar en un lugar bien ventilado Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft Forschungsze.

### 2-Problema:

Cual es la eficiencia de tu pila de combustible?

$$\eta (\%) = \frac{E_{\text{útil}}}{E_{\text{fornecida}}} \times 100$$

$\eta$  - Rendimiento (%)

$E_{\text{útil}}$  - Energía útil: joule (J)

$E_{\text{fornecida}}$  - Energía fornecida: joule (J)

$E_{\text{útil}} = E_{\text{eléctrica}}$

$$P = \frac{V^2}{R}$$

W usada = E química

Equímica = resistencia · valor calorífico

### **3. Tarea:**

1. Mida el voltaje  $U$  durante el tiempo  $t$  y el volumen  $AV$  del hidrógeno usado
2. ¡Ingrese sus datos en la hoja de Excel!
  
3. Calcule la potencia  $P$ , la energía  $W$  y la eficiencia de su celda de combustible utilizando sus datos.
4. Piense y discuta con sus compañeros de equipo sobre las siguientes preguntas ...
  - ¿Qué errores se podrían hacer al usar una pila de combustible?
  - ¿Cuáles son las ventajas y desventajas que podría tener una pila de combustible en su uso?

Las ventajas son diversas: Con el uso de pilas de combustible se consigue una eficiencia energética de entre 30% y 40%.

- Son eco amigables, debido a que el gas que emiten al ambiente es vapor de agua a diferencia de las emisiones que producen las energías sucias. Esto se debe a que sus funcionamiento es electroquímico con la finalidad de conseguir que se consiga la generación de electricidad sin emisiones contaminantes.
- Representa una alta eficiencia en cuanto a la utilización de combustibles.
- Las pilas de combustible cuentan con varios intervalos de potencia y altas densidades energéticas, debido a su carácter modular.
- Son silenciosas.
- Algunas de ellas pueden trabajar a bajas presiones y temperaturas.
- Pueden trabajar con varios tipos de combustibles.
- Gran capacidad de generación de eléctrica y química.
- Se instalan fácilmente, son muy sencillas de utilizar y además es una fuente de energía segura.
- Reaccionan rápidamente ante la variación de la carga.

No obstante también hay desventajas: Entre la desventaja más grande que tienen las pilas de combustibles es que son realmente costosas, comparadas con las centrales de generación de energía tradicionales.

- Estas pilas usan hidrógeno, lo que en muchas ocasiones puede representar un inconveniente debido a que su almacenamiento y distribución es difícil.
- El hidrógeno es costoso, al igual que su proceso de licuado.
- Las pilas de combustibles pueden ser pesadas.
- Debido a su alto coste, la demanda actual es baja, por lo que se siguen utilizando fuentes de generación de energía tradicionales.

- ¿Cuál es tu opinión sobre una pila de combustible?

Las pilas de combustible son una muy buena de utilizar un tipo de energía que es renovable para diversos usos. Es interesante poder tener diversas fuentes de energías renovables, es decir, que no tengan un efecto contaminante.

- ¿Es una tecnología futura para la vida cotidiana o no?

Es una tecnología que aún tiene que desarrollarse mucho pero que es posible que en próximos años se convierta en indispensable para nuestra vida cotidiana.

#### **4-Configuración experimental:**

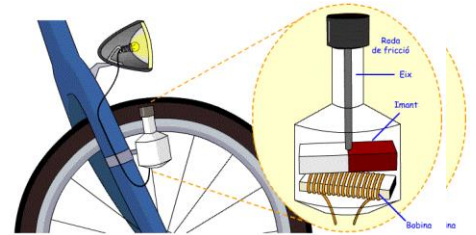
La puesta en marcha:

-por favor construye su configuración experimental mediante el uso de este esquema y no la imagen anterior!

# SUPERCONDUCTIVIDAD

## Inducción electromagnética

Si nos fijamos en la dinamo que hay en las bicicletas, podemos observar que hay un imán unido a una ruedecita. Cuando la bicicleta se mueve, también lo hace la ruedecita de la dinamo impulsada por el rozamiento con el neumático, lo cual hace que al estar unida con un eje al imán, éste también se mueva. El imán se encuentra en una bobina, y la dinamo está conectada con las luces de la bicicleta a través de un cable.



¿Por qué las luces de la bicicleta solo se iluminan cuando pedaleo?

### MATERIALES NECESARIOS:

2 cables de conexión, multímetro, set (contiene una bobina de 600 espiras y un anillo imantado)

### EXPERIMENTO:

1. Conecta el multímetro con la bobina (el cable negro en COM y el cable rojo en mA).
2. Para medir la corriente coloca la perilla del multímetro en mA.
3. Ahora mueve el imán hacia arriba y presta atención al monitor del multímetro.
4. Repite el experimento pero esta vez solo moviendo la bobina.

