



Treball de Recerca

Motoritza't

Definició i construcció dels motors: de vapor, Stirling i elèctric.

Pseudònim: Nobita Nobi



Índex

0. INTRODUCCIÓ.....	5
0.1. OBJECTIUS.....	6
0.2. JUSTIFICACIÓ DEL TREBALL.....	7
0.3. METODOLOGIA.....	8
0.4. DIFICULTATS.....	9
0.5. ANTECEDENTS.....	10
0.6. AGRAÏMENTS.....	11
1. COS DEL TREBALL.....	12
1.1. ELS MOTORS.....	13
1.1.1. QUÈ ÉS UN MOTOR?.....	13
1.1.2. TIPUS DE MOTORS.....	14
1.1.3. CRONOLOGIA DELS MOTORS.....	15
1.2. EL MOTOR DE VAPOR.....	17
1.2.1. QUÈ ÉS?.....	17
1.2.2. HISTÒRIA.....	18
1.2.3. THOMAS NEWCOMEN I LA SEVA MÀQUINA DE VAPOR.....	19
1.2.4. JAMES WATT I LA SEVA MÀQUINA DE VAPOR.....	21
1.2.5. TIPUS DE MOTORS DE VAPOR.....	23
1.2.6. PARTS D'UN MOTOR DE VAPOR.....	25
1.2.7. FUNCIONAMENT D'UN MOTOR DE VAPOR.....	27
1.2.8. APLICACIONS DEL MOTOR DE VAPOR.....	28
1.3. EL MOTOR STIRLING.....	30
1.3.1. QUÈ ÉS?.....	30
1.3.2. HISTÒRIA.....	31
1.3.3. ROBERT STIRLING.....	32
1.3.4. TIPUS DE MOTOR STIRLING.....	33
1.3.5. PARTS DEL MOTOR STIRLING.....	36
1.3.6. FUNCIONAMENT DEL MOTOR STIRLING.....	37
1.3.7. APLICACIONS DEL MOTOR STIRLING.....	39
1.4. EL MOTOR ELÈCTRIC.....	41
1.4.1. QUÈ ÉS?.....	41
1.4.2. HISTÒRIA.....	42
1.4.3. NIKOLA TESLA.....	43
1.4.4. TIPUS DE MOTORS ELÈCTRICS.....	45
1.4.5. PARTS D'UN MOTOR ELÈCTRIC.....	47
1.4.6. FUNCIONAMENT DEL MOTOR ELÈCTRIC.....	49
1.4.7. APLICACIONS DEL MOTOR ELÈCTRIC.....	51
2. TREBALL PRÀCTIC.....	53

2.1.CONSTRUCCIÓ D'UN MOTOR ELÈCTRIC DE CORRENT CONTINU.	54
2.1.1.MATERIALS.	54
2.1.2.EINES.	55
2.1.3.PROCEDIMENT.	56
2.1.4.FUNCIONAMENT.	58
2.1.5.OBSERVACIONS.	59
2.1.6.EL MEU MOTOR ELÈCTRIC SENZILL.	60
2.2.CONSTRUCCIÓ D'UN MOTOR DE VAPOR DE TURBINA.	61
2.2.1.MATERIALS.	61
2.2.2.EINES.	65
2.2.3.PROCEDIMENT.	68
2.2.4.FUNCIONAMENT.	73
2.2.5.OBSERVACIONS.	74
2.2.6.EL MEU MOTOR DE VAPOR.	76
2.3.CONSTRUCCIÓ D'UN MOTOR ELÈCTRIC DE CC I CA.	77
2.3.1.MATERIALS.	77
2.3.2.EINES.	81
2.3.3.PROCEDIMENT.	84
2.3.4.FUNCIONAMENT.	89
2.3.5.OBSERVACIONS.	90
2.3.6.EL MEU MOTOR ELÈCTRIC SOFISTICAT.	92
2.4.CONSTRUCCIÓ D'UN MOTOR STIRLING DE TIPUS ALFA.	93
2.4.1.MATERIALS.	93
2.4.2.EINES.	98
2.4.3.PROCEDIMENT.	101
2.4.4.FUNCIONAMENT.	115
2.4.5.OBSERVACIONS.	116
2.4.6.EL MEU MOTOR STIRLING.	119
3.COMPARATIVA.	120
3.1.PREU.	121
3.2.HORES DEDICADES.	122
3.3.GRAU DE DIFICULTAT.	123
3.4.VELOCITAT DE GIR DE L'EIX DELS MOTORS.	125
4.CONCLUSIONS.	126
4.1. CONCLUSIONS.	127
5.WEBGRAFIA.	129
5.1. WEBGRAFIA.	130

0. Introducció.

0.1. Objectius.

L'objectiu principal que es vol assolir en el Treball de Recerca *Motoritza't* és el següent:

- Construir un motor de vapor, un motor elèctric, un motor Stirling i un motor d'hidrogen amb materials reciclables.

Altres objectius que es volen assolir són els següents:

- Saber sobre la història de cada motor, així com la vida del seu inventor, l'època en la qual es va inventar i desenvolupar...
- Conèixer els components que els formen i explicar-los detalladament.
- Entendre el funcionament de cada motor.
- Investigar sobre les aplicacions de cada motor i l'àmbit en els quals s'utilitzen.
- Fer un vídeo tutorial de com construir cada motor amb materials reciclables.
- Comparar els tres motors construïts.
- Donar a conèixer el motor Stirling.

0.2. Justificació del treball.

Vaig decidir escollir *Motoritza't* com el meu Treball de Recerca per ensenyar a la gent que existeixen altres tipus de motors que no són el de dos o quatre temps i que tenen un rendiment igual o més alt.

Vaig optar per treballar el motor de vapor perquè va ser un instrument que va comportar una revolució en el món de la indústria i el transport. El motor Stirling el vaig elegir perquè, malgrat que és un motor poc conegut, trobo que si es fes més popular seria molt útil en segons quines indústries. L'elèctric el vaig seleccionar amb la finalitat d'entendre el seu funcionament, ja que és molt present en les nostres vides, però fins ara no sabia com funcionava. I el motor d'hidrogen el vaig escollir perquè és un motor d'última tecnologia, ja que va ser desenvolupat fa relativament poc.

Una altra raó per la qual vaig triar aquest treball de recerca és per demostrar que reciclar és molt important, i que, a partir de materials reciclables, es poden construir motors que et poden ser molt útils.

D'altra banda, aquest tipus de coneixements adquirits em serviran tant per a la vida diària com per als meus futurs estudis.

També vaig creure convenient que seria interessant dur a terme un estudi comparatiu entre els quatre motors triats, per saber quin és millor per a cada cosa.

Tot l'exposat és el que m'ha motivat per dur a terme aquest Treball de Recerca.

0.3. Metodologia.

En aquest Treball de Recerca, la metodologia utilitzada ha estat a partir de material bibliogràfic, suport de les xarxes d'internet, tesis doctorals...

D'aquesta manera, l'estructura i la metodologia del treball es divideix en dues parts:

- Una primera part que consisteix en una base de fonaments teòrics tant del món de la mecànica com dels diferents motors treballats.
- Una segona part que es basa en la reconstrucció dels quatre motors a partir de materials reciclables.

Cal remarcar que la primera part del treball és indispensable i fonamental per tal de poder entendre i aplicar tots els coneixements adquirits a la segona part, és a dir, a la construcció.

De tota la informació obtinguda, he intentat incloure en el treball de recerca només aquella que fos necessària degut a la possible extensió del mateix.

0.4. Dificultats.

Les principals dificultats que m'he trobat alhora de realitzar el meu Treball de Recerca han estat les següents:

- Trobar informació sobre els motors Stirling.
- Reduir tota la informació obtinguda de la part dels motors de vapor i elèctric.
- Trobar fil de coure de 0,5 mil·límetres de gruix.
- Trobar una làmina conductora d'electricitat suficientment mal·leable.
- A última hora m'ha sorgit una dificultat que no he pogut solucionar, i és que mentre feia les pràctiques per a fer funcionar el motor Stirling, amb les elevades temperatures a les que està sotmès el cilindre desplaçador, s'ha trencat el vidre. He intentat arreglar-ho, enganxant-ho amb silicona d'alta temperatura, però no ho he aconseguit, ja que falten trossets de vidre que es van perdre a l'hora del trencament. Tot i que no vaig poder gravar cap vídeo de com funcionava, vaig fer alguna foto i he fet un vídeo ensenyant el seu funcionament fent-lo girar amb la mà.

0.5. Antecedents.

En la realització d'aquest Treball de Recerca, he pogut observar que no hi ha publicats molts treballs de recerca que tractin el mateix tema que el meu. Sí que es veritat que anteriorment s'han publicat Treballs de Recerca que treballen només un sol tipus dels motors triats, però no hi ha cap que treballi i compari els quatre que jo he seleccionat.

D'entre els antecedents que tracten de la mateixa temàtica que el meu Treball de Recerca *Motoritza't* trobem els següents:

- 2012, “Motor de 2 temps i 4 temps”, elaborat per Àlex Peinado Franco.
- 2014, “El motor Stirling”, elaborat per Adrià Frigola Racero.
- 2014, “Motor d'hidrogen a partir d'aigua”, elaborat per Jordi Casals Peris.
- 2014, “Motor elèctric impulsat per energies renovables”, elaborat per Jofre Montull Pola.

0.6. Agraïments.

Donar el més gran agraïment a totes les persones que han fet possible la realització d'aquest Treball de Recerca.

Agrair especialment la seva col·laboració i ajuda a:

- La tutora que m'ha fet el seguiment del treball i m'ha ajudat quan l'he necessitat.
- A la meva família per ajudar-me en tot moment i motivar-me quan n'estava fart.
- Al treballador de la Deixalleria de Girona per deixar-me agafar peces de la deixalleria per a la construcció dels motors.

1. Cos del treball.

1.1.Els motors.

1.1.1.Què és un motor?

Un motor és una màquina, capaç de fer funcionar un sistema, que transforma algun tipus d'energia, com ara hidràulica, química o elèctrica, en energia mecànica per a realitzar algun tipus de treball. En el transcurs d'aquesta transformació, tots els motors perden energia, ja sigui en forma de calor, de soroll,... És per això que cap motor té un rendiment del 100%.

Per exemple, en el motor de combustió d'un automòbil, l'energia química present en el combustible es transforma en energia mecànica, concretament en un moviment alternatiu. Aquest, mitjançant un mecanisme de biela-manovella, es transforma en un moviment rotatiu que fa girar l'arbre motor. En aquest cas, el motor desprèn residus en forma de fum i també perd energia degut al soroll i a l'escalfor.

Com ja hem dit anteriorment, els motors s'utilitzen per a realitzar un treball mecànic. La seva utilitat és molt diversa i el rang d'aplicacions és molt ample. Per exemple, se'ls pot veure accionant bombes de superfície, generadors, vehicles, compressors,...

1.1.2. Tipus de motors.

Els motors es classifiquen en tèrmics o atèrmics, segons si s'utilitza o no energia calorífica en alguna de les etapes de la transformació de l'energia inicial en energia mecànica. Els motors atèrmics poden ser:

- **Hidràulics:** utilitzen l'energia cinètica d'un fluid impulsat a alta pressió o a gran velocitat per a transformar-la en energia mecànica.
- **Pneumàtics:** utilitzen l'energia de l'aire comprimit per a transformar-la en energia mecànica.
- **Eòlics o aeromotors:** utilitzen l'energia cinètica del vent per a transformar-la en energia mecànica.
- **Elèctrics:** utilitzen l'energia elèctrica per a transformar-la en energia mecànica. Segons el tipus de corrent elèctric amb què funcionen, podem distingir entre motors de corrent continu i motors de corrent altern.
- **Musculars:** utilitzen l'energia muscular per a transformar-la en energia mecànica.

En canvi els motors tèrmics produeixen energia mecànica a partir de l'energia química d'un combustible. Un combustible és una substància que allibera energia quan se li sotmet calor. Hi ha desenes de combustibles diferents, i cada any se n'inventen de nous. Els més comuns són el carbó, la gasolina, el dièsel i el querosè.

Troblem dos tipus de motors tèrmics:

- **De combustió externa:** quan la combustió es produeix fora del motor.
- **De combustió interna:** quan la combustió es produeix dins del motor.

1.1.3.Cronologia dels motors.

El motor neix per la necessitat de treballs que, ja sigui per duració, intensitat, maneabilitat o manteniment, no es pot realitzar amb animals.

Els motors hidràulics són els més antics coneguts. Daten de l'any 600 aC i utilitzaven com a força motriu l'energia de la massa d'aigua que queia d'una certa altura, és a dir, un salt.

Pocs anys després van aparèixer els molins de vent, i amb això els motors eòlics, que convertien l'energia del vent en moviments per a les màquines.

Cap a l'any 1712, l'inventor anglès Thomas Newcomen va construir la primera màquina de vapor amb pistons i cilindres, i setanta anys més tard, l'enginyer James Watt va construir una màquina de vapor molt més eficient que la de Newcomen.

El metge escocès Robert Stirling, fart de veure com els seus amics resultaven ferits per les explosions de màquines de vapor, va decidir fer alguna cosa i va inventar el motor d'aire calent o com és conegut actualment, el motor Stirling l'any 1816.

Al 1824, Michael Farady va patentar el corrent continu i el seu motor. Al 1888, l'excèntric geni Nicola Tesla va patentar el corrent altern i el seu motor. Avui en dia tots dos estan en funcionament. Si el motor funciona amb piles treballa amb corrent continu i si funciona endollat a la paret, treballa amb corrent altern.

Al 1859, el francès Etienne Lenoir va construir el primer motor de combustió interna. Dos dècades després, Nikolaus Otto va construir el primer motor de quatre temps, i cinc anys més tard, German W.Daimler va construir un motor de combustió interna molt més veloç que el de Lenoir.

A finals del segle XIX, l'anglès Charles Parsons va dissenyar el primer generador elèctric de turbina a vapor. I a la mateixa època, l'enginyer *Rudolf Diesel* va inventar un motor (anomenat diesel posteriorment) que funcionava amb un combustible que s'encenia a gran pressió. A la pràctica, el motor va resultar ser molt més eficient que els altres motors de combustió interna existents fins aquell moment.

A principis del segle XX, els germans Orville i Wilbur van realitzar el primer vol amb motor amb el seu *KittyHawk*, que utilitzava un motor de combustió interna.

Al 1937, el britànic Frank Whittle va construir el primer motor a reacció que funciona. Dos anys més tard, Hans von Ohain va construir i pilotar el *Heinkel He 178*, el primer avió amb motor a reacció.

Anys més tard, al 1970, es va començar a utilitzar el motor a reacció amb turboventilador, el més freqüent avui en dia en els avions, substituint als antics motos de quatre temps amb hèlices.

A l'any 2000, l'empresa BMW va presentar el primer cotxe de fabricació en sèrie del món que treballava amb hidrogen.

1.2.El motor de vapor.

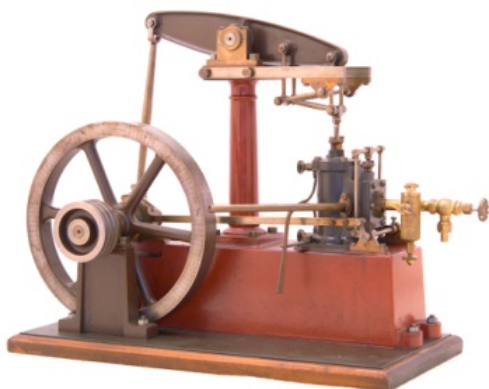
1.2.1.Què és?

El motor de vapor, també conegut amb el nom de màquina de vapor, és una màquina amb un motor tèrmic de combustió externa que transforma l'energia tèrmica, generada pel vapor d'aigua, en energia mecànica de tipus rotatori.

La calor resultant de la crema de certes quantitats de combustible, normalment carbó, fa bullir l'aigua i aquesta es converteix en vapor. Aquest vapor, és capturat i dirigit per alimentar una sèrie d'elements (els explicaré més endavant) que posen en funcionament la màquina.

La revolució industrial del segle XVIII, no hagués sigut possible sense el poder de les màquines de vapor, ja que amb el seu motor de combustió externa, es van convertir en les primeres d'ús generalitzat.

La seva introducció en la indústria va aportar grans avenços en tots els àmbits, especialment a nivell econòmic, social i tecnològic. És per això que la màquina de vapor és considerada un dels grans invents de la història.



Motor de vapor antic



Motor de vapor actual

1.2.2.Història.

El científic grec Heró d'Alexandria va construir la primera màquina de vapor fa uns dos mil anys. Bàsicament consistia en una esfera metàl·lica amb dos embocadures oposades. Quan s'introduïa vapor a la bola, aquesta donava voltes. Heró va exposar el seu invent en el museu d'Atenes, però aquest només va ser considerat una joguina interessant.

En el 1705, dos enginyers britànics anomenats Thomas Savery i Thomas Newcomen, van inventar una gran màquina de vapor, utilitzada per a bombejar l'aigua de les mines de carbó inundades. Emprava un èmbol que pujava i baixava dins d'un cilindre buit.

Aquests primers motors no tenien l'engranatge necessari per a convertir el moviment alternatiu de vaivé en un moviment rotatiu. Això no va succeir fins la dècada del 1770, quan James Watt va desenvolupar la màquina de vapor més famosa del segle XVIII, gràcies a l'aplicació del regulador centrífug. Aquest es movia segons la velocitat del motor, i controlava la introducció de vapor dins del cilindre.

En aquesta època, la màquina de vapor va marcar el començament de la revolució industrial. Va alliberar a la humanitat de la seva total dependència de fonts primàries d'energia com el vent, l'aigua o el múscul. Les màquines de vapor s'utilitzaven per a impulsar maquinària de fàbriques, trens, vaixells, tractors i automòbils. Així doncs, el motor de vapor va tenir una important repercussió en el món del transport. Tant va ser que a finals del segle XIX més de 1500 màquines de vapor funcionaven a Europa i als Estats Units.

A finals del 1800, Charles Parsons y Carl de Laval van inventar un tipus completament nou de màquina de vapor, ja que aquesta funcionava sense pistons i tenia un nou sistema de regulació. Això permetia treballar a un ritme constant, cosa ideal per a la indústria tèxtil.

1.2.3. Thomas Newcomen i la seva màquina de vapor.

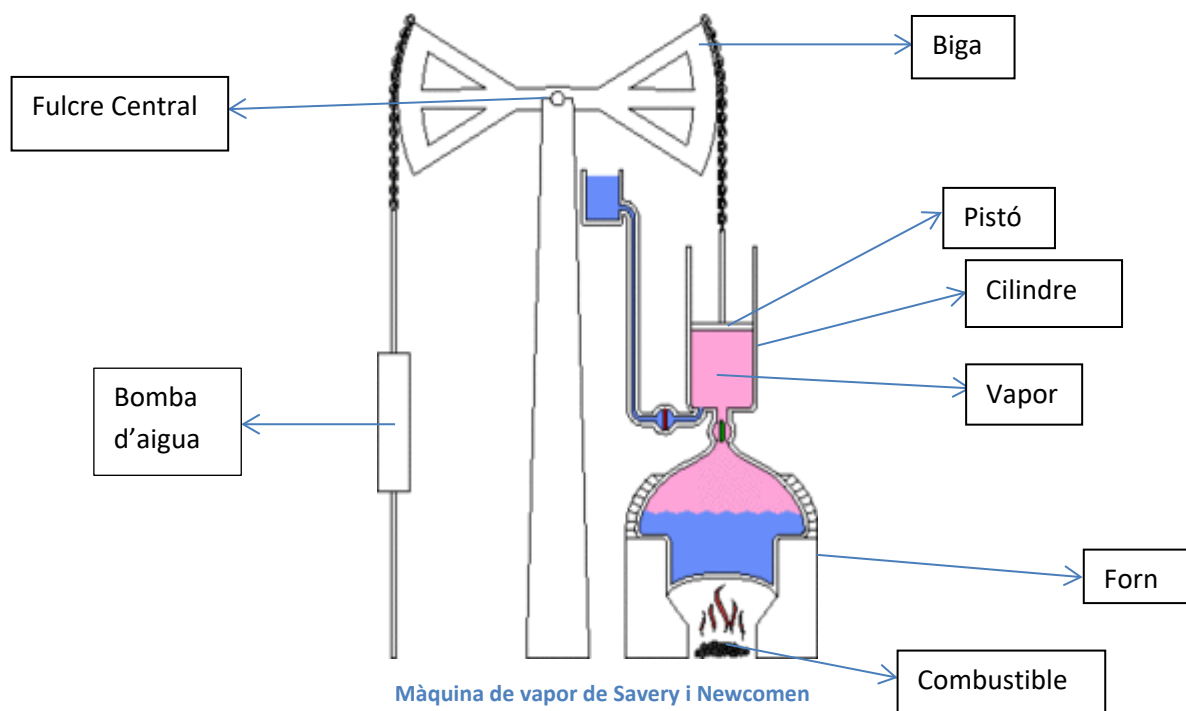


Thomas Newcomen

Thomas Newcomen va néixer el 28 de febrer del 1663 a Dartmouth, Anglaterra, regió del país coneguda per les seves mines d'estany.

De ben jove es va establir com a ferrer de la seva ciutat natal, però al 1698, fart de les inundacions que limitaven les profunditats de les mines de la seva regió, va decidir associar-se amb Thomas Savery per a perfeccionar una màquina de vapor que extragués l'aigua.

Savery ja havia dissenyat una màquina amb un sifó tèrmic, en el qual el vapor entrava en un contenidor buit i es condensava. El buit creat es feia servir per succionar l'aigua del fons de la mina, però aquesta màquina no era gaire efectiva, ja que no podia treballar més enllà d'una profunditat de 30 peus. És per això que Newcomen va reemplaçar el recipient en el qual es condensava el vapor per un cilindre que contenia un pistó. En lloc que el buit succionés l'aigua, el buit empenyia el pistó. Aquest empenyia l'extrem d'una llarga biga de fusta que estava ancorada al fulcre central. L'altre extrem de la biga estava unit a una bomba d'aigua que arribava fins al fons de la mina. Quan el cilindre s'omplia de vapor, empenyia la biga, l'aigua entrava al cilindre de la bomba i era expulsada a través d'una canonada cap a la superfície.

