

# Energia per a Escalfar una Llar: Fòssils vs Renovables

**Anàlisi Comparativa de les Diferents Alternatives  
Energètiques en Termes Econòmics**

Autor: Josep M<sup>a</sup> Pla Borés

2n Batxillerat A INS Josep Brugulat

Tutor: Isidre Colomer

5 d'Octubre del 2015



# Índex de continguts

<b>Agraïments</b> .....	<b>4</b>
<b>1 Introducció</b> .....	<b>6</b>
<b>2 La Importància de la Calefacció i l'Aigua Calenta Sanitària en la Despesa Energètica Mitjana d'una Llar a l'Estat Espanyol</b> .....	<b>11</b>
<b>3 Càlcul de la Despesa Anual en Calefacció i Aigua Calenta Sanitària d'una Casa</b> .....	<b>13</b>
<b>3.1 El Funcionament de la Calefacció d'una Casa</b> .....	<b>13</b>
3.1.1 Instal·lacions Possibles .....	15
<b>3.2 Metodologia Utilitzada en el Món Professional</b> .....	<b>16</b>
3.2.1 Càlcul de la Potència de la Caldera.....	16
<b>3.3 Preu dels diferents Combustibles</b> .....	<b>22</b>
3.3.1 Pèl·let.....	22
3.3.2 Llenya .....	23
3.3.3 Gasoil.....	23
<b>3.4 Anàlisi comparativa de les diferents fonts energètiques en termes de cost i capacitat calorífica</b> .....	<b>24</b>
<b>4 Anàlisi de diferents escenaris</b> .....	<b>29</b>
<b>4.1 Escenari I: Els Preus dels Combustibles Fòssils es Mantindran Estables gràcies a la Millora de les Tècniques Extractives</b> .....	<b>29</b>
<b>4.2 Escenari II: Els Preus estaran subjectes a una gran Variabilitat i tendiran a Pujar</b> .....	<b>31</b>
4.2.1 La Taxa de Retorn Energètic (TRE).....	32
4.2.2 El Zenit o Pic dels Recursos Fòssils.....	35
<b>5 Simulacions de Preus i Valoració de Resultats</b> .....	<b>38</b>
<b>5.1 Presentació de resultats</b> .....	<b>42</b>
5.1.1 Simulació 1: Comparativa dels Costos Anuals Totals de les Diferents Alternatives .....	43

5.1.2 Simulació 2: Període Necessari per a Recuperar la Inversió d'una Alternativa Respecte una Altra .....	44
<b>6 Motor Stirling.....</b>	<b>47</b>
6.1 Què és .....	48
6.2 En què es fonamenta .....	48
6.2.1 Tipus de Motor Stirling .....	50
6.3 Pràctica .....	53
6.3.1 Materials Utilitzats en la Construcció del Motor Stirling.....	53
6.3.2 Funcionament.....	54
<b>7 Conclusions.....</b>	<b>55</b>
<b>8 Annexos.....</b>	<b>57</b>
8.1 Esquema Entrevista Personal .....	57
8.2 Conclusions Entrevista J. Vicenç .....	58
8.3 Organismes i Blocs de Divulgació que tracten Temes Energètics .....	61
<b>Referències Bibliogràfiques.....</b>	<b>66</b>

## Índex de Taules

Taula 1: Distribució del Pressupost Energètic en una Llar Mitjana Espanyola .....	11
Taula 2: Estructura del Consum Total (%) segons Fonts Energètiques .....	12
Taula 3: Costos d'Instal·lació de les Diferents Calderes.....	15
Taula 4: Preu pèl·let diferents proveïdors .....	22
Taula 5: Històric de Preus del Gasoil C .....	24
Taula 6: Poders calorífics inferiors de les principal fonts energètiques .....	25
Taula 7: Comparativa dels PCI en MJ/Kg.....	26
Taula 8: Preu de Cada Unitat Energètica.....	27
Taula 9: TRE de les Principals Fonts Energètiques .....	33
Taula 10: Taula Resum del Pic dels diferents Combustibles Fòssils i l'Urani.....	36
Taula 11: Preus Combustibles Segons els Escenaris Plantejats .....	40