### OBSERVACIONES:

Obsevamos que cuando se mueve el imán se produce una corriente eléctrica mientras que cuando está quieto no.

## EVALUACIÓN:

1. Completa el texto con las siguientes palabras:

corriente eléctrica - corriente eléctrica - Inducción electromagnética - imán - imán - bobina

Cuando se mueve un ...imán..... a través de una ...bobina....., se produce una ...corriente eléctrica..... . Cuando se mueve una ...bobina..... alrededor de un ...imán....., se produce también una ...corriente eléctrica..... . Este principio se llama ...Inducción electromagnética..... .

2. ¿Qué observas cuando no se mueven ni la bobina ni el imán?

Cuando no se mueven, no hay movimiento de electrones, por tanto no hay electricidad.

3. ¡Soluciona el problema!

Para que haya corriente eléctrica se tiene que producir movimiento.

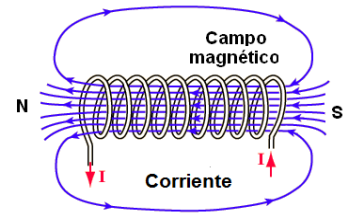
4. Completa el resumen con las siguientes palabras:

Inducción electromagnética - conduce - brillar - imán - bobina - bobina - corriente - resistencia - resistencia

Resumen: En este último experimento, se nos ha presentado el principio de la ...Inducción magnética..... . También sabemos que la ...bobina..... es un cable enrollado y, por lo tanto, ...conduce..... corriente eléctrica. Cada conductor eléctrico, por lo tanto la bobina también, tiene una resistencia. Asimismo, sabemos que la ...resistencia..... tiene un efecto sobre la corriente eléctrica. Recordemos el ejemplo de la dinamo de la bicicleta: cuando montas en bicicleta por la noche y te detienes en el semáforo, ni la ...bobina..... se mueve, ni el ...imán..... en la dinamo. Las luces de la bicicleta dejan de ...brillar..... . La razón de esto es que la ...corriente eléctrica..... producida no es suficiente para superar la ...resistencia..... de la bobina.

## Inducción electromagnética de una corriente en bucle en un superconductor

En este último experimento hemos aprendido que podemos producir una corriente eléctrica en un conductor con un imán. Para entender el siguiente experimento debemos saber que este fenómeno también funciona al revés: Cada vez que la electricidad fluye a través de un conductor eléctrico (como una bobina), un campo magnético se produce alrededor del conductor por el flujo de corriente.



La ilustración de la derecha representa el campo magnético de una bobina, a través del cual fluye una corriente.

¿Cuál es la cantidad de resistencia en un anillo superconductor?

### MATERIALES NECESARIOS:

Recipiente de espuma, brújula, clavo (imán de barra débil), un par de pinzas, anillo superconductor, guantes de protección y nitrógeno líquido

### EXPERIMENTO:

1. Pon la brújula sobre la mesa frente a ti.
2. Pon el clavo entre el anillo y seguidamente retíralo.
3. Mueve el anillo alrededor de la brújula en un movimiento circular.

### OBSERVACIÓN:

No sucede nada cuando hacemos girar el anillo alrededor de la brújula

4. Un miembro del equipo sujeta el anillo con las pinzas y los guantes puestos y lo sumerge en el nitrógeno líquido que ha sido previamente vertido en el recipiente de espuma.
5. Retira el anillo del recipiente y muévelo alrededor de la brújula en un movimiento circular.



#### OBSERVACIÓN:

No sucede nada cuando hacemos girar el anillo alrededor de la brújula.

6. Vuelve a sumergir el anillo en el nitrógeno líquido pero esta vez el clavo debe estar dentro del anillo. Asegúrate de que el clavo no se cae durante este proceso.
7. Retira el anillo del recipiente y deja caer el clavo en el departamento vacío del recipiente de espuma. Seguidamente debes volver a sumergir el anillo. Este paso debe ser muy rápido.
8. Después de dejar el anillo en el nitrógeno líquido durante 1 minuto aproximadamente, puedes sacarlo del recipiente y volver a moverlo alrededor de la brújula.

#### OBSERVACIÓN:

En este caso sí que funcionó, es decir, la brújula se desvió, ya que, el material conductor que transporta electricidad genera un campo magnético alrededor. La corriente inducida en el anillo por el imán se mantiene debido a la superconductividad provocada por la baja temperatura.