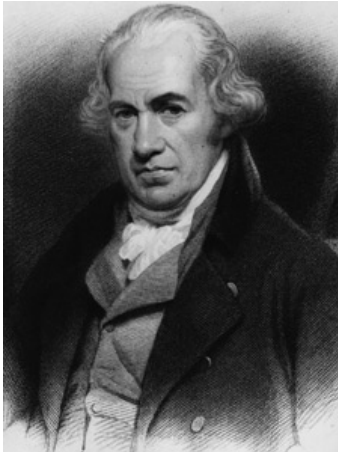


Aquesta màquina de vapor va ser un gran èxit arreu d'Europa, sobretot en aquelles poblacions on hi havia activitat minera. Tot i això, l'elevat consum de combustible que exigia el seu funcionament va dificultar la seva aplicació en altres activitats industrials o en el subministrament d'aigua potable.

Tant la màquina de Savery com la de Newcomen presentaven un problema: el seu funcionament es basava a escalfar i tornar a refredar repetidament un dipòsit. Això provocava ruptures en si mateix, a part de suposar una pèrdua energètica que feia que el rendiment de la màquina fos baix.

Finalment, el dia 5 d'agost de 1729, Thomas Newcomen va morir, a l'edat dels 66 anys.

1.2.4. James Watt i la seva màquina de vapor.



James Watt

L'enginyer i inventor mecànic James Watt va néixer a Greenock, Escòcia, el 19 de Gener de 1736.

De ben jove, James va començar a estudiar matemàtiques als catorze anys, sense mostrar qualitats extraordinàries, però va adquirir una gran habilitat en el taller mecànic del seu pare, tant en eines com en instruments de navegació.

Als disset anys volia ser fabricant d'instruments matemàtics, i és per això que es va traslladar a Glasgow a treballar amb un especialista i en 1755 a Londres, on va estudiar dos anys. Al 1757 es va establir en un taller de fabricació, reparació i venda d'instruments matemàtics. A més d'arreglar-los, Watt va dur a terme una sèrie d'estudis teòric-pràctics sobre el vapor i el seu comportament.

Al 1764 va rebre en el taller una màquina de Newcomen. Al reparar-la, es va adonar del seu baix rendiment degut a la quantitat de vapor que desaprofitava, i va buscar la manera d'evitar el continu escalfament i refredament del cilindre de pistons.

La solució va ser un condensador separat. D'aquesta forma evitava la constant pèrdua d'energia i es reduïa a un terç el consum de carbó. Aquest va ser el primer i més important dels invents de Watt.

Amb un préstec del seu amic científic Joseph Black, Watt va construir en el 1768 el primer model de prova del que un any més tard patentaria amb el nom de: *Mètode per a disminuir el consum de vapor i combustible en màquines de vapor*. L'empresa va fracassar en el 1772. Aquell mateix any, es va associar amb Matthew Boulton, amo de Manufactures Soho. Boulton fabricava productes de metall i aviat va comercialitzar amb èxit l'invent de Watt.

Al llarg de 25 anys, Watt i Boulton van col·laborar, introduint nombroses millores en la màquina de vapor, com la producció de moviment rotatori, el pistó de doble acció, l'indicador de pressió i el control centrífug automàtic de velocitat de la màquina, és a dir, el regulador de Watt.

D'aquesta forma van aconseguir un instrument pràctic, amb una potència capaç de moure una màquina pesada, cosa que va permetre l'aparició de fàbriques i una producció en massa. Va ser l'inici de la Revolució Industrial.

Com ja havíem dit, les aplicacions pràctiques de la màquina de vapor van ser molt importants en la mineria, on es van utilitzar, sobretot, com a dispositius d'accionament de les bombes destinades a evacuar l'aigua de les profundes galeries, tot i que aviat també es van utilitzar com a màquines d'elevació, transport i extracció.

En el 1782 es fabricaven màquines de vapor per a telers, fàbriques de paper, molins de farina, destil·leries, canals, obres hidràuliques i tallers. Però més allà de la seva màquina de vapor, Watt va inventar una copiadora de manuscrits, un quadrant topogràfic, una màquina de dibuixar i un instrument que s'acoblava als telescopis per mesurar les distàncies entre els planetes i les estrelles.

A més, sense conèixer l'existència de cap treball al respecte, va descobrir que l'aigua estava composta d'oxigen i hidrogen. Va crear la unitat anomenada cavall de vapor per comparar la potència, mot que s'utilitza avui en dia, sobretot en els vehicles.

En el 1790, James Watt havia rebut al voltant de 76000 lliures esterlines per les seves patents. Així doncs, va ser un home adinerat. Va ser membre de la *Royal Society* de Londres, de l'*Academia francesa de Ciències* i de la *Societat Lunar*.

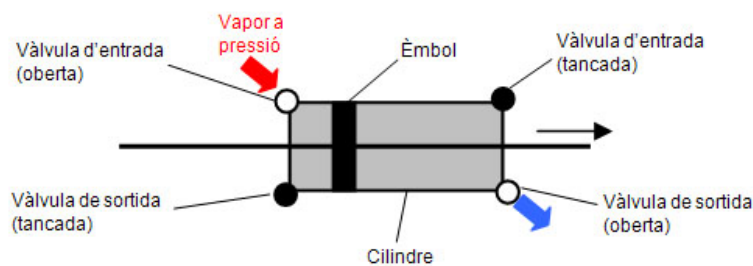
Finalment, a l'Agost de 1819, James Watt va morir a Heathfield Hall, prop de Birmingham, a l'edat de 84 anys. En el seu honor, se li ha donat el seu nom, vat en català, a la unitat de potència en el Sistema Internacional.

1.2.5. Tipus de motors de vapor.

Els motors de vapor es poden classificar en dos tipus:

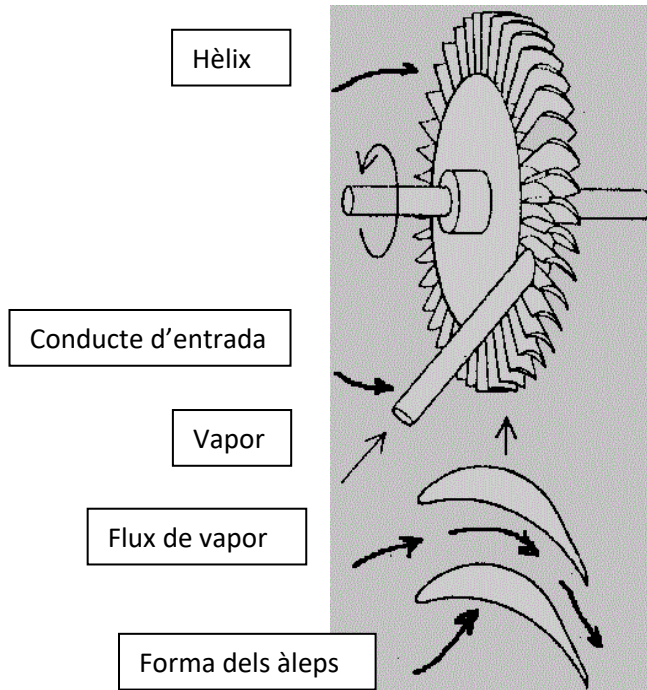
- **Motors d'èmbol:** Les primeres màquines de vapor es van desenvolupar utilitzant un èmbol o pistó acoblat a un mecanisme del tipus biela-cigonyal, al que se li aplicava el vapor a alta pressió i temperatura sincronitzat amb un joc de vàlvules per aconseguir el moviment.

Els vapors a alta pressió procedents de la caldera s'introdueixen en una cambra on hi ha una vàlvula de control. Aquesta vàlvula de control és accionada, de manera sincronitzada, per un mecanisme acoblat al cigonyal de la màquina. El moviment de desplaçament de la vàlvula de control fa que la cambra d'entrada comuniqui de forma alternada a la part superior o inferior de l'èmbol, empenyent-lo en ambdues direccions per a fer rotar el cigonyal. Al mateix temps, aquesta vàlvula de control estableix la comunicació del costat oposat de l'èmbol, lloc on es troba el conducte de sortida per deixar anar els vapors freds i sense pressió.



Funcionament motor de vapor d'èmbol

- **Turbines:** Les velles màquines de vapor han anat donant pas a les turbines per la seva durabilitat, seguretat, simplicitat i major eficiència. En la turbina, un xorro de vapor d'aigua a elevada pressió i temperatura es fa incidir de manera adequada sobre una hèlix amb àleps de secció apropiada. Durant el pas de vapor entre els àleps de l'hèlix, aquest s'expandeix i es refreda, entregant l'energia i empenyent els àleps per fer girar la hèlix col·locada sobre l'eix de sortida de la turbina.

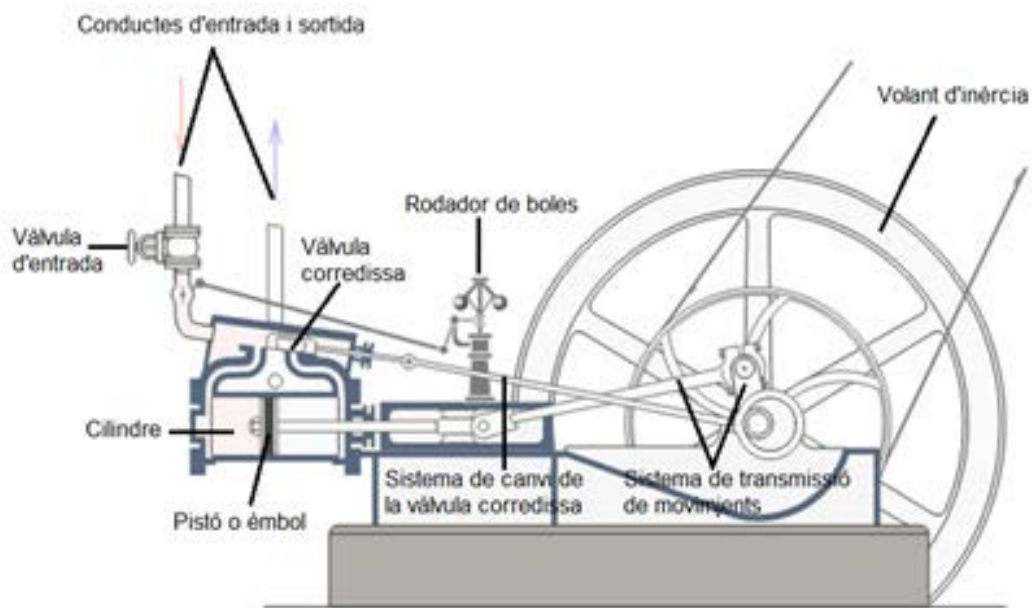


1.2.6.Parts d'un motor de vapor.

Algunes de les principals parts de la màquina de vapor són les següents:

- **La caldera:** és el recipient tancat on es genera el vapor. L'aigua dels seu interior s'escalfa mitjançant un combustible que es troba al fogar. El vapor d'aigua que es produeix es comprimeix en el seu interior fins a assolir la pressió adequada.
- **El cilindre motor:** component aïllat tèrmicament que disposa d'orificis per l'entrada i sortida del vapor. Està format per un cilindre buit en l'interior del qual es troba un èmbol o pistó perfectament ajustat. El vapor generat, un cop alliberat, exerceix pressió sobre l'èmbol i el posa en moviment.
- **Els mecanismes de transformació de moviment:** són els que converteixen el moviment rectilini de vaivé produït per l'èmbol en un moviment circular. Per a fer-ho, fan servir un mecanisme biela-manovella o bé una roda excèntrica.
- **Conductes d'entrada i sortida:** conductes d'entrada y sortida del vapor al cilindre.
- **Vàlvula d'entrada:** permet l'entrada del vapor al contenidor. Si es tanca, es talla el subministrament de vapor del sistema.
- **Vàlvula corredissa:** s'encarrega de regular l'entrada i la sortida de vapor del cilindre. Està composta per una peça amb una cavitat, connectada a una barra que es desplaça cap a la dreta o l'esquerra gràcies a l'acció del pistó. Aquests desplaçaments fan possible el canvi de la posició d'entrada i sortida del vapor per provocar el moviment de vaivé.
- **Sistema de canvi de la vàlvula corredissa:** fa moure la vàlvula corredissa.
- **Pistó o èmbol:** el pistó és un disc que ocupa la secció transversal interna del cilindre i que està travessat per una barra en el centre que ho connecta al sistema de transformació de moviment de vaivé en moviment circular.

- **Regulador de Watt o rodador de boles:** es tracta d'una vàlvula de seguretat que té la màquina de vapor per evitar l'explosió en cas de que la pressió de la màquina augmenti massa. Això ho fa gràcies al seu sistema de boles que en girar ràpidament quan el vapor surt a gran pressió pel tub, puja i deixa passar el vapor, en cas contrari, baixa i es tanca.
- **Volant d'inèrcia:** es tracta d'un gran volant normalment fet de ferro que gira gràcies al moviment que li transmet la màquina de vapor. Degut al seu elevat pes no és fàcil canviar la velocitat de gir d'aquest volant, cosa que fa que, tot i les variacions en els cicles de la màquina, la velocitat de sortida sigui regular i sempre la mateixa.



Màquina de vapor amb les seves parts

1.2.7.Funcionament d'un motor de vapor.

Tot i que existeixen motors de diferents mides i formes, bàsicament tots funcionen d'una manera molt similar.

En una caldera s'escalfa una quantitat d'aigua determinada, gràcies a un foc alimentat per diversos combustibles, com poden ser fusta, carbó o petroli. Un cop l'aigua bull, el vapor que es genera es concentra, generant una alta pressió, i en aquest estat es dirigeix fins al cilindre.

Allà, per l'expansió del volum de l'aigua, empeny el pistó. A través d'un mecanisme de biela-manovella, el moviment literal alternatiu del pistó del cilindre es transforma en un moviment de rotació. Aquest moviment és capaç d'accionar les rodes d'una locomotora o inclús provocar la rotació del rotor d'un generador elèctric.

Quan acaba amb el cicle, l'èmbol retorna a la seva posició inicial i el vapor d'aigua utilitzat és expulsat gràcies a l'energia cinètica del volant d'inèrcia.

El vapor a pressió es controla mitjançant una sèrie de didals ultrasònics d'entrada i sortida, és a dir, els conductes i vàlvules d'entrada i sortida, que regulen la renovació de la càrrega, és a dir, els fluxos de vapor que entren al cilindre provinents de la caldera.

1.2.8. Aplicacions del motor de vapor.

Des de començaments del segle XVIII, les màquines de vapor s'han fet servir per a donar potència a una multitud d'usos. Al principi es feien servir com a bombes de pistó i des que començaren a aparèixer els motors alternatius als anys 1780, també serviren per tal de donar potència a les fàbriques. Al principi del segle XIX, el transport de vapor per terra i per mar va començar a aplicar-se amb cada vegada més presència als mitjans de transport.

Es diu que els motors de vapor varen ser la força motriu de la Revolució Industrial, essent útils per moure maquinària en fàbriques, molins, estacions de bombeig i aplicacions de transport, com per exemple locomotores, vaixells i vehicles terrestres. El seu ús en agricultura va provocar un augment de la terra disponible per a ser cultivada.

Malgrat tot, per donar potència a les aplicacions de mitjana i baixa potència, les màquines de vapor han sigut substituïdes progressivament per motors de combustió interna i elèctrics. Això no obstant, és important recordar que gran part de la potència subministrada a la xarxa elèctrica, és subministrada fent servir plantes motrius amb turbines de vapor, de manera que aquesta tecnologia encara avui repercuteix indirectament en la indústria mundial.

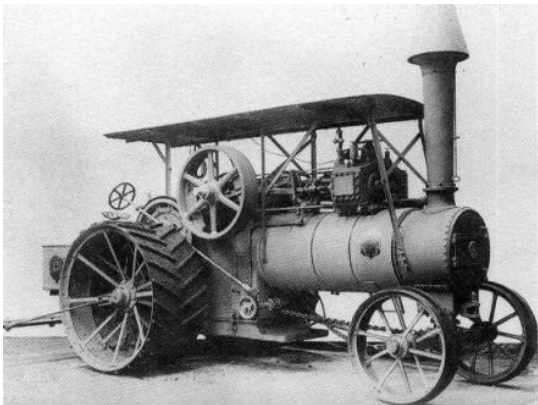
Les noves preocupacions encaminades a l'augment d'eficiència i reducció de la pol·lució i de la dependència de combustibles, han incitat un interès renovat en el vapor, tant és així que es plantegen solucions de cogeneració i plantes de potència primàries basades en aquesta tecnologia. Això es coneix com el moviment del *Vapor Modern*.



Automòbil de vapor



Locomotora de vapor



Tractor de vapor



Excavadora de vapor

1.3.El motor Stirling.

1.3.1.Què és?

El motor Stirling és un motor tèrmic de combustió externa i de procés adiabàtic, ja que no requereix cremar el combustible en el seu interior i al treballar no transfereix calor al seu entorn.

El motor opera gràcies a la compressió i expansió cíclica d'un fluid, com per exemple l'aire o un altre gas, a diferents nivells de temperatura. Aquestes són tan altes que es produeix una conversió neta d'energia calorífica a energia mecànica.

Més concretament, el motor Stirling és un motor tèrmic de cicle tancat regeneratiu amb un fluid gasós permanent, on el cicle tancat és definit com un sistema termodinàmic en el qual el fluid està permanentment contingut dins del sistema, i regeneratiu descriu l'ús d'un tipus específic d'intercanvi de calor i emmagatzematge tèrmic, conegut amb el nom de regenerador. Aquest regenerador és el que diferencia als motors Stirling d'altres motors de cicle tancat.

En el procés de conversió de la calor en treball, el motor Stirling arriba a un rendiment superior a qualsevol altre motor real. En la pràctica, en canvi, està limitat, ja que el gas amb el que treballa és no ideal, és a dir, és inevitable el fregament entre els diferents distintius que es mouen.

1.3.2.Història.

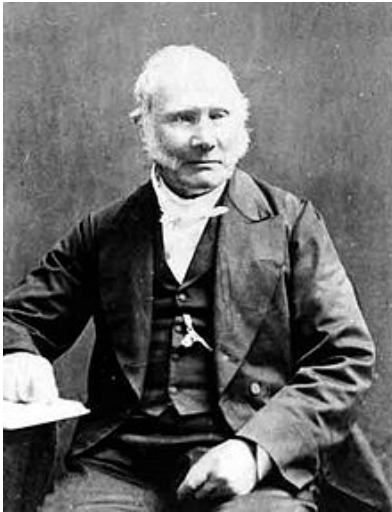
En el 1816, el metge i sacerdot Robert Stirling, va inventar i patentar *el motor d'aire calent*, o com és conegut avui dia, el motor Stirling. La invenció d'aquest motor va ser el glamurós final d'una sèrie d'intents de simplificar les màquines de vapor.

Stirling considerava que era massa complicat escalfar l'aigua en una caldera, produir vapor, expansionar-lo en un motor, condensar-lo i mitjançant una bomba introduir de nou l'aigua en la caldera. A més, estava cansat de veure els seus parroquians resultar ferits o morts per explosions de màquines de vapor, ja que encara no s'havia inventat l'acer i les calderes explotaven amb facilitat.

Aquest nou invent va tenir molt d'èxit, ja que el motor Stirling realitzava els mateixos processos d'escalfament i refredament de gas, però tot dins del motor. A més, utilitzava aire com a fluid, en comptes de vapor d'aigua. Així doncs, el motor no necessitava una caldera i era més econòmic. Era molt comú en la seva època, sobretot per a petites màquines d'ús domèstic, com ara ventiladors, bombes d'aigua,... La seva potència específica no era gaire elevada, però la seva senzillesa i el seu silenci eren magnífics. Així doncs, el motor Stirling va ser un bon competidor de la màquina de vapor.

Els motors que va desenvolupar eren de baixa pressió. En el seu interior no hi havia res a alta pressió que pogués explotar, inclús si la màquina s'espatllava. Però hi havia un problema amb aquest invent, ja que el motor Stirling funciona escalfant una part del mateix motor, i els metalls utilitzats en el segle XIX no aguantaven gaire bé l'alta temperatura de la flama contínua. No va ser fins a unes dècades més tard que, amb l'arribada de l'acer, el motor Stirling es va poder desenvolupar en la seva totalitat.

1.3.3. Robert Stirling.



Robert Stirling

Robert Stirling Newall va néixer el 25 d'octubre del 1790 a Cloag, Escòcia. Va ser un important químic, matemàtic, metge i astrònom.

Del 1805 al 1808 va adoptar una gran quantitat de coneixements sobre matemàtiques, metafísica i altres branques a la Universitat de Edimburg. Més tard va estudiar teologia en la Universitat de Glasgow. En el 1816 va ser nomenat sacerdot. Aquell mateix any, i amb la companyia del seu germà, va inventar i patentar el *motor d'aire calent*. Robert, preocupat per les contínues

explosions de les calderes de les màquines de vapor, va idear un motor més segur, que el seu germà va desenvolupar mecànicament.

Al 1819 va contraure matrimoni amb Jane Rankine, amb qui va tenir cinc fills i dues filles. Quatre d'aquests fills es van convertir en enginyers, l'altre es va convertir en sacerdot i les dues filles s'encarregaven de les feines de la casa.