Taula 12: Factors de Conversió .....	40
Taula 13: Dades per a Calcular el Consum de Combustible Anual per Caldera.....	41
Taula 14: Càlcul de la Despesa Anual en Combustible Depenent del Preu i Caldera ...	41
Taula 15: Comparativa del Cost Anual Total de les Diferents Instal·lacions Preus 1 ...	43
Taula 16: Comparativa del Cost Anual Total de les Diferents Instal·lacions Preus 2 ...	43
Taula 17: Període de Recuperació de la Inversió Respecte al Cost de la Instal·lació del Gasoil.....	44
Taula 18: Rendiment Mitjà Calderes.....	60
Taula 19: Rendiment altres instal·lacions que proporcionen energia elèctrica .....	60

## Índex de Gràfics

Gràfic 1: Comparativa dels PCI en MJ/Kg.....	26
Gràfic 2: Preu de Cada Unitat Energètica .....	28
Gràfic 3: Esquema Motor Stirling .....	49
Gràfic 4: Motor Stirling Beta.....	50
Gràfic 5: Motor Stirling Alfa.....	51
Gràfic 6: Motor Stirling Gamma .....	52

## Índex d'Esquemes

Esquema 1: Sistema de calefacció i producció d'ACS simple.....	14
Esquema 2: Model Utilitzat per a Calcular l'Import Anual destinat a la Calefacció i Producció d'ACS.....	21
Esquema 3: Escenari Pesimista .....	38
Esquema 4: Escenari Optimista.....	39

## Agraïments

M'ha semblat important deixar clar que en aquest treball hi han col·laborat diferents persones sense les quals no l'hagués pogut realitzar. Si bé, la més important és el meu tutor de treball, l'Isidre Colomé, totes les persones que apareixen seguidament m'han ajudat a trobar informació que m'era necessària o bé m'han donat punts de vista que m'han estat útils per a l'elaboració d'escenaris de preus a l'hora d'avaluar les diferents alternatives de calefacció que plantejo.

En primer lloc, vull agrair especialment al Sr. Jaume Vicens, gerent de l'empresa *Enginyeria Energètica Gironina, S.L.* Com a enginyer, i consultor en el camp va ser la persona que em va explicar el sistema de càlcul de la potència necessària per a climatitzar una casa. A més, em va donar informació addicional que queda especificada en cada apartat corresponent.

La resta de participants apareixen per ordre de cognom perquè tots m'han prestat l'ajuda que els he demanat i m'han dedicat un temps que sé que és molt valuós. Tots ells es van mostrar disposats a donar-me quanta informació fós necessària que estigués al seu abast. Començaré per les persones procedents de l'àmbit científic i després per les del món empresarial.

- Dr. Antonio Turiel, investigador titular de l'Institut de Ciències del Mar. Va ser a través del seu blog que vaig trobar corrents d'opinió alternatius al que se solen publicar a la premsa de més difusió. El vaig escriure en ple mes d'agost, quan tothom està de vacances, per a demanar-li la opinió sobre diferents aspectes i em va contestar de seguida i en més d'una ocasió. Li agraeixo especialment la seva amabilitat i més, tenint en compte que el Dr. Turiel no tenia cap precedent meu.
- Dr. Jordi Solé, també investigador de l'Institut de Ciències del Mar. També va tenir l'amabilitat d'enviar-me informació que no trobava enlloc en ple mes d'agost. I també, em va contestar sense cap problema, oferint-se a ajudar-me en

el que fes falta i també, sense tenir cap informació prèvia sobre mi, només la que li vaig donar jo per a presentar-me.

Per altra banda, vull agrair a les següents persones, que venen del món de l'empresa:

- Sr. Alfons Barceló – Director de Patrimoni de Caixa Banc a Barcelona. El Sr. Barceló, que té un bon coneixement de les inversions, em va dedicar un bon temps per a explicar-me el seu punt de vista (i el de la banca en general). Les explicacions que em va fer m'han servit com a base en una de les meves argumentacions, quan parlo de la possibilitat que els preus dels recursos fòssils es mantinguin estables durant força temps (Escenari Optimista).
- Sr. Eduard Barceló – Director Comercial de Grup Andreu, S.A. El Sr. Eduard Barceló (que no té cap parentiu amb el Sr. Alfons Barceló), també em va donar un valuós punt de vista sobre el futur dels combustibles fòssils com a persona coneixedora del sector de l'automoció. El seu punt de vista és bastant similar al del Sr. Alfons Barceló, però em va puntualitzar, que un dels grans problemes amb els que s'enfronta ara mateix la indústria automobilística és l'electrificació de l'automòbil, no només per qüestions energètiques sinó també per qüestions de contaminació.
- Sr. Lluís Padrosa, gerent d'Instal·lacions Cornellà S.L., perquè em va haver de calcular una sèrie de pressupostos en un moment que estava extraordinàriament enfeinat.
- Sr. Jordi Solé (que no té cap mena de vincle amb el Dr. Jordi Solé) – Cap de Zona a Girona de Repsol YPF, que em va donar la seva visió del futur del petroli.