9. Deja que el anillo vuelva a estar a temperatura ambiente.
10. Rodea la brújula con el anillo por última vez.

#### OBSERVACIÓN:

Cuando el anillo volvió a estar a temperatura ambiente, al hacer girar el anillo sobre la brújula no ocurría nada. Porque en ese momento el efecto de la superconductividad ya no se da y por lo tanto no circula corriente por el anillo.

11. Deja que el anillo vuelva a estar a temperatura ambiente

## EVALUACIÓN:

1. ¡Intenta explicar tus observaciones! ¡También ten en cuenta la información sobre este experimento!

Al principio no sucede nada cuando hacemos girar el anillo alrededor de la brújula. Tampoco lo hace cuando sumergimos el anillo en nitrógeno líquido y lo hacemos girar. En cambio, la brújula se desvió cuando se sumergió el anillo en el nitrógeno líquido, esta vez el clavo estaba dentro del anillo, se produjo ya que, el material conductor que transporta electricidad genera un campo magnético alrededor. La corriente inducida en el anillo por el imán se mantiene debido a la superconductividad provocada por la baja temperatura. cuando vuelve a calentarse deja de producirse el efecto.

2. ¿Por qué la corriente eléctrica en el anillo no se detiene cuando el imán ya no lo atraviesa, en contraste con el experimento de inducción?

Porque al estar a baja temperatura, la resistencia del material disminuye hasta 0 y la corriente se mantiene.

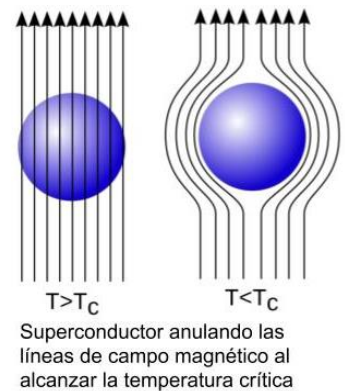
3. Nombra dos razones por las que varía la resistencia.

La resistencia eléctrica de un conductor es función de su resistividad y la resistividad de un conductor metálico disminuye a medida que la temperatura se reduce. La resistencia de un superconductor desciende bruscamente a 0 cuando el material se enfría por debajo de su temperatura crítica.

La segunda razón por la que la resistencia varía son las dimensiones físicas de cable conductor (longitud y grosor, a mayor longitud mayor resistencia y a mayor grosor menor resistencia, es decir, la resistencia es directamente proporcional a la longitud e inversamente proporcional al grosor).

## Diamagnetismo: efecto Meissner

Hay materiales, como los imanes, que producen campos magnéticos, caracterizados por líneas de campo magnético (Ferromagnetismo). Sin embargo, también existen materiales que anulan estos campos magnéticos, debido a la expulsión de líneas de campo magnético del interior del material (Diamagnetismo). Los materiales que a una temperatura crítica pasan al estado superconductor (resistencia nula), tienen como característica la anulación del campo magnético, que como consecuencia impide que penetre en el interior del superconductor.



En 1933, los físicos alemanes Walther Meißner y Robert Ochsenfeld descubrieron esta característica de los superconductores. Está representado en el gráfico de la derecha. Si la temperatura es menor que la temperatura crítica, el campo magnético será expulsado del interior del material. El comportamiento diamagnético de los superconductores es visible a simple vista.

¿Cómo puede ser detectado el Diamagnetismo?

### MATERIALES NECESARIOS:

Set experimental (contiene una placa de Petri, un imán con forma de cubo y un superconductor), recipiente de espuma, un par de pinzas, guantes de protección y nitrógeno líquido

### EXPERIMENTO:

1. Haz que el imán levite.
2. ¡Toma notas mientras experimentas!

Para conseguir que el imán levite, tenemos que verter el nitrógeno líquido sobre el superconductor que está en la placa de Petri. A continuación, al poner el imán sobre este material, levita.

## EVALUACIÓN:

1. ¿Cómo has conseguido que el imán levite? ¿Has enfriado el superconductor antes de poner el imán sobre él o después?

Para este experimento se utilizó: una placa de Petri, un imán con forma de cubo, un material superconductor y nitrógeno líquido. Una vez se tuvo todo el material se vertió un poco de nitrógeno líquido en la placa de Petri se colocó el material superconductor en el nitrógeno y el imán con forma de cubo encima del material superconductor. El resultado era que el imán flotaba encima del material superconductor.

La explicación es que los imanes producen campos magnéticos y los materiales superconductores tienen como característica la anulación del campo magnético lo cual no deja que el campo magnético del imán penetre el material superconductor provocando la levitación del imán.

Se enfrió el superconductor antes de colocar el imán encima.

2. ¡Soluciona el problema!
3. ¡Nombra dos características de los superconductores que hayas aprendido hoy!

La utilidad que pueden tener los superconductores y la relación del campo magnético con el imán.