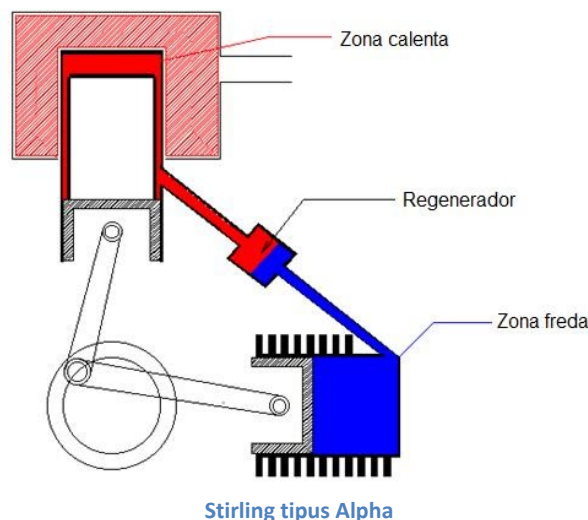
Stirling, a més d'inventar el motor que ell mateix dóna nom, també va idear altres invents, com ara uns instruments òptics, amb l'ajuda del seu company Thomas Morton. També va participar amb Henry Bessemer en el desenvolupament d'un tipus de metall, que més tard es va anomenar acer.

Finalment, Robert Stirling va morir el 6 de juny de 1878 a Galston, una ciutat situada a 30 km al sud de Glasgow.

1.3.4. Tipus de motor Stirling.

Al llarg de la història el motor Stirling s'ha anat desenvolupant i s'han produït diverses variacions. A continuació explicaré els principals tipus de motor Stirling que existeixen:

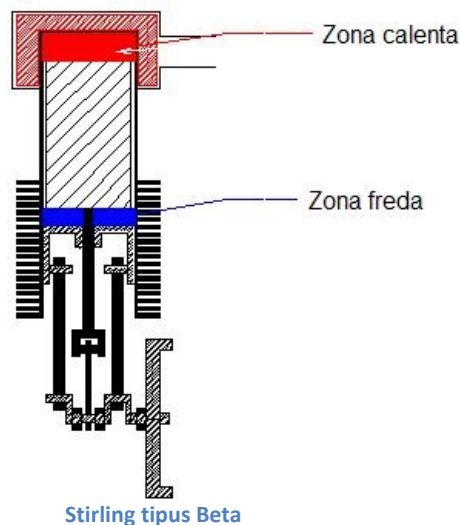
- **Motors tipus Alfa:** Aquest tipus de motor no utilitza el desplaçador, no com la patent original de Stirling. Però des del punt de vista termodinàmic, el funcionament és similar. Consta de dos cilindres independents connectats per un tub, en el que es situa el regenerador que emmagatzema i cedeix la calor. En cada un dels cilindres hi ha un pistó desfasat 90 graus un respecte de l'altre. Un d'aquests cilindres s'escalfa mitjançant un encenedor de gas o alcohol i l'altre es refreda mitjançant aletes o aigua. El desfasament entre els dos pistons fa que l'aire passi d'un cilindre a l'altre escalfant-se i refredant-se, tot realitzant el treball que permet el funcionament del motor.



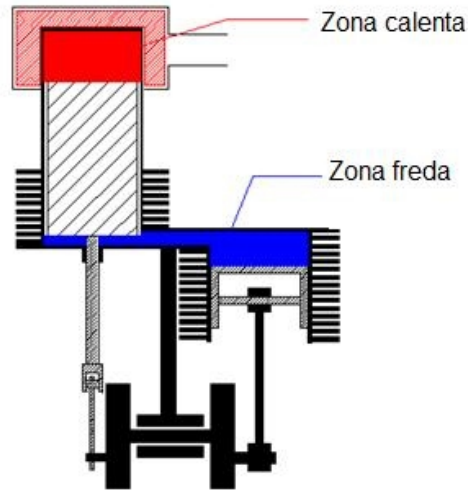
- **Motors tipus Beta:** El motor original de Stirling era d'aquest tipus. Consta d'un cilindre amb una zona calenta, mitjançant un encenedor de gas o alcohol, i una zona freda, refrigerada per aigua, aletes,... A l'interior del cilindre hi trobem el desplaçador, el qual té la funció de passar l'aire de la zona calenta a la zona freda i a l'inrevés.

Els motors petits d'aquest tipus no solen portar regenerador. Només tenen un petit espai entre el desplaçador i el cilindre perquè hi passi l'aire.

En canvi, els motors grans sí que porten un regenerador extern. Gràcies a un cigonyal especial i el desfasament de 90 graus, el motor aconsegueix funcionar. Des del punt de vista termodinàmic és el motor més eficaç, però la seva construcció és complicada, ja que el pistó ha de tenir dues bieles i permetre el pas del plançó que mou el desplaçador.

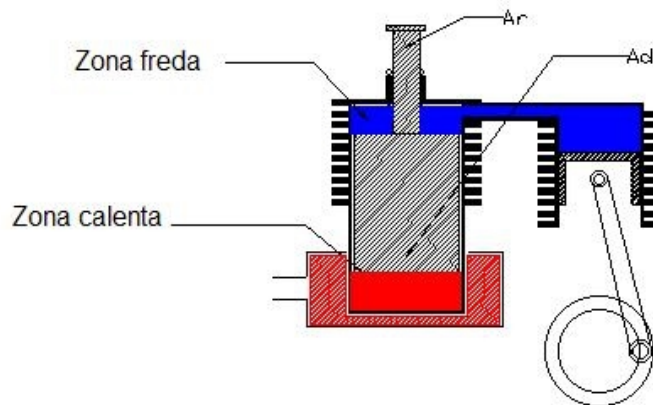


- **Motors tipus gamma:** Aquest tipus és una derivació del Beta, però és més senzill de construir. Consta de dos cilindres separats, en un dels quals es situa el desplaçador i a l'altre el pistó de potència. Aquest pistó és molt semblant al d'una motocicleta i la refrigeració del motor és igual que la de l'anterior tipus. Aquí el pistó i el desplaçador també han de moure's desfasats 90 graus, cosa que s'aconsegueix mitjançant el cigonyal adequat. Des del punt de vista termodinàmic és menys eficaç que el tipus Beta, ja que l'expansió del treball es realitza a menor temperatura.



Stirling tipus Gamma

- **Motors especials:** el motor especial més important és el **Ringbom**. El seu desplaçador es mou gràcies a la combinació de les variacions internes de la pressió dins el motor i la força de la gravetat. La simplicitat d'aquest mecanisme és espectacular, tot i que en la seva època (1905) no va tenir un gran èxit, ja que al necessitar la força de la gravetat per a moure el desplaçador, la velocitat del motor no era gaire elevada. Més tard, els investigadors van treballar en aquest tipus de motor, i amb unes petites modificacions, van aconseguir que girés tan ràpid com qualsevol altre tipus de motor Stirling.

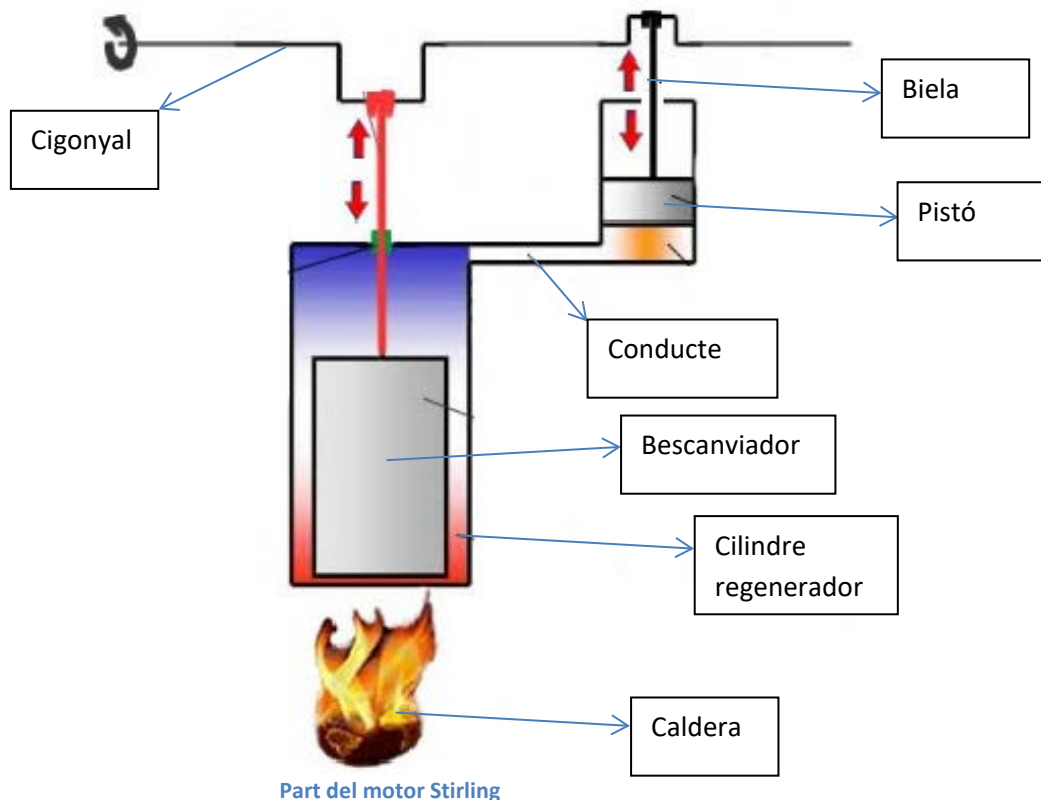


Stirling tipus Ringbom

1.3.5.Parts del motor Stirling.

Les parts principals i imprescindibles del motor Stirling són les següents:

- **Caldera externa:** és la responsable de la producció de calor.
- **Cilindre regenerador:** Allotja el desplaçador i el bescanviador de calor. Dins seu es produeix l'escalfament o el refredament de l'aire.
- **Bescanviador de calor:** és el dispositiu que transfereix la calor d'un costat a l'altre del cilindre.
- **Conducte:** comunica el cilindre regenerador amb el cilindre de potència.
- **Cilindre de potència:** Conté el pistó de potència.
- **Pistó:** transforma la dilatació i contracció de l'aire en moviment rectilini.
- **Biela:** Transmet el moviment del pistó al cigonyal.
- **Cigonyal:** Juntament amb la biela, transforma el moviment de vaivé del pistó en moviment rotatiu.
- **Volant d'inèrcia:** Permet que el moviment rotatiu sigui continu i no s'aturi el motor.

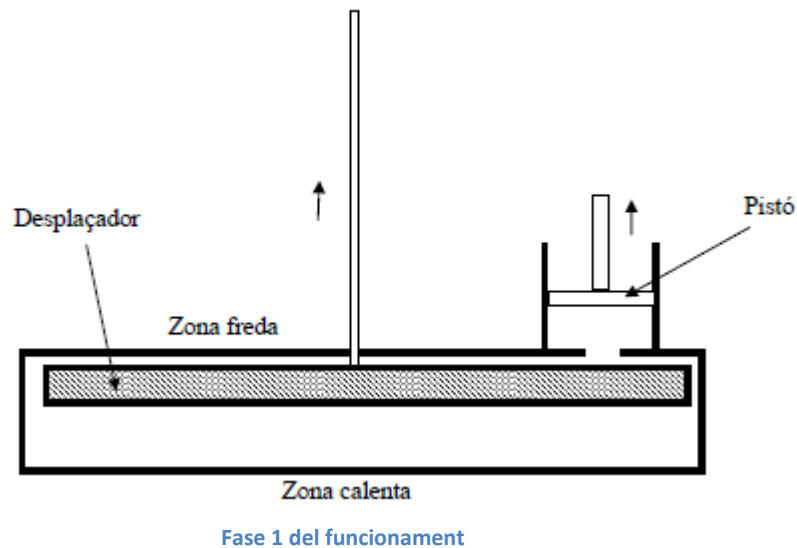


1.3.6. Funcionament del motor Stirling.

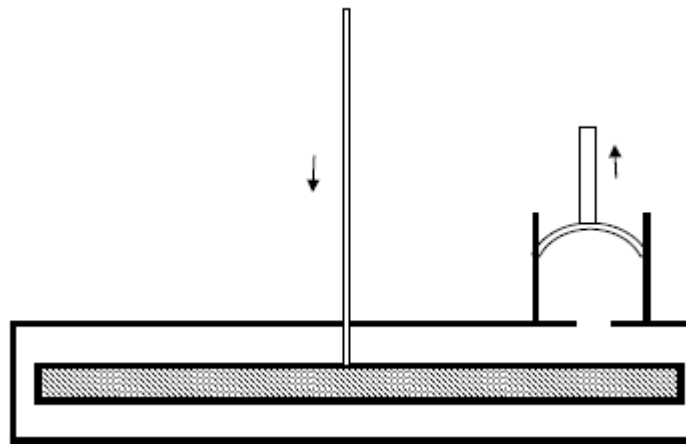
El motor Stirling és un motor termodinàmic de combustió externa que realitza treball gràcies a les contraccions i dilatacions d'un gas en escalfar-se i refredar-se de forma alternativa.

El principi de funcionament següent pertany al motor tipus gamma. Aquest funcionament en essència és el mateix per a tots els tipus de motor, però hi pot haver petites variacions en funció dels elements de cada motor.

1. El cicle s'inicia quan el desplaçador es troba situat al seu punt mort més alt. La totalitat del gas es troba a la zona calenta del cilindre adquirint calor i comença a expandir-se.

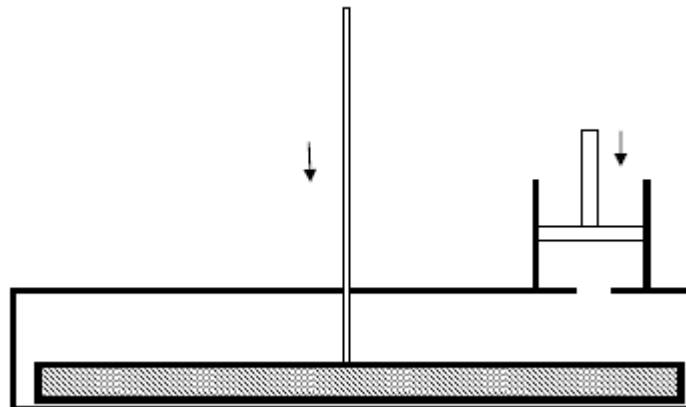


2. Per inèrcia, el desplaçador es mou cap a la zona calenta del cilindre. Durant aquest pas, el gas s'expandeix, passant pels laterals del desplaçador i empenyent el pistó cap al seu punt mort superior.



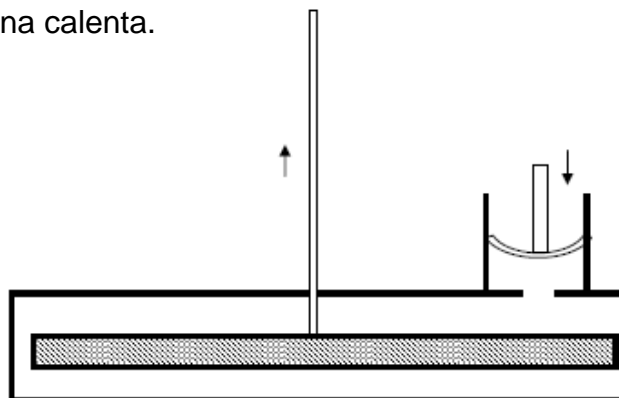
Fase 2 del funcionament

3. El desplaçador baixa al seu punt mort inferior, deixant tot el gas a la zona freda del cilindre, on comença a refredar-se. El pistó, gràcies a la inèrcia i la contracció del gas, comença a baixar.



Fase 3 del funcionament

4. El cicle acaba quan el desplaçador es mou cap amunt, fent passar el gas de la zona freda a la zona calenta del cilindre, on comença a escalfar-se. El pistó baixa al seu punt mort inferior, ajudant també a desplaçar el gas cap a la zona calenta.



Fase 4 del funcionament

1.3.7. Aplicacions del motor Stirling.

Les aplicacions i utilitats del motor Stirling no estan molt desenvolupades perquè és un motor que no s'ha estudiat amb profunditat, però podem dividir les seves aplicacions i utilitats en quatre etapes:

Aplicacions antigues: Aquest període compren des de que es va inventar el motor Stirling fins els inicis del segle XIX. Els motors que s'utilitzaven eren com el que va patentar Robert Stirling i s'utilitzaven per petites màquines d'ús domèstic com ventiladors, bombes d'aigua, etc.



Ventilador amb motor Stirling

Època de la Segona Guerra Mundial: En aquesta etapa van ser els Laboratoris Philips de Holanda els que van fer importants avenços en l'estudi i el desenvolupament del motor Stirling. Laboratoris Philips, als anys 50, van desenvolupar un refrigerador basat en el cicle de Stirling per la producció d'aire líquid. A més, els motors Stirlings també van ser utilitzats en els submarins dels diferents exèrcits.



Submarí propulsat per un motor Stirling

Els anys 60-70: En aquests anys es va estudiar el motor Stirling com alternativa per proveir energia elèctrica en naus espacials i també es van començar a tenir prototips per ús en vehicles. Però una de les majors dificultats per utilitzar el motor Stirling en vehicles no híbrids és que era molt difícil construir un d'aquests motors que arrenqués instantàniament, ja que quan una persona puja a un cotxe li agrada que s'encengui a la primera.



Cotxe amb motor Stirling

Èpoques recents: Actualment es segueix investigant el mètode de proveir energia per llocs aïllats i utilitzant fonts com l'energia solar. Un dels usos més prometedors del motor Stirling és l'aprofitament de la radiació solar.

Com ja sabem per fer funcionar un motor Stirling necessitem una gradació de temperatura, la qual podem obtenir del Sol. Com que no es necessita una combustió, podem concentrar la radiació en el focus on es situa el motor. Per concentrar la radiació solar s'estan provant discos parabòlics de material reflectant que concentren la radiació del seu focus on es situa el motor. Hi ha una plataforma Solar d'aquest tipus a Almeria (Espanya).



Imatge de la Plataforma Solar d'Almeria

1.4.El motor elèctric.

1.4.1.Què és?

Un motor elèctric o electromagnètic és una màquina elèctrica rotativa que transforma energia elèctrica en energia mecànica mitjançant interaccions electromagnètiques. Té múltiples avantatges, entre les quals cal citar la seva economia, polidesa, comoditat i seguretat en el seu funcionament.

Hi ha motors que funcionen amb una font de corrent continu (CC) com, per exemple, una bateria, i hi ha uns altres que ho fan amb una font de corrent altern (CA). Tot i que hi ha molts dissenys de motors elèctrics, el principi de funcionament en tots és el mateix.

El seu funcionament es basa en les forces d'atracció i repulsió establides entre un imant i un fil (bobina) per on fem circular un corrent elèctric. Així doncs, només és necessari un imant, una bobina de fil i una pila per a construir un motor elèctric.

Quan passa corrent elèctric pel circuit s'aconsegueix que la bobina giri. Hi ha dos principis de física relacionats entre si que expliquen aquest fet.

- **Principi de la inducció electromagnètica:** estableix que quan un circuit elèctric es mou en un camp magnètic, o quan es fa variar la intensitat del camp magnètic que passa a través d'un circuit elèctric immòbil, s'inicia o "indueix" un corrent elèctric en el circuit.
- **Principi de la reacció electromagnètica:** observat pel físic francès André Marie Ampère l'any 1820. Aquest principi és l'invers de l'anterior.

Per la llei de Laplace, si situem un conductor que transporti corrent elèctric a l'interior d'un camp magnètic, aquest experimentarà una força. De la mateixa manera, si connectem una bobina a un circuit elèctric i la situem a l'interior d'un camp magnètic, la força que es crea provoca que la bobina giri. Si acoblem la bobina a l'eix del motor, podrem convertir energia elèctrica en energia mecànica.

1.4.2.Història.

El 1821, arran de la descoberta del fenomen de l'electromagnetisme pel químic danès Hans Christian Ørsted, el físic anglès Michael Faraday va construir dos aparells per produir el que va anomenar *una rotació electromagnètica*, que consistia en el moviment circular continu d'un camp magnètic al voltant d'un fil.

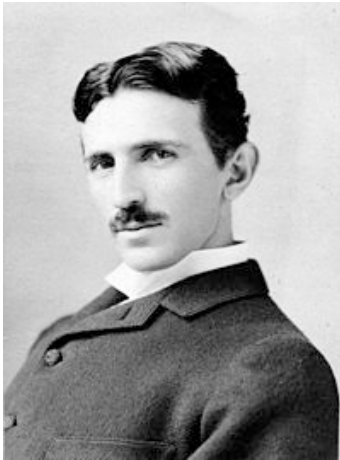
En el 1822, Peter Barlow va construir un invent que es deia *la roda de Barlow*, que consistia en un disc metàl·lic tallat en estrella en què les extremitats estaven submergides en un entreferro que contenia mercuri que assegurava el pas del corrent.

El primer commutador utilitzable va ser inventat en el 1832 per William Sturgeon i no va ser fins al 1834 que el Sr. Thomas Davenport no va fabricar un motor de corrent continu. Aquests motors no varen tenir volada industrial per l'alt cost de les bateries.

La paternitat de les màquines asíncrones està discutida entre tres inventors: en el 1887 el físic Nikola Tesla va presentar una patent sobre la màquina asíncrona. En el mateix període Galileo Ferraris va publicar *els tractats sobre les màquines giratòries*. I en el 1889, Michail Ossipowitsch Doliwo-Dobrowolski, electricista alemany d'origen rus, va inventar el primer motor asíncron de corrent trifàsic de gàbia d'esquirol que es va construir industrialment a partir de 1891.

Tot i això, Nikola Tesla és conegut com a l'inventor del motor elèctric, ja que, tot i que William Sturgeon i Thomas Davenport van patentar i construir un enginy semblant al motor elèctric, abans que Tesla, el d'aquest últim va ser molt més exitós, ja que no era tant car i estava molt més desenvolupat.

1.4.3.Nikola Tesla.



Nikola Tesla, nascut el 10 de juliol de 1856 a Smiljan, l'antic imperi Austríac i l'actual Croàcia, va ser un important físic, matemàtic, inventor i enginyer elèctric serbo-estatunidenc.