# 1 Introducció

## Antecedents històrics

A l'any 1900, una família típica americana disposava de 500 w de potència elèctrica a casa seva, suficient per a fer funcionar unes poques bombetes i algun transistor. Al cap de cent anys, aquesta mateixa família, havia multiplicat per 60 la seva disponibilitat energètica! – és a dir, 30 kW accessibles. I tot i que el salt energètic és increïble, si hi afegim la mitjana de tres cotxes que hi ha en una llar nord americana arribarem a 5.000 kw aproximadament!. Aquest privilegi, en el S. XIX només hagués estat a l'abast d'algun gran propietari agrícola comandant 400 cavalls de tir i 3000 treballadors, equivalent en kw als que haguessin estat capaços de fer 6.000 esclaus al servei d'algun privilegiat latifundista durant l'Imperi Romà<sup>1</sup>.

Aquests exemples (Smil, 2004) em serveixen per il·lustrar com d'espectacular ha estat el salt energètic que ha fet la humanitat al llarg de la seva història, i si bé l'accés a l'energia s'ha multiplicat per uns 15 milions de vegades en 10.000 anys, els canvis més radicals han estat al llarg del s.XX (Smil, 2004). La presentació de la màquina de vapor de Thomas Newcomen a principis del segle XVIII i perfeccionada per James Watt a mitjans de segle va suposar un punt d'inflexió en la nostra història. És la primera vegada que se supera la barrera d'utilitzar el carbó com a font d'energia calorífica per a convertir-la en energia mecànica amb molta més eficiència del que fins aleshores havien estat capaços de fer els homes, els cavalls i els burros. Seria aquest invent el que permetria que al llarg del s.XIX s'accelerés el pas d'una economia basada en l'agricultura a una economia basada en la indústria superant les limitacions físiques dels homes i els animals. Aquest fet portaria a un increment de l'activitat industrial i

---

<sup>1</sup> Smil (2004) fa una revisió dels Wats i Kwats disponibles a partir de les diferents tecnologies i fonts energètiques al llarg de la història i el seu impacte en l'organització de la societat. Tot i que fa un repàs a la història del món (com indica el títol de l'article: "*World History and Energy*") se centra en els EEUU en analitzar la història contemporània. Per això, les meves dades de partida fan referència als EEUU (amb consums energètics per càpita superiors als europeus), tot i que aquestes dades no deixen de ser un reflex dels canvis que hi ha hagut a nivell global.

l'intercanvi de mercaderies, facilitat pel desenvolupament de les infraestructures de distribució.

Si bé el carbó va resultar clau per al creixement industrial fins la primera meitat del S. XX, la invenció del motor de combustió interna l'any 1913, li faria perdre la supremacia al carbó com a principal font energètica en favor del petroli. Aquesta nova font d'energia, de major densitat que el carbó i fàcil d'emmagatzemar, ajudaria a transformar radicalment l'economia i els estils de vida (major dispersió de les famílies o la possibilitat de fer vacances amb el mateix cotxe, per exemple) i el sector comercial i industrial, molt més deslocalitzat i global.

### **Situació Actual**

Si a la primera meitat del S. XX gran part de l'energia consumida procedia del carbó, a finals dels anys 70s la principal font energètica era el petroli per dues raons principals: la seva major densitat energètica i la seva facilitat d'emmagatzematge.

Aquesta disponibilitat d'energia barata i el seu impacte sobre el progrés econòmic queda àmpliament documentada a la literatura (Smill, Tververg, Fernández Durán i col.). Tots ells demostren com la major disponibilitat d'energia (barata) i el progrés tecnològic han permès el major progrés econòmic en els últims cent anys gràcies a la mecanització dels sectors agrícola i industrial i per tant la seva productivitat.