Des de molt petit va demostrar un talent excepcional per les matemàtiques, i els mestres, desconfiant de les seves habilitats, l'obligaven a passar proves per demostrar que no havia copiat les seves teories. Es va graduar en el 1873 i va tornar al seu poble natal, on va contraure el còlera. Va estar reposant allit durant nou mesos, prop de la mort en diverses ocasions. El seu pare li va prometre enviar-lo a la millor escola d'enginyeria si es recuperava de la malaltia.

Així va ser i al 1875 va anar a estudiar a la Universitat de Graz (Àustria) i més tard a la de Praga. Tres anys més tard va deixar-ho, degut als problemes d'addicció als jocs d'atzar que tenia. Després d'haver treballat en diverses indústries elèctriques a París i Budapest, va decidir traslladar-se als Estats Units, on va treballar a les ordres de Thomas Alva Edison, partidari del corrent elèctric continu.

Les repetides disputes amb Edison van forçar l'abandonament de la companyia i la seva associació amb G. Westinghouse, qui va comprar les patents del seu motor i d'un transformador que facilitava la distribució del corrent altern. Ambdós van guanyar la batalla de la distribució d'energia, ja que el transport de corrent altern és més barat i senzill que el de continu.

Tesla va fundar a Nova York un laboratori d'investigacions electrotècniques, on va descobrir el principi del camp magnètic rotatori i els sistemes polifàsics de corrent altern. Va crear el primer motor elèctric de inducció de corrent altern i molts altres enginyers elèctrics, com el *montatge Tesla*, un transformador de radiofreqüència. També va predir la possibilitat de realitzar comunicacions inalàmbriques amb antelació als estudis duts a terme per Marconi.

En el seu honor es denomina *tesla* a la unitat de mesura de la intensitat del flux magnètic en el sistema internacional.

Les seves invencions i patents es van produir amb certa rapidesa. En el 1887, i com a conseqüència del descobriment dut a terme per John Hopkinson en 1888, segons el qual tres corrents alterns i desfasats entre sí poden ser traslladats de manera més senzilla que un corrent altern normal, Tesla va inventar el motor de inducció de corrent trifàsic.

En aquest motor, les tres fases actuen sobre l'inductiu, de manera que s'aconsegueix que aquest giri al generar-se un camp magnètic rotatori. No obstant, el rotor es movia amb un cert retràs respecte la freqüència del corrent.

A més de tots aquests enginyers, Nikola Tesla va descobrir molts altres invents abans que ningú, com: la radio, el raig de la mort, la ressonància magnètica, els radars, els submarins elèctrics, els raigs X, el control remot o el microscopi electrònic, però com que ell estimava la ciència però odiava els negocis, va provocar que molts dels seus invents no fossin posats sota protecció de patents o que altres li robessin sense gaire consideració.

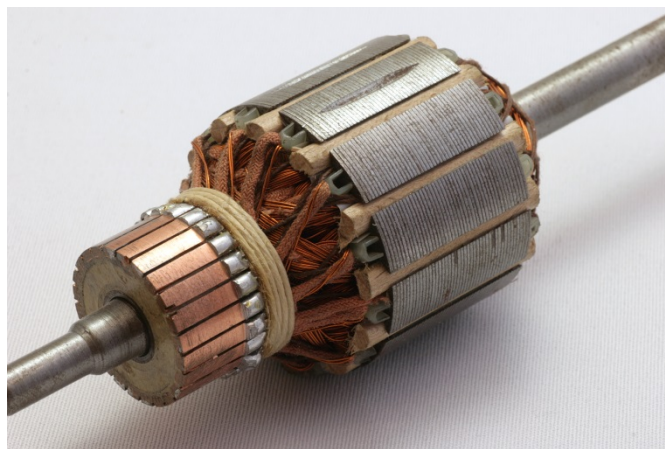
Però per què tot i haver desenvolupat tants invents i aportar més que cap altre en la tecnologia, el seu nom ha passat força desapercbut en els llibres d'història? Les causes principals ja les hem dit abans: donar l'esquena a la comunitat acadèmica i apostar per millorar el món en comptes de fer-se ric amb les seves creacions, el qual significava donar l'esquena als poders econòmics. Tot i que hi ha gent que ho anomena "el gran error de Tesla", a mi ni molt menys em sembla un error, sinó precisament la seva gran virtut: treballar per a la humanitat en comptes de treballar pel benefici d'una minoria. Això li va costar morir sol i abandonat, amb 86 anys, en una habitació d'hotel. El va trobar la dona de la neteja al dia següent.

Actualment existeix un grup de gent que lluita per retornar l'honor a Nikola Tesla, un dels majors genis de la història de la humanitat.

1.4.4. Tipus de motors elèctrics.

La classificació dels motors elèctrics depenen de la font d'electricitat que utilitzin. Així doncs, els motors elèctrics es poden dividir en:

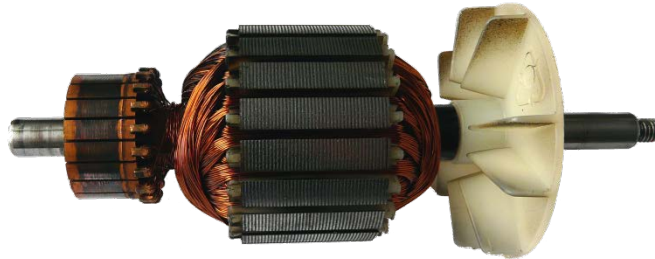
- **Motor de corrent continu (CC):** aquest tipus de motors obtenen l'electricitat d'una bateria o pila. S'utilitzen en els casos on es necessita precisió en la velocitat, com ara en els muntacàrregues o la locomoció. El motor ha de tenir en el rotor i l'estator el mateix nombre de pols i el mateix nombre de carbons. Una de les particularitats és que poden funcionar a l'inversa, és a dir, no només poden ser usats per a transformar energia elèctrica en energia mecànica, sinó que també poden funcionar com a generadors d'energia elèctrica. Per aconseguir aquest procés d'inversió, posseeixen una peça anomenada commutador, que alterna, dins l'electroimant, la direcció del corrent i canvia la polaritat del camp magnètic. Els motors de corrent continu poden ser: en sèrie, en paral·lel o mixtes.



Motor de corrent continu

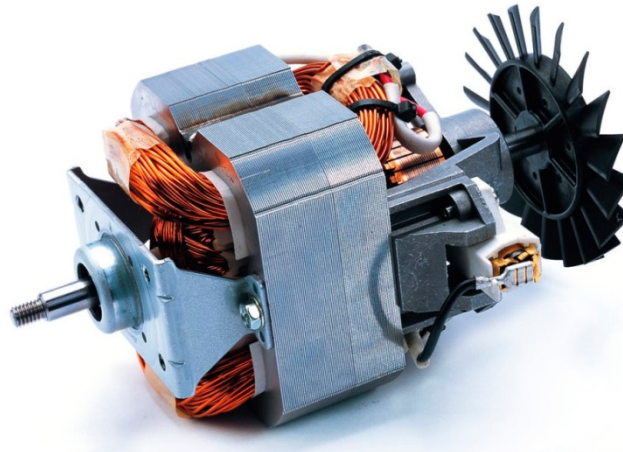
- **Motor de corrent altern (CA):** són aquells motors elèctric que funcionen amb corrent altern, és a dir, qualsevol equip que estigui connectat a una presa de corrent de paret s'impulsa per un motor d'aquest tipus. El fet que aquest tipus de corrent canviï la direcció del flux moltes vegades per segon i que a més, les àrees de polaritat positiva i negativa en l'electroimant s'alternin contínuament, permet que l'eix es mantingui girant. Dins del motors de corrent altern, trobem:

- **Els motors asíncrons:** on la velocitat del camp magnètic generat per l'estator supera a la velocitat de gir del rotor.
- **Els motors síncrons:** on la velocitat del camp magnètic de l'estator és igual a la velocitat de gir del rotor.



Motor de corrent altern

- **Motor universal:** el motor universal és un tipus de motor que pot ser alimentat per corrent altern o per corrent continu. Les seves característiques principals no varien significativament, siguin alimentat d'una forma o de l'altra. També s'anomenen motor monofàsic en sèrie. Aquest tipus de motors es poden trobar tant en una màquina d'afaitar com en una locomotora. Així doncs, això ens dóna una idea del marge de potència que poden arribar a ser construïts.



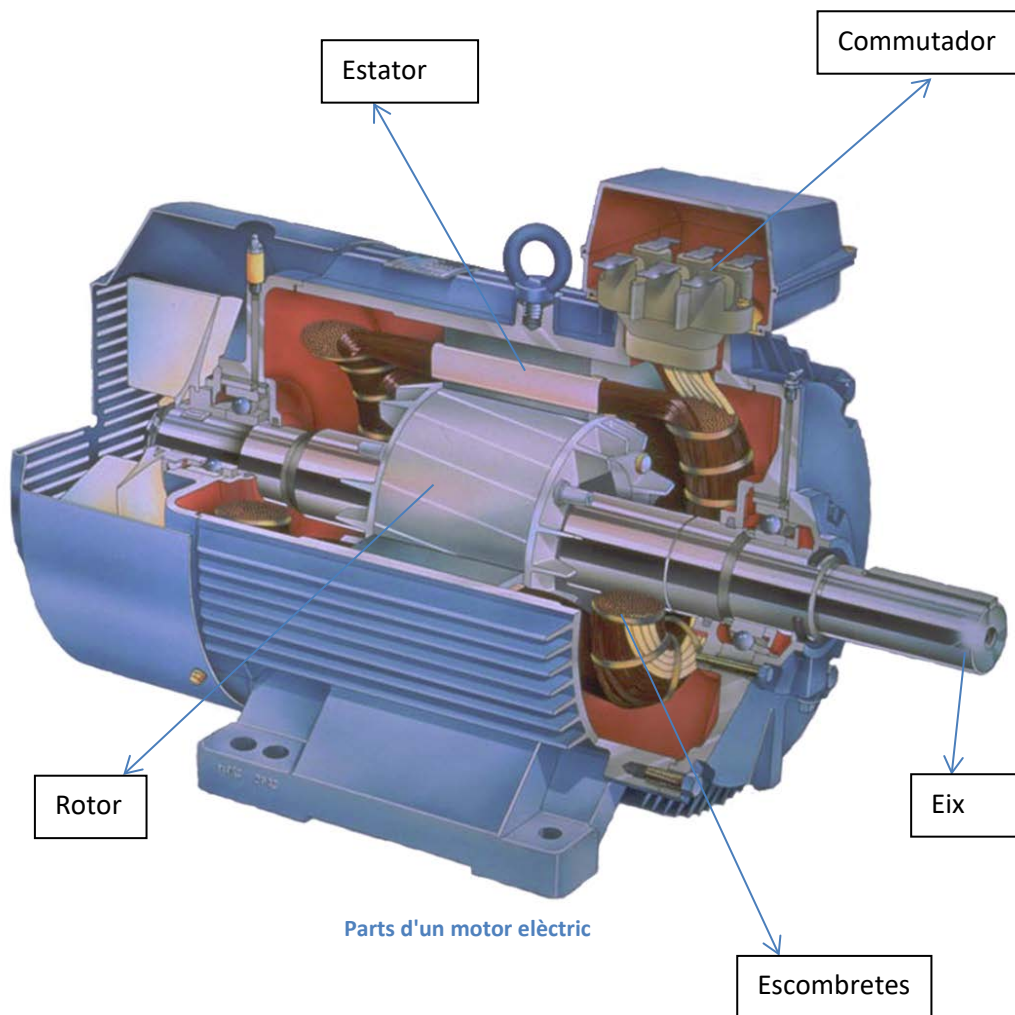
Motor elèctric universal

1.4.5.Parts d'un motor elèctric.

A continuació passaré a explicar les parts més importants d'un motor de corrent altern, ja que és el tipus de motor més utilitzat en els aparells d'avui en dia:

- **L'estator:** L'estator és l'element que funciona com base, és a dir permet que es produeixi la rotació del motor. És un electroimant fixa envoltat d'uns bobinats que permeten la circulació de corrent, ja que estan compostos per làmines d'acer i silici. L'estator està constituït principalment per un conjunt de làmines d'acer i silici (anomenats paquets), tenen l'habilitat de permetre que passi a través d'ells el flux magnètic amb facilitat, la part metàl·lica de l'estator i els debanats proveeixen els pols magnètics.
- **El rotor:** és el component que gira dins d'una màquina elèctrica, ja sigui un generador o motor elèctric. Està format per un eix que suporta un joc de bobines enrotllades sobre unes peces polars, estàtiques.
- **El commutador:** és un interruptor elèctric rotatiu que es troba en alguns motors i generadors elèctrics. Periòdicament canvia la direcció del corrent entre el circuit extern i el rotor.
- **Les escombretes:** en els motors o generadors elèctrics s'ha d'establir una connexió fixa entre la màquina i les bobines del rotor. Per això es fixen dos anells a l'eix de gir, aïllats de l'electricitat de l'eix i connectats a la bobina rotativa, concretament els seus terminals. Al costat d'això, es troben uns blocs de carbó que realitzen pressió a través d'uns ressorts, amb l'objectiu d'establir el contacte elèctric. Aquests blocs són les escombretes.
- **L'eix:** és l'element encarregat de guiar el moviment de rotació d'una peça o d'un conjunt d'elles, com una roda o un engranatge.
- **El camp magnètic:** fa referència a la influència magnètica dels corrents elèctrics i dels materials magnètics.

- **La corrent d'energia directa:** és la corrent contínua, és a dir, un flux continu de càrrega elèctrica a través d'un conductor entre els dos pols oposats d'un aparell. Es produeix, sobretot, entre les bateries, les piles i les dinamos.
- **El corrent altern:** és produït pels alternadors i es generen en les centrals elèctriques. Així doncs, ens els habitatges es troben en els endolls. La seva principal característica és que canvia el sentit de la circulació unes 50 vegades per segon, amb una freqüència de 50 hertz.



1.4.6. Funcionament del motor elèctric.

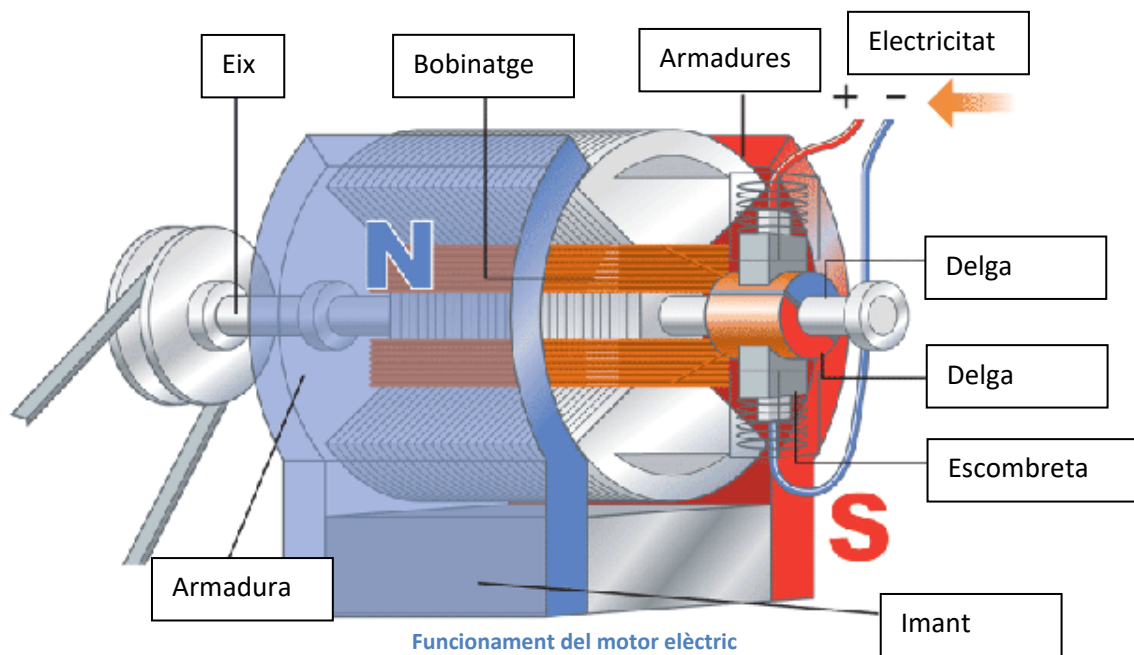
La conversió d'energia en un motor elèctric es deu a la interacció entre un corrent elèctric i un camp magnètic. Un camp magnètic, que es forma entre els dos pols oposats d'un imant, és una regió on s'exerceix una força sobre determinats metalls o sobre altres camps magnètics. El motor elèctric aprofita aquesta força per fer girar un eix, transformant-se així l'energia elèctrica en mecànica.

Els dos components bàsics del motor elèctric són el rotor i l'estator. El rotor és una peça giratòria amb diferents sortints laterals que porten al seu voltant un bobinat pel que passa el corrent elèctric. L'estator, situat al voltant del rotor, és un electroimant fix que també disposa de sortints amb bobines elèctriques.

Quan s'introdueix una espira de fil elèctric en un camp magnètic i es connecta a una bateria, el corrent passa en un sentit per un dels seus costats i en sentit contrari pel costat oposat. Així, sobre els dos costats de l'espira s'exerceix una força, en un d'ells cap a dalt i en el altre cap a baix. Si l'espira de fil va muntada sobre l'eix metàl·lic, comença a donar voltes fins assolir la posició vertical. Llavors, en aquesta posició, cadascun dels fils es troba situat en mig dels dos pols, i l'espira queda retinguda.

Perquè l'espira segueixi rodant després d'assolir la posició vertical, és necessari invertir el sentit de circulació del corrent. Per aconseguir-ho, s'utilitza el commutador o col·lector, que en el motor elèctric més simple, el de corrent continu, està format per dues làmines de metall amb forma de mitja lluna, que es situen sense tocar-se, com les dues meitats d'un anell. Dos connexions fixes unides al bastidor del motor, anomenades escombretes, fan contacte amb les làmines del commutador, de forma que, al girar l'armadura, les escombretes contacten primer amb una làmina i després amb l'altra.

Quan el corrent elèctric passa pel circuit, l'armadura comença a girar i la rotació dura fins que l'espira assoleix la posició vertical. Al girar les delgues (làmines) del commutador amb l'espira, cada mitja volta s'inverteix el sentit de circulació del corrent elèctric. Això vol dir que la part de l'espira que fins ara rebia la força cap a dalt, ara la rep cap a baix, i l'altre part al contrari. D'aquesta manera l'espira realitza una altra mitja volta i el procés es repeteix mentre gira l'armadura.



1.4.7. Aplicacions del motor elèctric.

Els motors elèctrics són molt presents en la nostra vida quotidiana, ja que la majoria dels electrodomèstics i màquines que utilitzem són propulsats per motors d'aquest tipus.

El motors elèctric s'usen molt en els diferents camps industrials com per exemple, en l'agricultura, són utilitzats per a les màquines de rec. En la construcció, són presents en la majoria de màquines, com ara les màquines pneumàtiques, les grues de construcció o els elevadors. Pel que fa la indústria petrolífera, s'usen en els dispositius de perforació i extracció i en els sistemes de bombeig.

En l'àmbit de la robòtica, els motor elèctrics també són presents. Existeix un tipus de motor elèctric, anomenat servomotor, que té la capacitat de situar-se en qualsevol posició dins del seu rang d'operació i mantenir-se estable en aquesta posició.

En el camp domèstic, la majoria d'estrís elèctrics que fem servir estan compostos per un motor elèctric, com per exemple, les liquidadores, els exprimidors de taronges, la Thermomix, els microones, els raspalls de dents elèctrics, els ventiladors, les consoles, ...

I com no, els motors elèctric són molt presents en el món de l'automoció. Tot i que existeixen els cotxes elèctrics, que òbviament funcionen mitjançant un motor elèctric, i els cotxes híbrids, que alternen els motors de quatre temps i l'elèctric, en els cotxes de benzina i dièsel també hi trobem motor elèctrics. El sistema automàtic de pujar i baixar les finestres, per exemple, funciona mitjançant un motor elèctric.



Sistema de perforació amb motor elèctric



Robot amb servomotor



Liquadora amb motor elèctric



Cotxe elèctric

2. Treball pràctic.

2.1.Construcció d'un motor elèctric de corrent continu.

2.1.1.Materials.

Una pila AA de 1,5 volts.



Pila AA

Un imant circular de 1 centímetre de diàmetre.



Imant

Un tros de fil de coure de 30 centímetres de longitud i 1 mm de grossor.



Bobina de coure

2.1.2.Eines.

Alicates



Alicates de mida estàndard

Tenalles de punta rodona



Tenalles de punta rodona

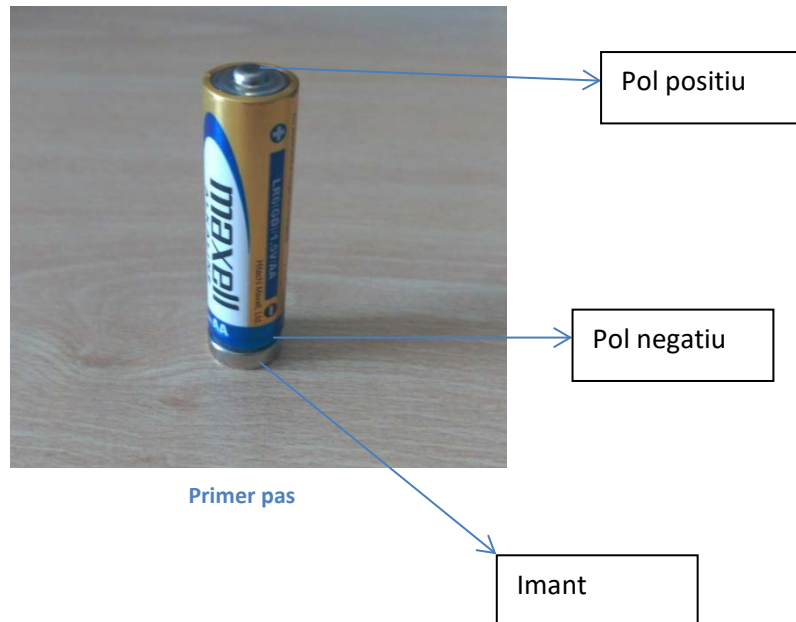
Cúter



Cúter

2.1.3.Procediment.

1. Col·locar la pila sobre l'imat. El pol negatiu de la pila va just sobre l'imat, mentre que el pol positiu queda lliure a la part de dalt. Aquí una foto com a exemple:

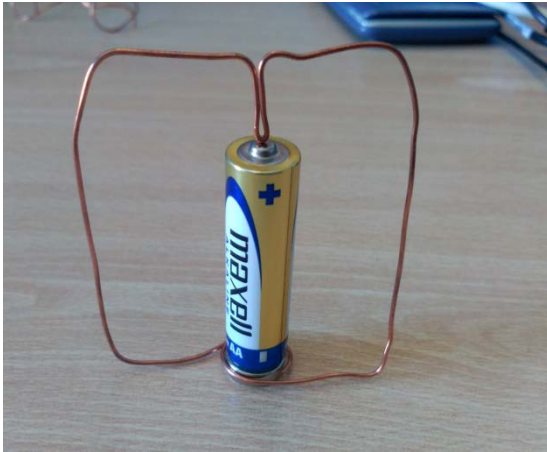


2. Agafar el tros de fil de coure i donar-li la forma següent:



És important que les dos puntes de la part de baix no es toquin. Si els cables es toquen, es produeix un curtcircuit i el motor no funciona.

3. Col·locar la figura de coure sobre la pila i l'ímant. La U de la part de dalt de la figura ha de quedar sobre el pol positiu de la pila i la forma circular del fil de coure ha de tocar l'ímant per la part de baix. A continuació, una foto d'exemple:



Vista general del motor



Part inferior del motor

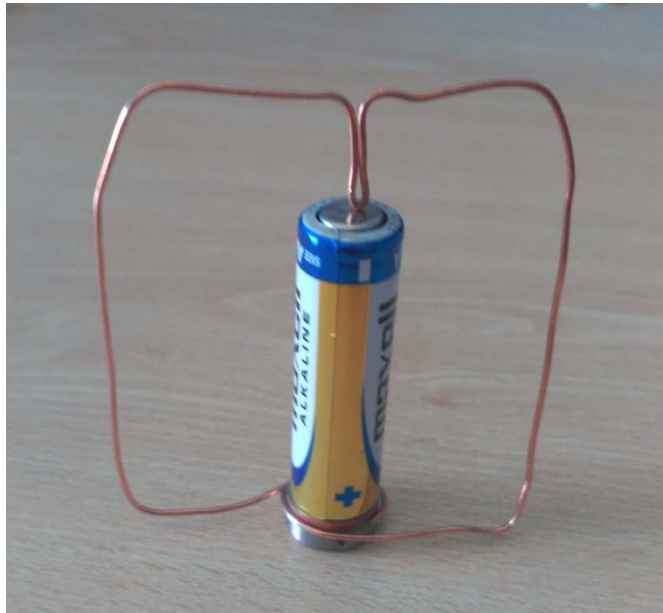


Part superior del motor

2.1.4.Funcionament.

Com ja hem explicat anteriorment, la conversió d'energia d'un motor elèctric es deu a la interacció entre un corrent elèctric i un camp magnètic.

Així doncs, el motor elèctric de corrent continu tan senzill que hem construït, aprofita la força que exerceix el camp magnètic sobre el fil de coure i el corrent elèctric que circula per aquest mateix, per transforma l'energia elèctrica de la pila en energia mecànica rotativa. Gràcies a la electricitat i a aquesta força, el motor és capaç de girar.



Motor elèctric acabat

2.1.5.Observacions.

- **El preu de construcció del motor és d'uns 18 cèntims**, ja que l'única cosa que vaig comprar va ser el fil de coure.
- La pila que he utilitzat per a la construcció del motor és recarregable. Així no contamina tant, ja que es pot utilitzar més d'un cop.
- El fil de coure és comprat en una ferreteria. He comprat una bobina de 7 metres, perquè necessito més fil per a altres aplicacions. Com que la bobina m'ha costat 4,13 €, el preu de 30 centímetres és de 0,18€.
- Es poden utilitzar tot tipus de imants. En el meu cas, he fet servir un de neodimi, ja que aquest tipus d'imants tenen molta força d'atracció i produeixen un camp magnètic molt potent. A mi me'l va donar un amic, però el preu d'un imant de neodimi d'aquestes dimensions en una ferreteria és de 1.5 € aproximadament.
- És important fixar-se amb el pol positiu i el pol negatiu de l'imant. Si veiem que la pila i la figura de fil estan ben posicionats però tot i així el motor no funciona, és possible que el pol de l'imant no sigui el correcte. Es poden fer dos coses: o mantenir-ho tot però girar la pila o mantenir-ho tot i girar l'imant.
- He observat que el motor només gira en sentit antihorari. Això és degut a la força del camp magnètic produït per l'imant.
- Per a la construcció del motor he invertit una hora aproximadament, ja que donar-li la forma idònia al fil de coure requereix el seu temps.
- Existeixen moltes varietats d'aquest tipus de motor, totes relacionades amb la forma del fil de coure. N'hi ha amb forma de cor, amb forma d'espiral, amb forma rodona... Jo he optat per una forma més rectangular, ja que és més fàcil de fer.
- En conclusió, aquest motor elèctric de corrent continu és fàcil i barat de fer. L'única cosa que cal tenir és una mica de paciència a l'hora de donar forma al fil de coure i al situar-lo sobre la pila i l'imant.

2.1.6.El meu motor elèctric senzill.

A continuació us deixo l'enllaç de *youtube* del motor elèctric senzill que he construït:

<https://www.youtube.com/watch?v=xffVHj07Yps>

2.2.Construcció d'un motor de vapor de turbina.

2.2.1.Materials.

14 culleres de plàstic (culleres de sopa)



Culleres de plàstic

Un got de plàstic d'uns 12 centímetres d'alçada.



Got de plàstic

Un pot de desodorant o ambientador completament buit.



Pot d'ambientador

Un pal de brotxeta o una agulla de fer punt de fusta.



Agulla de fusta

Un retolador permanent.



Retolador

Un tros de porexpan de 9 x 9 x 3.



Porexpan

Una canyeta.



Canyeta

Una xeringa estàndard.



Xeringa de 10 ml

Una llauna de conserva.



Llauna de tonyina

Un tubet de 12 centímetres de llarg i 3 mm de diàmetre intern.



Tros d'antena de radio antiga

Cola de components d'alta temperatura.



Cola d'alta temperatura

Dos trossos d'uns 25 centímetres de fil ferro o coure.



Bobina de coure

Alcohol de cremar de 96 graus.



Alcohol de 96 graus

2.2.2.Eines.

Alicates.



Alicates estàndard

Tenalles de punta rodona.



Tenalles de punta rodona

Cúter.



Cúter

Serra.



Serra

Estisores.



Estisores

Tornavís pla i d'estrella. No importa la mida.



Tornavís

Ganivet.



Ganivet

Encendedor.



Encendedor

Tenalles normales.



Tenalles

Radial.

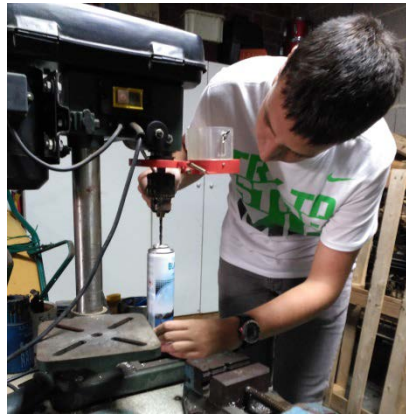


Radial circular

2.2.3.Procediment.

1. El primer pas que vaig de dur a terme va ser tallar el tros de tub que necessitava. Jo el vaig obtenir de l'antena d'una radio vella. Les mides són uns 12 centímetres de llarg i 2 mil·límetres de diàmetre interior. Per tallar l'antena vaig utilitzar una radial circular i vaig comptar amb l'ajuda i supervisió del meu pare.

2. A continuació vaig foradar el pot d'ambientador amb una broca del mateix diàmetre que el tubet que vaig extreure de l'antena. Abans d'això em vaig assegurar que el pot estava completament buit, ja que és molt inflamable i al foradar-lo podria explotar. Per fer-ho vaig utilitzar un trepant de peu.



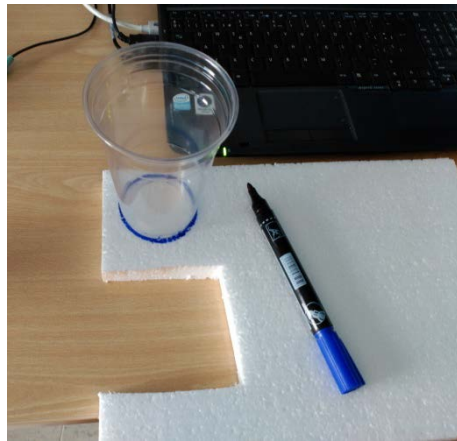
Foradant amb el trepant

3. Després vaig introduir el tubet dins del forat i encolar-lo. Cal que entri dins del pot uns 3 centímetres. És molt important que tot quedi segellat hermèticament i ben fort, ja que sinó s'escaparia el vapor i motor no tindria força. És per això que vaig utilitzar cola de components que resisteix altes temperatures, ja que, a més, per obtenir el vapor d'aigua necessitem treballar a temperatures molt altes. La cola de components està formada per dos pots diferents de cola, que es barregen abans de fer servir.



Posant la cola al voltant de l'antena

4. Com que havia d'esperar unes 5 hores a que s'assequés bé la cola, em vaig posar a construir la turbina. Aquesta, mitjançant el vapor d'aigua que surt per la boca del tubet, es mou i és la que ens permet obtenir un moviment rotatiu. Per començar vaig tallar el porexpan en forma de circumferència. Vaig aprofitar la forma circular del got per a marcar la circumferència i després, amb l'ajuda del cúter, vaig resseguir la forma.



Marcant la forma circular



Tallant el porexpan

5. Un cop vaig tenir la figura tallada, vaig agafar les culleres, els vaig fer una marca d'uns dos centímetres i mig des d'on acaba la forma rodona de la cullera i les vaig tallar. Per tallar-les vaig utilitzar una serra, però per fer els talls inicials em vaig ajudar d'un ganivet de serra.



Culleres marcades



Culleres tallades

6. Seguidament vaig fer 14 marques iguals en figura de porexpan i a cada marca hi vaig clavar una cullera. Per fer-ho, primer feia una mica de forat amb un tornavis pla i després, pressionant, clavava la cullera.



2 culleres clavades



4 culleres clavades



8 culleres clavades



Totes les culleres clavades

7. Quan vaig tenir totes les culleres clavades, amb l'ajut d'un tornavis estrella més fi que la canyeta i el pal de pinxo, vaig foradar la figura de porexpan pel centre. Un cop foradat, vaig introduir la canyeta i la vaig tallar, deixant uns 2 centímetres per cada costat.



Foradant el porexpan



La canyeta ja tallada

8. Amb la punta d'unes estisores vaig foradar el got per la part central de la base. El forat ha de ser de la mida del pal de brotxeta.

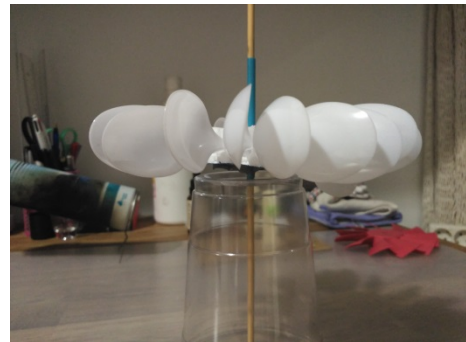


Foradant el got

9. Més tard, vaig haver de posar el pal de brotxeta dins la canyeta del porexpan i a la vegada el pal dins del forat del got. El pal ha d'entrar dins del got però la canyeta no.



Turbina per la part superior



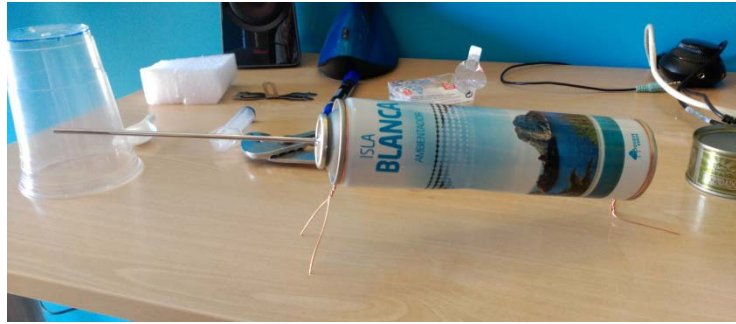
Posició de la turbina

10. Un cop la cola del pot d'ambientador estava ben seca, vaig posar-li potes al pot. Per fer-ho, vaig agafar un tros de filferro o fil de coure, el vaig posar a la part superior del pot i amb l'ajuda d'unes tenalles vaig cargolar els dos extrems. Va quedar així:



Potes superiors

11. Vaig fer el mateix amb l'altre tros de cable a la part inferior del pot i va quedar així.



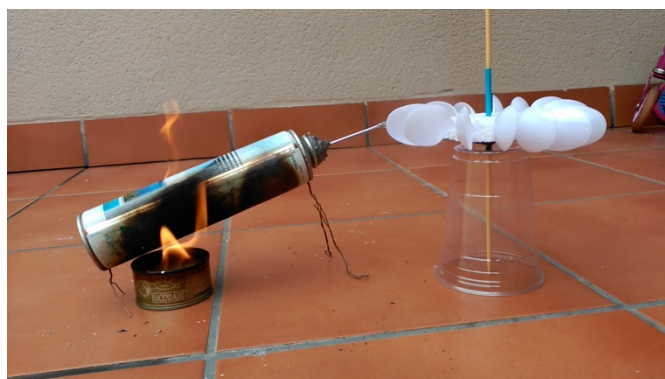
El pot amb les seves potes

12. Ja gairebé per acabar, vaig haver de regular el pot i la turbina de culleres, ja que el tubet ha d'estar a la mateixa alçada que les culleres. Per fer-ho podia: o tallar el got per sota o canviar-li les potes al pot i ficar-li unes de més llargues.



Posició final del motor

13. Finalment vaig agafar aigua amb la xeringa i la vaig introduir a dins del pot, a través del tubet. Amb dos xeringues n'hi ha prou. Després vaig emplenar la llauna de conserva amb alcohol de 96 graus i el vaig encendre amb l'encenedor. Vaig situar la llauna sota el pot i al cap d'uns minuts ja es va poder apreciar com sortia vapor d'aigua pel tubet. Tres minuts més tard el vapor d'aigua ja feia girar la turbina.



Motor de vapor acabat

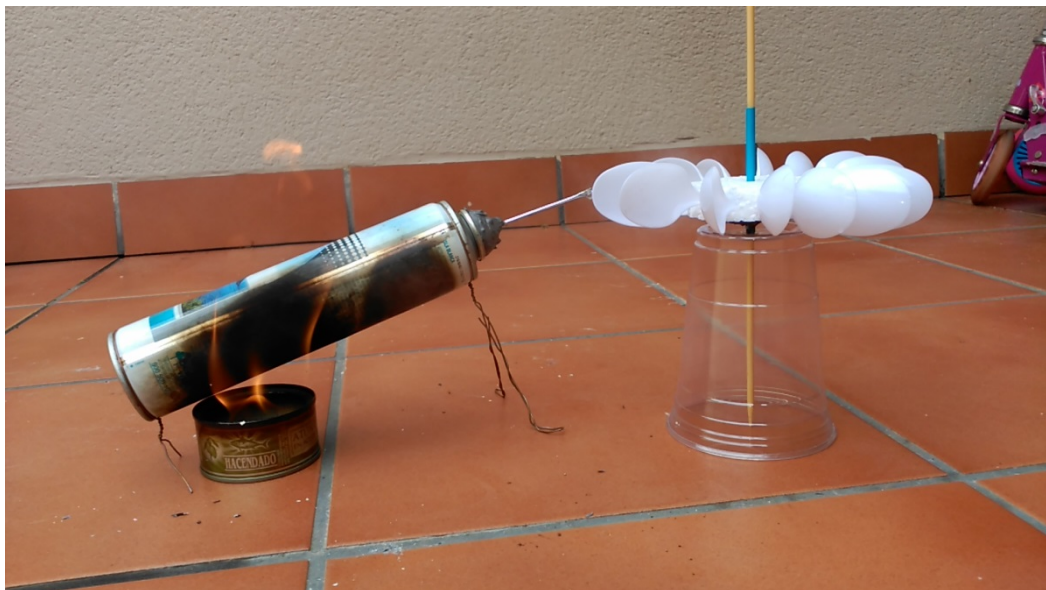
2.2.4.Funcionament.

Aquest motor, al ser un motor de vapor que funciona sense pistó i no té cap mecanisme de seguretat degut a la seva senzillesa, té un funcionament molt simple.

Al aplicar foc sota el pot d'ambientador, aquest s'escalfa i per tant, l'aigua que hi ha en el seu interior, també ho fa. Quan l'aigua arriba a la seva temperatura d'ebullició, s'evapora, i com que només hi ha una sortida d'escapament en el pot, aquest vapor es veu obligat a sortir pel tubet a molta pressió.

A pocs centímetres de la sortida del tubet, es troba la turbina feta per culleres. Així doncs, quan el vapor surt a alta pressió, fa girar la turbina de culleres, aconseguint així un moviment rotatori.

Per aprofitar aquest moviment, podríem posar una politja al pal de brotxeta connectada, a través d'una corretja, a una altra politja més petita. Així aquesta segona politja tindria més velocitat angular.



Motor de vapor acabat

2.2.5.Observacions.

- **El preu de construcció del motor és d'uns 36 cèntims**, ja que l'única cosa que vaig haver de comprar van ser els dos trossos de filferro. Jo els vaig treure de la bobina de 7 metres de fil de coure que vaig comprar per a la construcció de l'altre motor, que hem va costar 4,13 € i que per tant, els 60 centímetres que necessitava m'han costat 36 cèntims.
- El pot de desodorant o ambientador que s'utilitza com a recipient on s'escalfa l'aigua, pot ser de la mida que es vulgui. Jo he vist vídeos que utilitzen pots força petits, però com que jo volia que el meu motor tingués més capacitat d'aigua i més força, vaig utilitzar un pot una mica més gran, en aquest cas un pot d'ambientador del Mercadona.
- Com a combustible, jo vaig utilitzar una llauna de conserva amb alcohol a dins i vaig encendre l'alcohol. Com que aquest és inflamable mantenia una flama força constant sobre el pot. Però també es poden utilitzar altres coses, com un tap metàl·lic en comptes de la llauna o oli de cremar en comptes d'alcohol. He pensat que també es pot utilitzar una espelma i és possible que per a la presentació dels motors n'utilitzi alguna, ja que són més segures que l'alcohol.
- Com ja he explicat a l'apartat de materials, com a eix de la turbina jo vaig utilitzar una agulla de fer punt de fusta, però també és pot fer servir un pal de brotxeta, un tors de tubet de la mateixa antena,...
- Per a la base del pot d'ambientador vaig utilitzar dos trossos de 30 centímetres de fil de coure. Però he estat pensant i si tinc temps abans de la presentació, faré una base de fusta o ferro més bona i resistent, ja que al tractar-se de fil de 1 mil·límetre no és gaire resistent.
- Una de les dificultats que em vaig trobar va ser a l'hora de fer la turbina. Un cop ja tenia totes les culleres clavades correctament en el porexpan, vaig fer el forat amb la mateixa agulla de punt i després hi vaig posar la canyeta i la vaig tallar. El problema era que quan la canyeta estava dos o tres dies dins del porexpan, el forat és feia una mica més gran i després la canyeta queia. Al final, un dels remeis que vaig trobar va ser posar una mica de cola al voltant de la canyeta per així aguantar el porexpan.

Això li va donar rigidesa, però no li podia aplicar molta força, perquè sinó, al tractar-se de porexpan, les boletes es deixaven anar, queien i també es deixava anar la canyeta.

- L'altra dificultat que vaig trobar va ser al introduir aigua dins del pot amb la xeringa. Les xeringues que tenia tenien la boca més gran que el tubet, i per tant era difícil injectar-li l'aigua. Després vaig pensar en submergir el pot dins la banyera, però aquest feia el buit i no entrava aigua a dins. Vaig pensar en foradar-lo perquè no fes el buit, però no podia fer-ho perquè sinó el pot ja no seria hermètic i el vapor sortiria per on no tocava. Finalment em vaig posar aigua a la boca i bufant aigua dins del tubet vaig aconseguir introduir-hi aigua. Queda pendent un altre sistema per a injectar aigua dins del pot. He pensat que aniré a l'hospital, on treballa una amiga de la meva mare, per si em pot donar una xeringa d'aquelles tant primes de les vacunes. D'aquesta manera, com que tenen aquella agulla tan prima podré introduir l'aigua sense cap problema.
- Un consell que us dono és que aneu amb compte amb les culleres de plàstic, ja que són molt fràgils. Sense voler jo en vaig trencar una mica, però no altera per a res el funcionament de la turbina.
- En conclusió, aquest motor no és gaire difícil de fer. Simplement heu de tenir paciència a l'hora de fer la turbina i clavar les culleres. A més no és gaire llarg de fer. Amb unes tres horettes vaig construir el motor. Això sí, sense contar les hores que necessita la cola de components per assecar-se.

2.2.6.El meu motor de vapor.

A continuació us deixo l'enllaç de *youtube* del motor de vapor que he construït:

<https://www.youtube.com/watch?v=HrFju1gKvpA>

2.3.Construcció d'un motor elèctric de CC i CA.

2.3.1.Materials.

Dos trossos de material ferromagnètic o imant de de 2,5 centímetres de llargada i 1 centímetre de diàmetre amplada.