### **Motivacions**

Aquest breu resum de la història em serveix per a il·lustrar *l'impacte que ha tingut l'energia sobre la nostra qualitat i estils de vida*. En primer lloc, la invenció i millora dels motors de combustió interna ens ha permès uns estils de vida fa cent anys inimaginables traduïts principalment en una reducció de les distàncies: urbanitzacions fora la ciutat, vacances a indrets llunyans, treballar en un lloc allunyat del lloc de residència, etc. I en segon lloc, la substitució del treball físic per màquines, amb molta més capacitat energètica, ha estat el que ha fet possible disposar de més temps per a dedicar a l'oci gràcies a l'augment de la productivitat.

Vista la importància que té l'energia en la nostra vida, em va semblar interessant centrar-me en les energies renovables per un fet molt senzill: se'n parla molt. Existeixen diferents corrents d'opinió que alerten sobre la *necessitat de fer una transició cap a les energies renovables* (solar, eòlica, biomassa) motivades per: (1) l'esgotament, en un moment o l'altra, de les energies convencionals (el petroli, el gas, el carbó i l'urani) i (2) l'escalfament global del nostre planeta per culpa de l'emissió de gasos d'efecte hivernacle per la crema de combustibles fòssils. Per tant, és essencial desenvolupar les tecnologies que estan menys madures i *efectuar una transició en aquells sectors que sigui més viable en el curt termini*.

Per tant, vaig escollir l'anàlisi dels diferents combustibles per a climatitzar i produir l'Aigua Calenta Sanitària d'una casa com a treball de recerca perquè (1) és un camp on pot ser *relativament senzill de fer-hi una transició*, a nivell parcial, *en el curt termini*. Però també (2) perquè és un factor important a l'hora de valorar el grau de confortabilitat d'una casa. De fet, com mostraré més endavant, *la despesa en calefacció és una part important de la despesa energètica d'una llar mitjana a l'Estat Espanyol*.

Per acabar, de tota la informació consultada em va sorgir el dubte sobre *què passaria si tallessin la llum?, seria possible autoabastir-se d'electricitat?*. Per això vaig voler construir un prototip de motor Stirling, i tot i que el projecte requeriria major dedicació, tenia ganes de comprovar si efectivament aquest motor, desenvolupat, podria ser viable per a aquest objectiu.

## **Objectius del treball**

- El primer objectiu del treball és *comparar els diferents sistemes de calefacció i producció d'ACS* per poder analitzar-los i així poder escollir el més viable per a una casa aïllada de 150 m<sup>2</sup> de dues plantes i per a 4 persones, que és bastant comú al Pla de l'Estany.
- Per altra banda, i donada la necessitat, reconeguda per diverses fonts procedents del món de la investigació, política o altres associacions de caràcter no governamental, de fer la transició cap a energies més netes, construeixo un prototip de motor Stirling.

L'avantatge d'aquest motor està en el fet que és molt més eficient que el motor de combustió interna i la seva versatilitat per a funcionar amb diferents fonts d'energia.

## **Estructura del treball**

Abans de començar a desenvolupar el meu treball, em sembla interessant mostrar el paper que juga el sistema de calefacció i producció d' Aigua Calenta Sanitària (d'ara en endavant, ACS) en la despesa energètica d'una llar mitjana a l'Estat Espanyol (Apartat 2).

Un cop efectuada aquesta anàlisi, i veient el pes que té aquesta despesa en el pressupost energètic, és evident que de mitjana, un individu efectuarà consideracions molt racionals a l'hora d'escollir entre diferents alternatives. Per a efectuar aquesta elecció es tenen en compte dues variables: (1) la inversió inicial en la infraestructura destinada a produir calefacció i ACS i (2) la despesa anual en calefacció i producció d'ACS. Per això, a l'Apartat 3.1) efectuo un breu resum de com funciona el sistema de calefacció en general d'una casa aïllada i mostro els costos de compra i d'instal·lació de les diferents alternatives que plantejo segons el tipus de combustible.

Un cop efectuada aquesta comparativa en termes de cost, desenvolupo la metodologia que s'utilitza per a calcular la despesa anual en calefacció i ACS (Apartat 3.2). Aquesta despesa vindrà determinada per dues variables principalment: (1) el rendiment de la pròpia caldera, (2) el preu dels diferents combustibles considerats en l'anàlisi i (3) el poder calorífic dels diferents combustibles. Cada un d'aquests factors (2) i (3) té prou interès com per a dedicar-hi una certa atenció, aspectes que desenvolupo en els Apartats 3.3 i 3.4 respectivament. En el primer cas, el cas dels preus dels combustibles, perquè posteriorment em serviran com a inputs per a elaborar les meves simulacions. En el segon cas, l'anàlisi comparativa de les diferents fonts energètiques en termes de capacitat calorífica respecte el cost, perquè em servirà per a desgranar quin és el cost de cada unitat energètica.