Dos trossos de material ferromagnètic

Un pal de brotxeta o una agulla de fer punt de fusta.



Agulla de fer punt de fusta

Dos pals de metge o de gelat.



Dos pals de metge

Dos femelles o peces de penja-robes per fer de tope.



Peces de penja-robes

Una pila de 9 volts o un transformador de 12 volts.



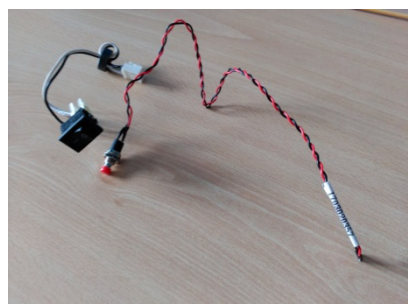
Pila de 9 v i transformador de 12 v

Dos trossos de cable elèctric d'uns 15 centímetres.



Cable elèctric

Un pulsador o un interruptor.



Pulsador i interruptor

Dos imants d'uns 6-7 centímetres de diàmetre.



Imant de 7 centímetres de diàmetre

Cinta aïllant o americana.



Cinta aïllant

Làmina de fusta de 17 centímetres de llarg i 9 d'ample com a mínim.



Làmina de fusta

Broques de trepant.



Broques de trepant

12 metres de fil de coure de 0,5 mil·límetres. Si és més gruixut o més prim en necessitaràs més o menys.



Bobines de coure de motor elèctric vell amb ferros



Bobines de fil de coure

Barres de cola per a pistola.



Barra de cola

Làmina metàl·lica conductora d'electricitat.



Làmina conductora d'electricitat

2.3.2.Eines.

Serra elèctrica. Jo he utilitzat una Dremel.



Serra circular

Soldador elèctric.



Soldador elèctric

Pistola de cola calenta.



Pistola de cola

Martell.



Martell

Trepant o barrina.



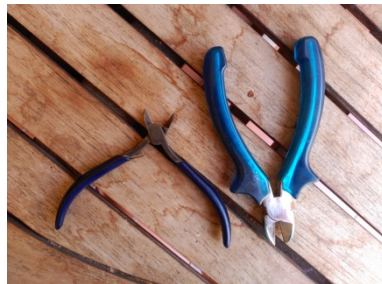
Trepant elèctric

Llima o raspa.



Llima

Alicates.



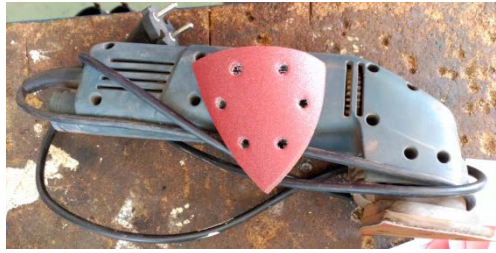
Alicates

Tenalles.



Tenalles

Polidora elèctrica.



Polidora elèctrica

Peu de rei, regle o metro.



Peu de rei

2.3.3.Procediment.

1. Un cop vaig tenir tots el material necessari, el primer que vaig fer va ser marcar en la làmina de fusta un rectangle de 17 centímetres de llarg i 9 d'ample i després el vaig tallar. Vaig aprofitar i també vaig tallar els dos pals de metge, amb una llargada de 7 centímetres. Per fer-ho, vaig utilitzar una serra elèctrica del tipus Dremel, ja que és la que tinc a casa, però qualsevol serra ens pot ser útil, fins i tot una serrà de mà.



Tot marcat



Tallant la làmina de fusta



Tallant els pals de metge



Tot tallat

2. Un cop ho vaig tenir tot tallat, vaig agafar la llima i la vaig passar per tots els voltants, per assegurar-me de que quedaven tots els costats ben rectes.

3. Després, a uns dos centímetres de la punta rodona de cadascun dels trossos de pal de metge vaig marcar-hi un punt. Tot seguit, amb el trepant elèctric, vaig foradar els pals pels punts corresponents. La broca utilitzada ha de ser una mica més gran que el pal de brotxeta o l'agulla de punt de fusta.

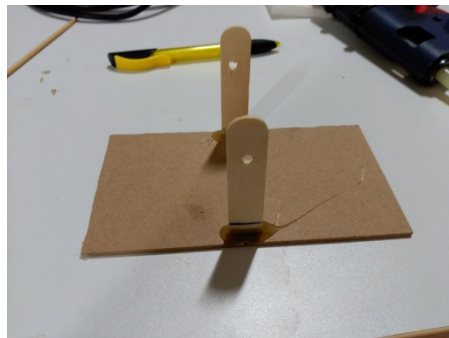


Pals foradats amb el trepant.

4. Quan vaig acabar, vaig marcar en la base de fusta rectangular els dos llocs on havien d'anar enganxats els pals de fusta. Estan situats a uns 0,5 mil·límetres dels costats llargs i per la part central. Un cop marcats, amb la pistola de cola els vaig enganxar. Vaig comprovar una vegada i una altra que quedessin ben rectes i alineat, ja que sinó el pal no giraria correctament.



Esperant a que la pistola s'escalfés

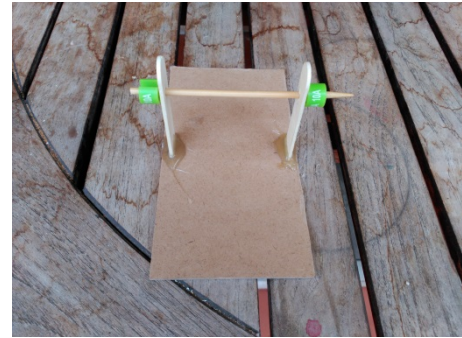


Els pals enganxats

5. Vaig deixar la cola assecar una estona, 5 minuts aproximadament. Més tard, vaig agafar el pal de fusta i el vaig passar per tots dos forats. Quan vaig veure que estava col·locat correctament, vaig fer dues marques en el pal a uns dos centímetres de cada pal de metge i amb la serra elèctrica vaig tallar el pal. A continuació, vaig tornar a passar el pal pels forats, i li vaig introduir uns "topes". Aquests "topes" que jo he utilitzat són dos peces de penja-robes que indiquen la talla de la peça penjada a les botigues, però també és poden utilitzar dues femelles o altres coses. La única cosa que han de complir és que no deixin que el pal s'escapi.

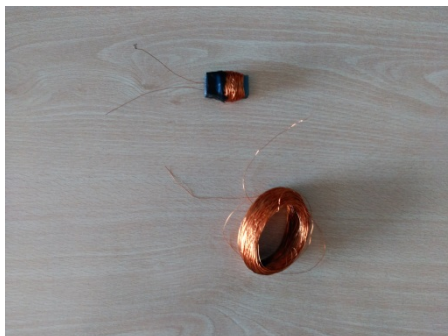


Agulla de fusta tallada



Pal amb "topes"

5. Quan vaig tenir tota la estructura muntada, vaig passar a fer la part elèctrica del motor. Per fer el rotor del meu motor, vaig agafar el fil de coure de les bobines i el vaig enrotllar sobre els dos trossos de material ferromagnètic. Si el fil de coure que tenim és de 0,5 mil·límetres hem de fer 180 voltes, però com que en el meu cas era de 0,1 mil·límetre, vaig donar 300 voltes. És important que tinguem presents quin és l'extrem de fil del principi i quin és el del final. Per fer-ho, jo vaig fer una petita bola en la punta de l'extrem del principi. Per a que l'extrem final no es deixés anar, vaig donar una volta de cinta aïllant al voltant del fil de cada imant.



Primer rotor acabat

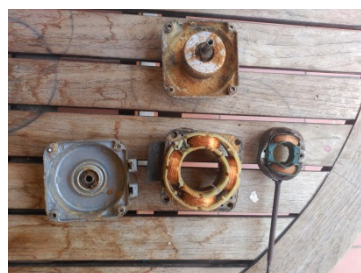


Segon rotor acabat

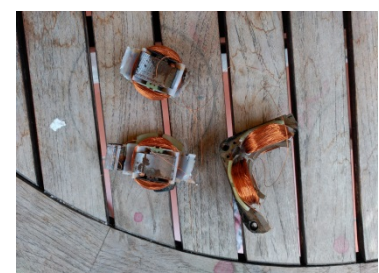
Per aconseguir el fil de coure reciclat, vaig agafar un molí de vent antic que tenia a casa la meua àvia. Com que aquest tenia un motor elèctric que produïa llum, el vaig desmuntar i vaig aprofitar el fil de coure.



Molí de vent antic

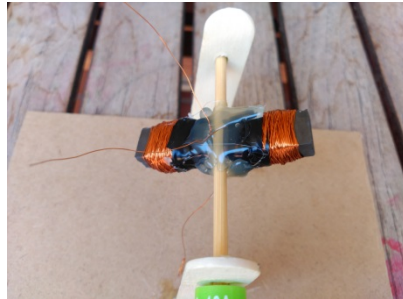


Molí desmuntat



Bobines de fil de coure

7. Després de tenir els rotors enrotllats, els vaig enganxar amb la pistola de cola calenta al mal de brotxeta per la part central. Els dos extrems del principi han de quedar alineats, és a dir, a la part superior o a la inferior tots dos.



Rotors enganxats



Rotors enganxats

8. Un cop vaig tenir el rotor construït i enganxat, vaig passar a fer el col·lector. Per a fer-ho, vaig agafar dos trossos de làmina conductora d'electricitat de 0,5 centímetres de llargada i 1,5 d'amplada, que en el meu cas era acer, i li vaig donar forma de mitja lluna amb l'ajuda de l'agulla de punt sobrant i unes tenalles.



1 mitja lluna feta

9. Després, vaig soldar un tros de cable elèctric d'uns 5 centímetres de llarg a cada un dels trossos de làmina. Quan vaig acabar, vaig enganxar els dos trossos de làmina a l'agulla de punt, amb el cable elèctric mirant els rotors i els rotors en posició vertical. Els trossos han d'estar oposats 180 graus i és molt important que no es toquin entre ells.



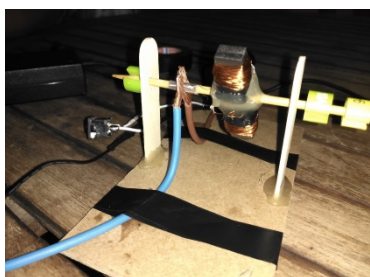
Les dos làmines enganxades

10. Seguidament vaig unir els dos extrems dels cables d'inici dels rotors. També vaig soldar els extrems finals dels rotors amb els cables elèctrics dels col·lectors.

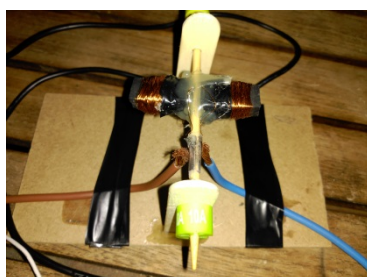


Els cables soldats

11. Per a fer les escombretes del motor, vaig utilitzar dos trossos de làmina conductora de 12 centímetres de llarg i 1,5 centímetres d'amplada. Sobre cadascun d'aquests, vaig soldar un tros de cable elèctric pelat, i tot seguit els vaig enganxar a la base de fusta de la següent manera. És molt important que els extrems de la làmina toquin i facin contacte amb els col·lectors. Al final no em va funcionar i vaig decidir agafar dos trossos de cable gruixut, pelar-los i connectar-los directament a les delgues.



Vista perfil de les escombretes



Vista alçada de les escombretes



Vista planta de les escombretes

12. Per finalitzar, vaig agafar els altres dos extrems dels cables gruixuts i els vaig unir als cables del transformador. D'aquesta manera vaig aconseguir un voltatge de 12 vols.



Motor elèctric acabat

2.3.4.Funcionament.

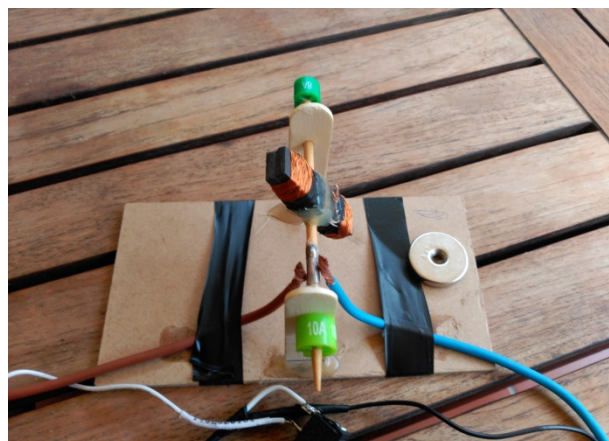
El motor elèctric que vaig construir té un funcionament molt senzill, tot i semblar sofisticat i tenir un procediment una mica llarg i complicat.

Tal com vam explicar en el cos del treball, els motor elèctrics aprofiten la força electromagnètica dels imants, és a dir, el camp magnètic i l'energia elèctrica per a convertir-la en energia mecànica.

En aquest cas, el camp magnètic està format pels dos imants del motor i els dos imants més grossos que posem a la base de fusta. Pel que fa a l'energia elèctrica, l'extraiem de la pila de 9 volts o del transformador de 12 volts.

Un cop explicada aquesta breu introducció, anem a parlar del funcionament del motor. L'energia elèctrica, procedent de la pila o del transformador, arriba a les escombretes, que són les dues làmines que trobem enganxades a la base de fusta i que tenen forma de L. Aquestes làmines, com que estan en contacte amb les altres dues làmines amb forma de mitja lluna que formen el col·lector, transmeten l'electricitat a aquest últim. Del col·lector surten dos cables connectats al fil de coure que es troba enrotllat en el rotor. D'aquesta manera, l'electricitat que circula pel fil de coure del rotor es troba enmig del camp magnètic i amb un petit impuls el motor ja comença a girar.

Així doncs, el resultat final del motor és un moviment rotatiu corresponent a l'eix de fusta. Tal com vam dir en el motor de vapor, en el eix d'aquest motor també se li podria posar una politja i mitjançant una transmissió per corretja podríem transformar aquest moviment.



Motor elèctric acabat

2.3.5.Observacions.

- **El cost de construcció d'aquest motor ha sigut de 0 €** No vaig haver de comprar cap material, tots els que vaig utilitzar eren reciclats.
- La làmina de fusta que vaig utilitzar com a base del motor la vaig extreure de la fusteria del meu tiet. Però si el teu tiet no té una fusteria, en qualsevol deixalleria et deixen agafar un tros de làmina de fusta.
- Els dos pals de metge els vaig obtenir gràcies a l'ajuda d'una amiga de la meva mare que treballa a l'hospital.
- L'eix de fusta consisteix en una agulla de fer punt de fusta de la meva àvia.
- El material ferromagnètic del rotor el vaig trobar al garatge de casa el meu pare, però hi ha molt aparells antics que utilitzen imants, com per exemple una radio amb selector de banda.
- El fil de coure, com ja vaig explicar, el vaig extreure d'un molí de vent antic que hi havia a casa la meva àvia. Aquest, en el seu interior, contenia un motor elèctric que feia llum, i com que ja no funcionava, vaig agafar el fil. L'home del vídeo que em va ajudar a fer el treball utilitzava fil de 0,5 mil·límetres, però com que no en trobava enlloc, vaig decidir fer servir el de 0,1 mil·límetres del molí.
- La làmina conductora d'electricitat em va costar força trobar la ideal, ja que n'hi havia que no eren prou mal·leables i no les podia doblegar per aconseguir la forma de mitja lluna, o no hi podia soldar a sobre amb el soldador d'estany,...Finalment en vaig trobar una que complia totes les necessitats.
- La pila és reciclable, per tant no és tan contaminant.
- El transformador que vaig utilitzar és un transformador de 12 volts que vaig reciclar d'un portàtil vell que no funcionava.
- Els dos imants grossos que es troben en la base de fusta me'ls va deixar un amic que és molt manetes i en té de diferents mides .
- Segons com posem els imants grossos, el motor girar a més velocitat o a menys. Vaig observar que el motor gira a més velocitat quan les dos cares que s'atrauen es troben completament en paral·lel amb el rotor, però el motor gira fins i tot amb un sol imant.

- Una de les majors dificultats que vaig tenir va ser a l'hora de trobar el fil de coure de 0,5 mil·límetres. Vaig anar a moltes ferreteries, com: el Bauhaus, Metalco, Saltoki, Ferreteria Puig, Electrònica BF, Gersal, Can Manetes, Zeners i Servei Estació, però tot i així no en vaig trobar.
- Una altra dificultat va ser la làmina conductora d'electricitat. Vaig provar amb una de més gruixuda que vaig anar polint fins a fer-la prima però després no es podia soldar. També vaig provar amb l'envoltori metàl·lic d'una espelma xata, que anava bé perquè era molt prim, però tampoc es podia soldar. Finalment vaig trobar una xapa prima d'acer galvanitzat que vaig polir per treure la capa protectora.
- La resta no va ser de gaire dificultat. La base de pals de metge i l'eix va ser fàcil de fer, el rotor va ser tenir paciència, ja que donar 300 voltes amb un fil tant prim era una mica pesat, i les escombretes no tenen secret.
- Si hagés trobat tots els materials a la primera, les hores dedicades al motor haurien sigut d'unes 5-6 hores. Però al no trobar el fil de coure ni la làmina conductora per enlloc, el temps es va allargar a una 5-6 dies.
- En conclusió, aquest motor no és gaire difícil ni llarg de fer si trobes tots els materials adequats. Sinó els trobes sí que és complicat. Haig d'admetre que va haver-hi estones que em vaig posar molt nerviós, sobretot quan no trobava el fil de coure enlloc, ni tampoc la làmina conductora. Però finalment ho vaig aconseguir, en part gràcies al meu padrastre Jordi.

2.3.6.El meu motor elèctric sofisticat.

A continuació us deixo l'enllaç de *youtube* del motor elèctric sofisticat que he construït:

<https://www.youtube.com/watch?v=c2ckdr-LcPw>

2.4.Construcció d'un motor Stirling de tipus Alfa.

2.4.1.Materials.

Una cafetera o tetera d'èmbol



Cafetera d'èmbol

Una llauna de refresc de 0,33 centilitres. Ha de ser d'aquestes altes i primes, sinó pot ser que no ens vagi bé.



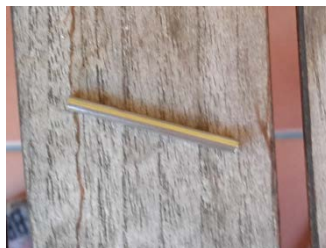
Llauna de Coca Cola

Dos radis de bicicleta.



Radi de bici

Tubet metàl·lic de 3 mil·límetres de diàmetre exterior i 2 mil·límetres de diàmetre interior.



Tubet metàl·lic

Tub d'acer de 55 mil·límetres de llarg, 23 mil·límetres de diàmetre extern i 20 mil·límetres de diàmetre intern. Així doncs, la paret té un gruix de 1,5 mil·límetres.



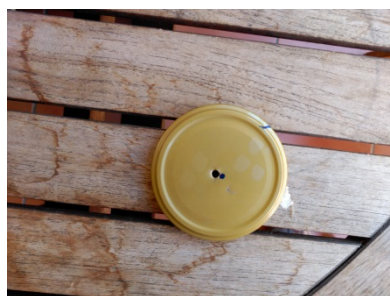
Tub d'acer

Cilindre de tefló de 19 mil·límetres de llarg i 20 centímetres de diàmetre.



Cilindre de tefló

Tapa de pot de conserva.



Tapa de pot de conserva

2 pals de brotxeta.



Pals de brotxeta

4 terminals d'electrònica rodons.



Terminals rodons

Làmina de fusta de 30 x 30 centímetres.



Làmina de fusta

Dos suports de CD's.



Suports de CD's.

Un ganxo metàl·lic petit, d'uns 2 centímetres.



Ganxo metàl·lic

2 CD's.



CD's

Cola de dos components d'alta temperatura.



Cola de dos components

Silicona d'alta temperatura.



Silicona amb la seva pistola

2 Femelles grosses.



Una de les femelles grosses

2 cargols i 2 femelles de mètric 5.



Cargols i femelles mètric 5

6 volanderes petites que entrin dins del radi de bici.



Volanderes

2.4.2.Eines.

Tenalles.



Tenalles

Serra.



Serra

Martell



Martell

Trepant elèctric.



Trepant elèctric

Escaire.



Escaire

Peu de rei.



Peu de rei

Raspa o llima.



Llima

Clau anglesa.



Clau anglesa

Pistola de silicona.



Pistola de silicona

Radial.



Radial agafada a un cargol de banc

Trepant de peu.



Trepant de peu

Serra elèctrica del tipus dremel.



Serra dremel

2.4.3.Procediment.

1.Un cop vaig comprovar que tenia tots els materials necessaris, el primer que vaig fer va ser desmuntar la cafetera d'èmbol. Li vaig treure la nansa i també la part metàl·lica del cul. Amb això, vaig aconseguir obtenir el pot de vidre que fa de cilindre desplaçador del motor. La part metàl·lica del cul la vaig aprofitar més tard com a suport del motor i la nansa la vaig guardar per si algun dia la necessitava per a fer algun altre invent.

2. Per a fer el pistó desplaçador, vaig utilitzar una llauna de refresc, ja que al ser d'alumini pesa molt poc. Aquest pistó, va allotjat dins del cilindre desplaçador. Un detall molt important és que, a diferència d'un motor d'explosió, aquest pistó no comprimeix l'aire, sinó que el desplaça d'un extrem a l'altre del cilindre segons aquest pistó pugui o baixi. És per això que no ha d'entrar ajustat a les parets del cilindre, és a dir, s'ha de deixar un espai de pocs mil·límetres entre el pistó i les parets del cilindre. Les mesures d'aquest pistó són crítiques en el disseny d'un Stirling: ha d'ocupar uns 2/3 del cilindre. Per a aquesta cafetera, una llauna de refresc té el gruix adequat, però en canvi és massa llarga.

Així doncs, el primer que vaig fer va ser fer una marca a la llauna a 70 mil·límetres des de la part de baix. Per aquesta marca havia de retallar la llauna, però com que necessitava un tall molt recte, el que vaig fer va ser donar una volta de cinta aïllant al voltant de la llauna a l'alçada de la marca. Després vaig retallar amb unes tisores seguint el costat de la cinta, i un cop la llauna tallada en dos trossos, vaig fer dos forats de 3 mil·límetres a la llauna. Un va ser just al cul del tros gran de llauna i l'altre al centre de la tapa de la part més petita.



Llauna tallada per la meitat



Llauna amb dos forats

3.A continuació, vaig agafar el tros de llauna petit i el vaig retallar just pel nervi que fa la llauna més estreta. Aquí una foto d'exemple:



Llauna retallada pel nervi

4. Tot seguit, vaig agafar aquesta part retallada, li vaig donar la volta i la vaig posar sobre la part gran. Acte seguit vaig agafar la cola de dos components i vaig segellar molt bé la tapa amb la llauna, ja que el pistó ha d'estar tancat hermèticament. Vaig posar cola per tots els laterals. També vaig tapar la ranura per on surt el líquid del refresc, però s'ha d'anar amb compte de no tapar els dos forats que vam fer.



Tapa girada boca baix



Tapa i llauna segellades completament

5.Més tard vaig agafar un dels radis de bici i el vaig passar pels dos forats que havia fet a la llauna. La part corba del final del radi, ha de quedar en el cul de la llauna, és a dir, que quan la llauna està dreta no l'hem de veure. A continuació vaig posar cola de dos components en els dos forats, per així segellar bé la llauna.



Forat superior segellat



Forat inferior segellat

6. Un cop vaig tenir fet el cilindre desplaçador, vaig passar a fer la tapa del cilindre desplaçador i els seus mecanitzats corresponents. Primer vaig agafar la tapa del pot de conserva i li vaig fer una marca en el centre amb un retolador permanent. S'ha d'anar amb molt de compte a l'hora de fer la marc, ja que trobar el centre d'una circumferència és més difícil del que sembla, ja que et pots equivocar de pocs mil·límetres. Acte seguit, amb l'ajuda del trepant de peu, vaig fer un forat just sobre la marca amb una broca de 3 mil·límetres.



Forat en el centre de la tapa

7. Tot seguit, a uns dos centímetres o dos centímetres i mig del forat, vaig fer una marca amb el mateix retolador. Per saber si és una mesura o una altra, s'ha d'agafar el cilindre metàl·lic de 55 mil·límetres de llargada i s'ha de posar al màxim a la dreta possible però sense que quedi sobre cap rebava. Un cop vaig comprovar que el tub no quedava sobre cap rebava, vaig fer la marca i amb l'ajuda del mateix trepant de peu i amb una broca de 10 mil·límetres vaig fer un altre forat, però ara sobre l'altra marca. En realitat, aquest forat pot ser de 6 a 12 mil·límetres, però recomano fer el forat d'un diàmetre inferior al cilindre de tefló, ja que sinó podria caure dins del pot.



Exemple de com ha de quedar el tub



Segona marca feta

8. Un cop vaig tenir els dos forats fets, vaig agafar el tub primet, li vaig fer una marca a uns 3 mil·límetres d'un dels extrems i el vaig passar pel forat petit. La marca ha de quedar a l'alçada de la tapa.

Respecte la marca feta, el tros petit ha de quedar per la part de sota de la tapa, és a dir, la que no és visible si es mira des de dalt, i la part més llarga ha de quedar per la part visible. Després de comprovar la posició del tub, el vaig enganxar a la tapa amb la cola de dos components. Primer el vaig fer per la part superior de la tapa, i més tard per la inferior. El forat ha de quedar ben segellat. Aquest tubet és el que fa de guia de l'eix desplaçador.



Tubet enganxat

9. A continuació vaig agafar el cilindre d'acer gros i el vaig col·locar sobre el forat de 10 mil·límetres. Acte seguit vaig agafar la cola de dos components i vaig enganxar el tub a la tapa. Aquest tub d'acer és el que fa de cilindre de potència o de força, el que realment fa el treball útil del motor, conjuntament amb el pistó de força. Aquest cilindre també es pot fer en coure, alumini,... però l'avantatge de l'acer inoxidable és que, al no oxidar-se, no té variacions dimensionals ni les seves parets es tornen rugoses.



Tub d'acer enganxat

10. Al cap d'una estona, vaig agafar el cilindre de tefló i li vaig fer un marca en el centre. Amb l'ajuda d'un punxó, vaig iniciar un petit forat en la marca central.

Després, vaig agafar el ganxo metàl·lic i, com que una part d'ell és cargolada, vaig cargolar el ganxo en el forat iniciat pel punxó. Al ser de tefló, no va mostrar gaire resistència, i amb les pròpies mans vaig poder cargolar, fins que es va acabar la part cargolada. Aquest cilindre de tefló és el que va allotjat fins del tub d'acer i el que fa de pistó de força. Conjuntament amb el cilindre de força, és el que realitza el treball útil en el motor, gràcies a les cíclics variacions de pressió que es duen a terme dins del cilindre desplaçador.



Pistó amb ganxo

11. Un cop va estar fets tots els mecanitzats de la tapa del cilindre desplaçador, vaig fer passar el radi de bici per dins del tubet petit i vaig col·locar la tapa sobre el pot transparent, procurant que quedés centrada sobre el pot i vigilant que el cilindre desplaçador no toqués cap de les parets, és a dir, que tingués un parell de mil·límetres per cada costat respecte el pot de vidre. Quan va estar tot ben col·locat, ho vaig invertir tot 180 graus, és a dir, ho vaig posar boca en baix i sobre un suport, que en el mes cas era un pot per posar bolígrafs. Després de mirar que tot estava ben centrat, vaig agafar la cola de components i vaig ficar quatre punts de cola sobre els costats laterals del pot transparent que feien contacte amb la tapa. Només vaig ficar quatre punts perquè, si en un futur tenia un problema, amb només quatre punts i molta força podria desenganxar-ho, però si poses molts punts, no hi hauria manera. Després de deixar que la cola fes la seva funció, vaig agafar la silicona d'alta temperatura i vaig envoltar tota la tapa i el pot de silicona, ja que el pot havia de quedar completament tancat hermèticament.

Per què d'alta temperatura? Doncs per la mateixa raó que la cola de components: en aquests llocs es treballa a temperatures molt altes, i si féssim servir coles i silicones "normals", es desfarien i no complirien la seva funció.



La cola de contacte fent la seva funció



Tot ben segellat



Tot ben segellat

12. Quan van passar unes hores, vaig agafar el radi de bicicleta que sobresortia una mica i a uns dos mil·límetres per sobre del tubet li vaig fer una marca. A continuació, amb l'ajuda d'unes tenalles, vaig doblegar el radi 90 graus per la marca que havia fet, i uns dos centímetres després de la corva i amb l'ajuda de la serra dremel i el disc per a ferro, vaig tallar el radi.



Radi tallat i doblegat

13. Més tard, vaig agafar la fullola de fusta i vaig dibuixar dos rectangles de 12 centímetres de llarg i 6,5 d'amplada. També vaig dibuixar un rectangle de 10 centímetres de llarg i 6,5 centímetres d'amplada, però aquest, en el seu interior, també hi tenia un rectangle de 4 centímetres de llargada i 3,5 centímetres d'amplada a 1 centímetre d'un dels costats curts i també a 1 centímetre de cada costat llarg. Aquest rectangle permetrà passar l'eix del desplaçador i el cilindre de potència.

Poso una foto d'exemple, però la foto és del següent pas, quan tallem els rectangles.



Fustes tallades i marcades

14. Tot seguit, vaig agafar la serra de mà i vaig tallar els tres triangles. Per a fer els talls del rectangle interior vaig utilitzar la serra dremel amb el disc per a fusta.



Tots els talls fets

15. A continuació vaig agafar la llima i vaig llimar tots els costats, perquè quedessin llisos i tots iguals.



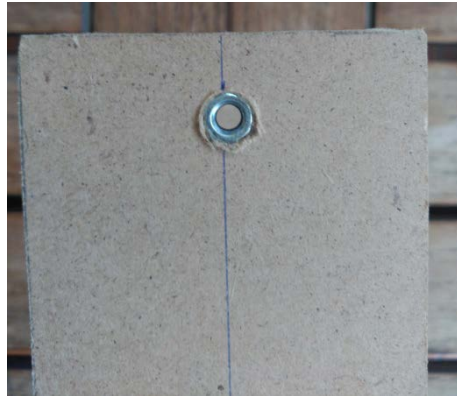
Fustes amb els costats llimats

16. Més tard, just al centre dels dos rectangles grans i a 1,5 centímetres d'un dels costats curts, vaig fer un forat amb una broca de 5 mil·límetres.



Rectangles grans foradats

17. Després, vaig agafar una femella, li vaig ficar cola normal pels costats del voltant i amb l'ajuda d'un martell la vaig embotir dins del forat que havia fet en el rectangle de fusta. Vaig fer el mateix amb l'altra. Tot i semblar una tonteria, aquestes femelles fan de rodaments improvisats, i van molt bé perquè el cigonyal, al ser d'acer, gira millor sobre les femelles metàl·liques que sobre la fusta.

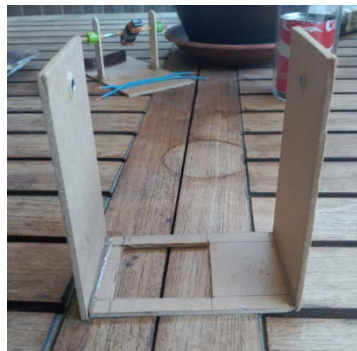


Femella embotida



Femella embotida

18. Un cop vaig tenir les dues femelles en el seu lloc, vaig agafar la cola "normal", però també m'hagués anat bé la de dos components, i vaig enganxar les tres fustes tot formant una U, amb les dos fustes grans posades verticalment i amb les femelles a dalt, i la fusta amb el rectangle intern a la part inferior.



Fustes enganxades en forma de U

19. Al cap d'una estona i després de comprovar que les fustes estaven ben enganxades, les vaig agafar i vaig enganxar la fusta de baix amb la tapa del cilindre desplaçador, amb el rectangle interior vorejant el cilindre de potència i la guia de l'eix desplaçador.

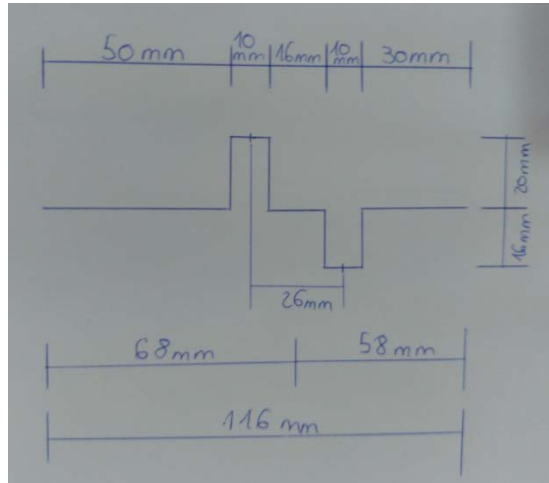


Base de fusta enganxada

20. Per a la construcció del cigonyal vaig utilitzar el segon radi de bici, que té rigidesa més que suficient i és molt fàcil de treballar. Li vaig fer dos colzes: un per al pistó desplaçador i un altre per al pistó de força, però aquest desfasat 90 graus. Abans de fer qualsevol cosa però, vaig fer dos croquis de la forma que havia de tenir el cigonyal i de les mides corresponents. En el primer croquis apareixen totes les mides i els plecs del cigonyal. Aquestes mides no estan triades a l'atzar, sinó que vaig agafar un escaire i un escalímetre i les vaig mesurar sobre el propi motor Stirling. Tres són les mesures importants en el cigonyal:

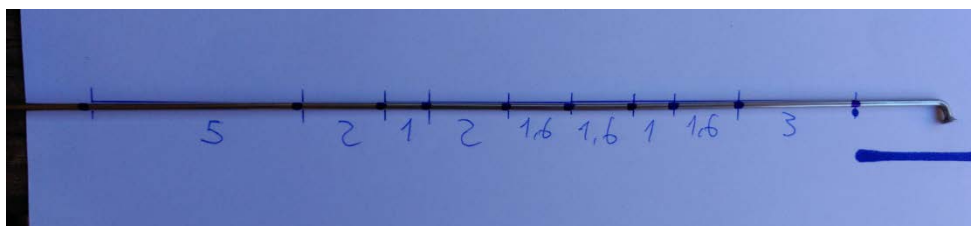
- **Llarg del cigonyal:** S'han de deixar sobresortir uns mil·límetres per a posar els suports de CD. Així doncs, la llargada inicial del meu cigonyal era de 116 mil·límetres, però ja veurem més tard que vaig haver de tallar.
- **Distància entre els colzes:** Equival a la distància entre els dos cilindres. Cada colze ha d'estar sobre la seva biela.
- **Alçada de cada colze:** Ha de ser la mitat de la carrera de cadascun dels cilindres. El cilindre desplaçador té una carrera de 50 mil·límetres, però hi ha 5 mil·límetres en el tope superior i l'inferior. Queden doncs, 40 mil·límetres. Així que donarem la mitat, 20 mil·límetres, com a longitud del colze. El mateix per al colze del pistó de força, excepte que la carrera és de 32 mil·límetres, així que el colze tindrà 16 mil·límetres de longitud.

Com ara veurem a la foto, en el croquis els colzes estan dibuixats oposats 180 graus, tot i que en la realitat només estan desfasats 90, però no sabia com dibuixar-ho. A més, vull argumentar que la foto següent és d'una mida considerable degut a que s'han de veure les longituds.



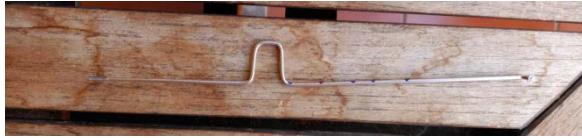
Croquis dels plecs i les longituds

21. En el segon croquis, el que vaig fer va ser agafar totes les longituds i posar-les en horitzontal, sobre una línia recta, i a cada lloc on es doblegava el cigonyal li vaig fer un punt (en la foto queda més clar). D'aquesta manera vaig aconseguir no liar-me tant amb les mesures. Acte seguit, vaig agafar el radi de bici i el vaig posar centrat sobre la línia recta horitzontal. Vaig agafar un retolador, i a cada punt que hi havia en el croquis hi vaig dibuixar també un punt sobre el radi.



Tots els punts de doblec marcats

22. Un cop vaig tenir marcats en el radi tots els punts on havia de doblegar-lo, vaig agafar les tenalles i la clau anglesa i vaig donar-li la forma adequada al cigonyal. Aquesta activitat és recomanable fer-la amb un cargol de banc en comptes d'una clau anglesa, però com que no en tenia cap a mà, vaig buscar un altre recurs.

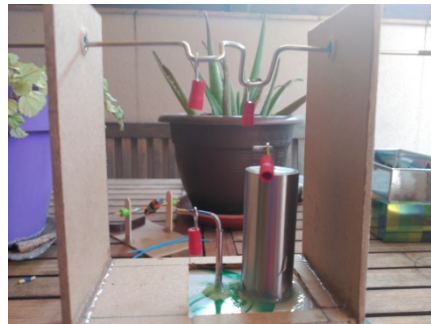


Un coll de cigonyal fet



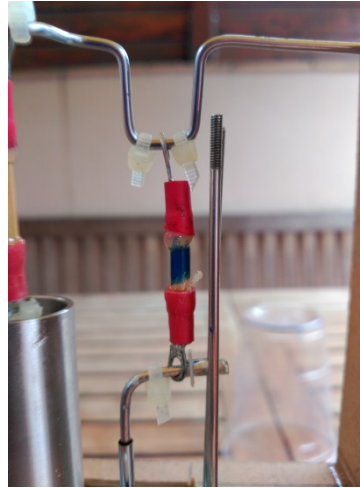
El cigonyal acabat

23. Després d'haver fet dos cigonyals més, vaig agafar els quatre terminals, els dos pals de brotxeta i vaig passar a fer les bieles i les articulacions, les quals permeten unir mecànicament cadascun dels pistons amb el cigonyal. Primer vaig agafar els terminals, i els vaig col·locar de la següent manera: un en el colze del cigonyal que correspon al cilindre desplaçador, un altre en el colze del cigonyal que correspon al cilindre de força, l'altre en el ganxo metàl·lic del pistó de força i l'últim en la corba del radi que fa d'eix desplaçador.



Terminals en les seves posicions

24. Més tard, vaig agafar el regle i vaig mesurar la distància que hi havia entre el terminal del colze del cilindre desplaçador i el del radi de l'eix desplaçador, posats totalment en vertical i fent-los coincidir en una línia imaginària. Després vaig agafar el pal de brotxeta més recte i hi vaig marcar la distància mesurada. Aquesta distància havia de ser una mica més gran, ja que el pal de brotxeta entra un parell de mil·límetres dins de cada terminal, però com que m'interessava que el cilindre desplaçador no toqués el fons del pot, ja quedava equilibrat. Amb l'ajuda de la serra vaig tallar el pal un mil·límetre per sobre de cada marca i ja amb la llima vaig acabar-ho. Tot seguit, vaig veure que el pal era un pel massa llarg, però amb unes passades de llima va quedar exacte. Així doncs, vaig posar una mica de cola dins del plàstic dels dos terminals i a la punta de cada extrem del palet tallat i ho vaig enganxar.



Biela del cilindre desplaçador

25. A continuació vaig fer la mateixa acció per als terminals del coll i pistó de potència, però aquí sí que vaig haver de tenir present que la distància havia de ser una mica més gran, ja que una mica de palet entrava dins del plàstic del terminal i no m'interessava que el pistó quedés uns mil·límetres per sobre del fons del cilindre de força.



Biela del cilindre de potència

26. Finalment, per acabar el motor només em faltaven els volants d'inèrcia. Tot i que la majoria de motors Stirling funcionen amb un sol volant, jo volia repartir bé el pes del motor i vaig decidir ficar-ne dos. Per a fer-los vaig utilitzar dos CD's, dos suports de CD's, les dos femelles grosses i els cargols i les femelles de mètric 5. El primer que vaig fer va ser fer un forat amb el trepant de peu i una broca de 10 mil·límetres a 1 centímetre dels extrems de cadascun dels CD's.



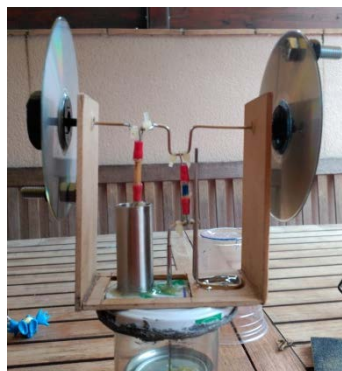
Els dos CD's foradats

27. Més tard, vaig agafar les dos femelles grosses i en vaig enganxar una a casa CD, a la part on sol haver-hi el nom de l'artista.



CD amb la femella enganxada

28. A continuació vaig agafar els suports de CD's i els vaig enganxar cadascun en un CD per la part brillant. Un cop enganxats, vaig cargolar cada suport en cada extrem del cigonyal i vaig tallar el tros de radi sobrant. Per acabar vaig posar un cargol i la seva femella corresponent en els forats dels CD's.



CD's sobre el cigonyal

29. Per últim, vaig agafar un tap metàl·lic, el vaig emplenar d'alcohol de cremar i el vaig encendre sota el cilindre transparent.

A sobre vaig posar el suport metàl·lic que havíem tret a la cafetera d'èmbol i sobre el suport hi vaig posar el motor. Un cop l'alcohol estava ben encès i hi havia una temperatura considerable en la part inferior del pot transparent, li vaig donar una petita embranzida a un dels volants d'inèrcia i el motor va començar a funcionar.



Stirling acabat

2.4.4.Funcionament.

Tal i com vaig explicar en el cos del treball, els Stirling són motors termodinàmics que realitzen treball gràcies a les contraccions i dilatacions d'un gas en escalfar-se i refredar-se de forma alternativa.

Un cop recordat això, anem a parlar del funcionament del meu motor Stirling. El funcionament d'aquest motor és molt senzill. Es pot dividir en quatre fases, que es repeteixen tot formant un cicle.

El cicle s'inicia quan el desplaçador, en aquest cas la llauna, es troba situat en el punt mort més alt, és a dir, a dalt de tot del cilindre, amb el colze del cigonyal a dalt de tot també. D'aquesta manera la totalitat del gas, en aquest cas l'aire de l'interior del cilindre, es troba a la zona calenta del cilindre adquirint calor i començant a expandir-se.

Per inèrcia, el desplaçador es mou cap a la zona calenta del cilindre, concretament a la part inferior, que és la que està en contacte directe amb la flama d'alcohol. Durant aquest pas, el gas s'expandeix, passant pels laterals de la llauna. Amb això, el cigonyal també rota, i com que els dos colzes estan desfasats 90 graus, el pistó de potència puja cap a dalt.

En la següent fase el desplaçador es troba en el seu punt mort inferior, deixant tot l'aire a la zona freda del cilindre, on comença a refredar-se. El pistó de potència, gràcies a la carrera dels volants d'inèrcia i la contracció del gas comença a baixar. D'aquesta manera, el cigonyal torna a rotar i ajuda al desplaçador a fer el moviment de pujada.

El cicle acaba quan el desplaçador es mou cap amunt, fent passar l'aire de la zona freda a la zona calenta del cilindre, on torna a escalfar-se. El pistó de força baixa al seu punt mort inferior, ajudant també a desplaçar el gas cap a la zona calenta.

2.4.5.Observacions.

- **El preu de construcció d'aquest motor és d'uns 10€**, ja que les úniques coses que vaig haver de comprar van ser: la cafetera d'èmbol i la silicona d'altres temperatures. Tot els altres materials ja els tenia per casa i van ser reciclats.
- La cafetera d'èmbol la vaig comprar en una botiga de "xinos" i em va costar 5€ i 40 cèntims. El pot que ens fa de cilindre desplaçador és ideal, ja que té unes mides que ens venen molt bé i amés, al ser transparent, permet veure com es mou el pistó desplaçador.
- La llauna que fa de pistó desplaçador és d'un refresc que em vaig beure. La característica especial de la llauna és que és d'aquestes més estretes i altes, ja que les que són una mica més amples no entren en el cilindre.
- Tan el radi de bicicleta que fa d'eix desplaçador com el que fa de cigonyal són reciclats, els vaig extreure d'una roda de bici trencada que hi havia a la deixalleria de Girona. Normalment no deixen entrar a les deixalleries a agafar coses, però com que vaig dir que era per fer un treball i el noi era molt "enrotllat", em va donar permís.
- La guia de l'eix desplaçador és un trosset de tub que vaig extreure d'una antena de radio antiga. És ideal, perquè té el diàmetre interior i l'exterior requerits.
- El tub d'acer que fa de cilindre de potència me'l va fer un amic del meu pare que en la seva empresa té un torn. M'ho va fer gratuïtament perquè són amics des de petits, però li vaig preguntar què li cobraria a un client i em va dir uns 2 €.
- El cilindre de tefló que fa de pistó de potència me'l va fer el mateix home i també em va sortir gratuït. El preu que hauria de pagar un client també seria d'uns 2€.
- La tapa que tanca hermèticament el cilindre desplaçador és una tapa de pot de conserva. De les diferents mides que podem trobar, jo vaig agafar una de 10 centímetres de diàmetre.
- Els terminals d'electrònica rodons els vaig aconseguir de la feina del meu padastre, ja que a la feina fan circuits elèctric i electrònica.

Pel que fa a la mida, la part rodona ha d'entrar dins del cigonyal i la part de plàstic ha d'entrar dins del pal de brotxeta.

- Els pals de brotxeta crec que són de mida estàndard, però com a molt ens hem de fixar que entrin bé dins la part de plàstic dels terminals.
- Els CD's que he utilitzat com a volant d'inèrcia són reciclats, corresponen a dos pel·lícules.
- Els dos suports per a CD's també els vaig extreure de la deixalleria de Girona. Un el vaig extreure d'un reproductor de DVD i l'altre d'un reproductor de música.
- I finalment les femelles grans que fan de contrapesos les vaig extreure del camió del meu pare, que li sobraven dues femelles d'una escala que havíem tret.
- Una de les parts més difícils de la construcció del motor va ser fer el cigonyal i és per això que en vaig arribar a fer 3 de diferents. En el primer em vaig equivocar a l'hora de posar les longituds i quan més tard vaig fer els dobles, ja vaig veure que la distància entre colzes no era la adequada. En el segon, el colze del pistó de potència i el colze del pistó desplaçador no estaven desfasats 90 graus, sinó que eren uns 70. Finalment el tercer ja em va sortir bé.
- També vaig tenir forces dificultats amb el pistó de força, ja que quan vaig posar-li el ganxo metàl·lic, es va inflar una mica i no entrava completament dins del cilindre. Com a recurs, primer vaig intentar llimar una mica el pistó de tefló amb una llima, però el problema era que em feia por llimar més d'una part que de l'altra, així que vaig deixar de banda la idea. Després vaig agafar un tros de plàstic que entrava bé dins del cilindre i vaig improvisar un nou pistó. Vaig agafar la bàscula de precisió per aconseguir el mateix pes que l'altre pistó, i al tros de plàstic vaig començar a posar-li femelles petites. Com a resultat vaig obtenir un pistó del mateix pes, però que era més petit que l'anterior. Finalment, indecís per si no anava bé aquest nou pistó, vaig tornar a agafar el pistó de tefló i el vaig seguir llimant. Al final vaig aconseguir que quedés regular per tots els costats i que entrés bé dins del cilindre.

- D'una altra cosa que vull parlar és de les dificultats que vaig tenir per a trobar el centre de la tapa de conserves que tapa el cilindre desplaçador. En una circumferència és molt difícil trobar el centre a ull, ja que a vegades et sembla que és en un punt però potser és possible que t'equivoquis d'uns mil·límetres. A mi em va passar i és per això que vaig foradar fins a tres tapes de conserves, i com es sol dir, la tercera va ser la bona.
- Per a la construcció d'aquest motor hi he dedicat unes 25 hores, tenint en compte les hores que necessita la cola i la silicona per a assecat-se i el temps per aconseguir els materials reciclables.
- En conclusió, aquest motor, tot i semblar molt complex, no és difícil fer, l'única cosa que ens hem d'assegurar fer bé és segellar-ho tot bé, sinó si que s'ha de desmuntar tot de nou.

2.4.6.El meu motor Stirling.

A continuació us deixo l'enllaç de *youtube* del motor Stirling que he construït:

<https://www.youtube.com/watch?v=NGqJ1vCRkRg>

3. Comparativa.

3.1.Preu.

Tot i que per a la construcció dels meus motors vaig utilitzar materials reciclables, vaig haver de comprar algun material, ja sigui perquè havia de ser molt precís o bé perquè no el trobava per enlloc.

El cost de la fabricació del primer motor elèctric va ser d'uns 0,18 euros, ja que vaig haver de comprar el fil de coure. Aquest preu és l'equivalent als 30 centímetres de fil que necessitava, ja que la bobina de 7 metres va costar 4,13 euros.

El cost de fabricació del motor de vapor va ser d'uns 0,36 euros, ja que vaig utilitzar 60 centímetres del fil de coure de la bobina que havia comprat, i la seva part proporcional eren aquests 36 cèntims.

Per a la construcció del motor elèctric més sofisticat no vaig gastar ni un sol cèntim. Tots els materials utilitzats van ser reciclats.

I per a la construcció del motor Stirling em vaig gastar uns 10 euros, ja que vaig haver de comprar materials específics com la silicona d'alta temperatura i la cafetera d'èmbol. També s'ha de dir que si el meu pare no hagués tingut els contactes que té, també hauria d'haver comprat el cilindre i el pistó de potència, cosa que hagués fet elevar el preu fins a uns 15 euros.

Així doncs, pel que fa a la comparativa del preu, el motor més barat de construir va ser el motor elèctric sofisticat, seguit del motor elèctric de corrent continu, el motor de vapor i el motor Stirling.

3.2.Hores dedicades.

Tot i semblar que aquests motors es fan en un moment i no trigues massa temps, la realitat no és pas així.

Per a la construcció del motor elèctric de corrent continu sí que hi vaig estar poca estona, aproximadament 1 hora, ja que només se li havia de donar la forma correcta al fil de coure.

Per a la construcció del motor de vapor hi vaig dedicar unes 3 horetetes, tot i que més tard se'm va treure el tubet de dins del pot i la turbina es va deixar anar de la palleta. Solucionar aquest problemes em van comportar un parell d'hores més, ja que per la turbina vaig voler buscar un altre recurs, i vaig anar a ala deixalleria a buscar ventiladors d'ordinador. Així doncs, el temps total va ser d'unes 5-6 horetetes.

Les hores dedicades al motor elèctric, en el cas que hagés trobat tots els materials a la primera i no hagés tingut cap dificultat pel que fa a la làmina conductora, hagués sigut d'unes 6-7 hores, però com que no trobava el fil de coure per enlloc ni tampoc trobava la làmina conductora adient, el temps va incrementar en uns 5-6 dies.

Finalment, per al motor Stirling hi vaig dedicar 1 setmana aproximadament, ja que cal tenir en compte que vaig haver d'estar moltes estones esperant a que la cola o la silicona fessin la seva feina. També hi ha sumat el temps que vaig perdre fent tres cigonyals, trobant el centre a tres tapes de conserva, llimant el pistó de tefló i inventant un nou pistó.

Així doncs, pel que fa a la comparativa d'hores dedicades, el motor més ràpid de fer va ser el motor elèctric de corrent continu. El següent va ser el motor de vapor, i darrera d'aquest el motor elèctric més sofisticat i el motor Stirling.

3.3.Grau de dificultat.

Tot i que els motors que he triat construir són dels més senzills que existeixen, no són pas tan fàcils de fer. Contínuament m'han aparegut dificultats i obstacles a l'hora de construir-los i és per això que vull comparar la dificultat en el procediment de cadascun.

El motor elèctric de CC és molt fàcil de fer. No té secret. L'única cosa que cal fer és posar la pila sobre l'imant i donar-li la forma exacte al fil de coure. Aquesta última part és la més complicada, ja que s'ha de doblegar molt bé i s'ha de tenir molta paciència. En una escala del 0 al 10, el grau de dificultat d'aquest motor seria d'un 1,5.

Pel que fa al motor de vapor, és força simple de fer. La part més complicada és a l'hora de fer la turbina, ja que s'ha d'anar amb compte de clavar bé les culleres en el porexpan. També és molt important segellar bé el tubet dins del pot d'ambientador, però no és difícil. La dificultat més gran que em va aparèixer en la construcció d'aquest motor va ser quan ja va estar acabat. El forat del centre del porexpan es va fer gran i la canyeta va caure. Vaig haver de fer una turbina nova, agafant un tros nou de porexpan i aprofitant les culleres de plàstic. En una escala del 0 al 10, el grau de dificultat d'aquest motor seria d'un 4.

El motor elèctric sofisticat va ser el més difícil de fer. Ja des d'un bon inici em va costar trobar el fil de coure per a fer el rotor, ja que havia de ser de 0,5 mil·límetres i no el trobava enlloc. Després una alta dificultat va arribar a l'hora de fer les escombretes i el col·lector, ja que no trobava la làmina conductora adient. Al final ho vaig aconseguir, però he d'admetre que va haver-hi estones que em vaig posar molt nerviós i em vaig cagar en tot. En una escala del 0 al 10, el grau de dificultat d'aquest motor seria d'un 8.

En el cas del motor Stirling, tot i semblar que és el que té el procediment més complex va resultar ser un dels més fàcils. Era feixuc i llarg de fer però no era gens difícil. La part més complicada i important va ser segellar bé el cilindre desplaçador i vigilar que no hi haguessin fuites d'aire.

El cigonyal també va tenir la seva dificultat, ja que s'havia de mesurar molt bé la distància entre colzes i fer els dobles rectes. En una escala del 0 al 10, el grau de dificultat d'aquest motor seria d'un 6.5.

Així doncs, pel que fa a la comparativa del grau de dificultat, el motor més fàcil de fer va ser l'elèctric de corrent continu i el més complicat va ser l'altre elèctric. El de vapor el trobem com el segon més fàcil de fer, mentre que el motor Stirling es troba en una posició intermèdia, és a dir, ni molt fàcil però tampoc molt difícil de construir.

3.4.Velocitat de gir de l'eix dels motors.

Vull explicar que aquest aquesta comparació està feta a simple vista i utilitzant com a única eina un rellotge, ja que el temps se m'ha tirat a sobre i no he pogut obtenir un aparell més precís.

El motor elèctric senzill, he calculat que gira a 3 voltes per segon. Així doncs, el motor dóna 180 revolucions per minut, té un període de 0.33 segons i una freqüència de 3 Hz.

El motor elèctric més sofisticat fa 4 voltes per segon en el seu punt de rendiment màxim. Així doncs el motor dóna 240 revolucions per minut, té un període de 0.25 segons i una freqüència de 4 Hz.

En canvi, el motor de vapor fa 1 volta i $\frac{3}{4}$ en un segon. Així doncs gira a 105 revolucions per minut, té un període de 0.57 segons i una freqüència de 1.72 Hz.

Per acabar, no vaig poder analitzar l'Stirling. Com ja explicaré a les conclusions, mentre feia les pràctiques de funcionament es va trencar el cilindre transparent i a penes vaig poder observar la seva velocitat.

Així doncs, el motor que gira més ràpid és el motor elèctric. El que té el període més alt és el motor de vapor i el que té la freqüència més alta també és l'elèctric sofisticat.

4. Conclusions.

4.1. Conclusions.

L'objectiu inicial que es volia assolir en el Treball de Recerca *Motoritza't* era la construcció d'un motor de vapor, un motor Stirling, un motor elèctric i un motor d'hidrogen amb materials reciclats, així com la comparació entre ells, la comprensió del funcionament de cadascun d'ells, donar a conèixer el motor Stirling, investigar sobre la vida de cada inventor,...

Pel que fa a l'objectiu principal, no s'ha pogut aconseguir totalment, ja que per a la construcció del motor d'hidrogen s'han de comprar tots els materials i no es pot construir amb materials reciclables. Així doncs, un cop vaig veure que no el podria construir, vaig decidir no incloure'l en el cos del treball.

Pel que fa als objectius secundaris, s'han complert tots menys el de fer un vídeo tutorial de com construir cada motor. No he fet els vídeos perquè sincerament el temps se m'ha tirat a sobre. He volgut fer un treball molt llarg i ara al final he hagut d'anar amb presses. Tot i això, penso que amb l'explicació que he fet en la part pràctica queda tot força clar, i qualsevol persona seguint les pautes que he marcat pot construir els motors.

També vull explicar que estic molt orgullós de poder haver complert l'objectiu de donar a conèixer el motor Stirling. Ni tan sols jo sabia abans del treball que era un motor Stirling, però ara puc explicar als meus amics, companys i familiars les avantatges que té un motor Stirling.

Una de les coses que m'hagués agradat fer molt millor és la comparació. Jo volia fer una comparació molt extensa i profunda, però el temps se m'ha vingut a sobre i no l'he pogut fer com m'hagués agradat. A més del que he parlat en la comparació, volia comparar la potència de cada motor, el rendiment,... però per això es necessiten eines, instruments i fórmules que no estan a la meva disposició.

Tot i així, penso que he fet un molt bon Treball de Recerca. El cos del treball va ser una mica pesat de fer, però cal dir que sense la informació que tracto en aquesta primera part no es podrien haver construït els motors.

En canvi, la part pràctica, em va agradar molt fer-la, tot i ser més difícil que buscar la informació.

Per acabar, vull afegir que un cop vaig tenir el motor Stirling construït i estava fent pràctiques per a que funcionés, el vidre del cilindre desplaçador es va trencar, degut a les altes temperatures a les que estava exposat. He intentat arreglar-lo amb silicona d'alta temperatura però no ha quedat igual i no funciona. A més, falten trossos de vidre, ja que amb el petit pet que va fer es van perdre. És per això que finalment no he pogut comparar la velocitat de gir del cigonyal del motor Stirling amb els altres motors, ja que no vaig poder fer bé els càlculs.

Potser abans de la seva construcció haurà d'haver pensat en un altre material, però jo creia que el vidre aguantava les altes temperatures, i a més m'agradava perquè deixava veure com es movia el cilindre desplaçador.

5. Webgrafia.

5.1. Webgrafia.

Areva, Javi. *Cronología del motor* [en línea]. Badalona: Evolución de los motores, 2012.

<http://evodelosmotores.webnode.es/cronologia-del-motor/>

Avilés, Diego. *Que es un motor?* [en línea]. SlideShare, 2015.

<http://es.slideshare.net/Superdiegoman123/que-es-un-motor-46895107>

BUSCA BIOGRAFIAS. *Nikola Tesla* [en línea]. Madrid: Busca Biografías, 2004-2016.

<http://www.buscabiografias.com/biografia/verDetalle/3728/Nikola%20Tesla>

BUSCA BIOGRAFIAS *Thomas Newcomen* [en línea]. Madrid: Busca Biografías, 2004-2016.

<http://www.buscabiografias.com/biografia/verDetalle/6682/Thomas%20Newcomen>

ECOTEC. *Principio Starling* [en línea]. Barcelona: Ecología Técnica, S.A., 1990-2016.

<http://www.ecotec2000.de/espanol/stir2.htm>

ESCOLA SANT MATEU DE RIUDECANYES. *Primera màquina de vapor* [en línea]. Barcelona: Xarxa Telemàtica Educativa de Catalunya, 2003-2006.

<http://www.xtec.cat/centres/e3005558/primaquv.htm>

Espinoza Huaranca, Yady (2012). *Motor Stirling* [Missatge d'un blog]. Blogger. Recuperat de <http://motorstirlingyadyrtecsup.blogspot.com.es/>

Font, L. *Mecánica básica de la moto ¿Qué es un motor y cuando se inventó?* [en línea]. Motor pasión moto, 2010.

<http://www.motorpasionmoto.com/tecnologia/mecanica-basica-de-la-moto-que-es-un-motor-y-cuando-se-invento>

Frigola Racero, Adrià. *El motor Stirling* [en línia]. Barcelona: Premis de recerca Jove, Enginyeria i Arquitectura, 2014.

<http://193.145.216.14/portfolio/el-motor-stirling>

GENERALITAT DE CATALUNYA. DEPARTAMENT D'ENSENYAMENT. DIRECCIÓ GENERAL D'ORDENACIÓ EDUCATIVA. Achón Massana, Jordi. *Els motors* [en línia]. Barcelona: Servei d'Ordenació Curricular, Febrer de 1998.

<http://www.xtec.cat/aulatec/motor.pdf>

GENERALITAT DE CATALUNYA. DEPARTAMENT D'ENSENYAMENT. *Què és un motor? Quins tipus de motor hi ha?* [en línia]. Barcelona: Xarxa telemàtica Educativa de Catalunya, 2003-2006.

<http://www.edu365.cat/eso/faqs/tecnologia/motor.htm>

Gras, Pierre. Robert STIRLING [en línia]. França: Creative Commons License

<http://www.robertstirlingengine.com/history.php>

IMM (2010). *Aplicacions de la Màquina de vapor* [Missatge d'un blog]. Blogger. Recuperat de <http://maquina-vapor.blog-spot.com.es/2010/05/aplicacions-de-la-maquina-de-vapor.html>

INGENIA TIC. Farada, Michael. Motor eléctrico [en línia]. Madrid: EUIT de Telecomunicación de la Universidad Politécnica de Madrid, 2011.

<http://ingeniatic.euitt.upm.es/index.php/tecnologias/item/527-motor-el%C3%A9ctrico>

LA ENCICLOPEDIA BIOGRÁFICA EN LÍNEA. *James Watt* [en línia]. Biografías y Vidas, 2004-2016.

<http://www.biografiasyvidas.com/biografia/w/watt.htm>

LA ENCICLOPEDIA BIOGRÁFICA EN LÍNEA. *Nicola Tesla* [en línia]. Biografías y Vidas, 2004-2016.

<http://www.biografiasyvidas.com/biografia/t/tesla.htm>

LA ENCICLOPEDIA BIOGRÁFICA EN LÍNEA. *Thomas Newcomen* [en línea].
Biografías y Vidas, 2004-2016.

<http://www.biografiasyvidas.com/biografia/n/newcomen.htm>

Lacort, Javier. *Nikola Tesla, el hombre que cambió el mundo pero fue condenado al ostracismo* [en línea]. Madrid: Hipertextual, 2005-2016.

<https://hipertextual.com/2014/07/nikola-tesla-genios-historia>

Lelyen, Ruth. *Motor eléctrico: ¿Cómo funciona?* [en línea]. Vix™ by Batanga Media, 2005-2016.

<http://www.batanga.com/curiosidades/2011/09/29/motor-electrico-como-funciona>

MAILXMAIL. Moreno, Àngel. *Motores de combustión interna* [en línea].
Barcelona: Grupo Intercom, 2005.

<http://www.mailxmail.com/curso-motores-combustion-interna/que-es-motor-componentes-funcionamiento>

Martínez Medina, Nuria. *James Watt, la máquina de vapor y el origen de la revolución industrial* [en línea]. Madrid: Corporación de Radio y Televisión Española 2016.

<http://www.rtve.es/noticias/20110211/james-watt-maquina-vapor-origen-revolucion-industrial/404679.shtml>

Meiro Martínez, Gerardo. *Robert Stirling* [en línea]. Madrid: Micronet Sociedad Anónima, 2016.

<http://www.mcnbiografias.com/app-bio/do/show?key=stirling-robert>

MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE DEL GOBIERNO DE ESPAÑA. *La transformación de la energía* [en línea]. Madrid, Enseñanza Digital a Distancia, 2011.

http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/2esobiologia/2quincena3/2q3contenidos_2c.htm

Motor d'hidrogen a partir d'aigua, 2014 [Missatge d'un blog]. Wordpress. Recuperat de <https://motorhidrogen.wordpress.com/introduccio/>

Páez, Aquiles *¿Cómo funciona el motor eléctrico?* [en línia]. Colombia: ComoFuncionaQue, 2014.
<http://comofuncionaque.com/como-funciona-el-motor-electrico/>

Pino, Fernando. *¿Cómo funcionan las máquinas de vapor?* [en línia]. Vix™ by Batanga Media, 2005-2016.
<http://www.batanga.com/curiosidades/2010/12/21/%C2%BFcomo-funcionan-las-maquinas-de-vapor>

Rebato, Carlos. *8 inventos olvidados que Nikola Tesla descubrió antes que nadie* [en línia]. Madrid: Gizmodo Media Group, 2016.
<http://es.gizmodo.com/8-inventos-olvidados-que-nikola-tesla-descubrio-antes-q-1658293480>

Robert Sier. Rev Dr Robert Stirling (1790-1878)[en línia]. Chelmsford: LA Mair publications, 1995.
<http://www.stirlingengines.org.uk/pioneers/pion2.html>

Santos Posada, Mariano. Tecnología. La producción de energía [en línia]. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte del Gobierno de España.
http://roble.pntic.mec.es/jprp0006/tecnologia/1eso_recursos/unidad11_energia_y_transformacion/actividades/acti_produccion_energia/5_diferencias_diesel_ga_solina.htm

Solsona, Jaume. *Motors Tèrmics* [en línia]. Barcelona: Xarxa telemàtica Educativa de Catalunya, 2003-2006.
<http://www.xtec.cat/~jsolson7/eso/maquines/motors.htm>

ZONAVERTIGO2040 (2012) *Motor Electrico*. [Missatge d'un blog]. Wordpress. Recuperat de <https://vertigo2040.wordpress.com/2012/02/28/motor-electrico-tipos-y-fundamentos/>