Obtingudes i analitzades totes les variables que necessito (inversió inicial i cost anual) per a comparar les diferents alternatives, és necessari justificar les hipòtesis de preus que efectuo. Aquestes hipòtesis han estat elaborades a partir de diferents opinions manifestades per experts en el sector procedents del món de la banca d'inversió, la indústria automobilística, la indústria petrolífera i el món de la investigació. Aquesta exposició queda recollida a l'Apartat 4 del meu treball.

Per acabar aquesta part, a l'Apartat 5 mostro els resultats de les meves simulacions.

Finalment, i motivat per les conclusions exposades per Giampietro (2012) en el seu article *“La dependència de l'energia fòssil i el nostre futur energètic”* sobre la necessitat de descentralitzar la producció d'energia elèctrica utilitzant energies alternatives, explico el funcionament i els avantatges del motor Stirling utilitzant com a base el prototip que he construït.



## 2 La Importància de la Calefacció i l'Aigua Calenta Sanitària en la Despesa Energètica Mitjana d'una Llar a l'Estat Espanyol

Abans de continuar amb el model considero interessant mostrar la distribució del pressupost energètic d'una llar. Com es pot deduir de la següent taula, el 47% del consum energètic a la llar va destinat a la calefacció i casi el 19% a aigua calenta. Per tant, el 66% del pressupost energètic familiar va destinat a aquests dos apartats.

**Taula 1: Distribució del Pressupost Energètic en una Llar Mitjana Espanyola**

Capítol de Despesa	Percentatge
Calefacció	47,0%
ACS	18,9%
Cuina	7,4%
Refrigeració	0,8%
Il·luminació	4,1%
Electrodomèstics	19,4%
Standby	2,3%

**Font:** Enquesta SPAHOUSE IDAE (2011)

Si anem ara a analitzar les principals fonts energètiques utilitzades en una llar, veiem que l'electricitat<sup>2</sup> és la més utilitzada, seguida pel gas natural i el petroli i derivats (vegeu Taula 2). Veient aquestes dades a primera vista podríem deduir que l'esgotament de les fonts energètiques fòssils no suposen cap problema si no aprofundim en quines són les fonts energètiques que utilitzem principalment per a generar aquesta electricitat:

---

<sup>2</sup> L'electricitat pot jugar un paper important en la calefacció de pisos perquè el seu transport és molt fàcil i barat. A més, en una gran ciutat no hi ha la possibilitat d'emmagatzemar el combustible suficient per a escalfar tot un bloc, o els requisits legals per fer-ho són molt més estrictes. Per últim, no és viable instal·lar calderes i dipòsits independents en un pis.

principalment el petroli, l'urani a través de les centrals nuclears i el carbó<sup>3</sup>. De fet, a l'informe de l'Agència Internacional de l'Energia (IAE)<sup>4</sup> del 2014 es reflexa com el petroli i el carbó, amb una participació del 31.4% i 29% respectivament són les principals fonts energètiques utilitzades en el món.

**Taula 2: Estructura del Consum Total (%) segons Fonts Energètiques**

Fonts Energètiques	Percentatge
Electricitat	35,1%
Gas Natural	24,9%
Derivats del Petroli	22,1%
Energies Renovables	17,7%
Carbó	0,1%
Total	100%

**Font:** Enquesta SPAHOUSE IDAE (2011)

I si fem un pas més endavant, veiem que aquest 35,1% d'electricitat procedeix d'energies no renovables. Més concretament, i tal i com es reflexa a la plana de l'Institut Català de l'Energia (ICAEN), a Catalunya el 52,5% de l'electricitat es produeix a partir d'energia nuclear, mentre que el petroli i el gas natural suposen el 28,7%. Les energies renovables representen el 17,7%, i la resta, un 3,1%, són no renovables minoritàries. Per tant, i per acabar, queda clar que encara estem molt lluny de poder dir que la nostra generació d'energia procedeix de fonts renovables.

<sup>3</sup> De fet, en el seu article "Las olas de calor disparan la quema de carbón para generar Electricidad" de El diari "El País" (20/07/15) deixa clar que principalment segueixen sent les fonts no renovables les principals per a generar energia en aquests moments, i que el carbó hi té un paper molt important.

<sup>4</sup> IEA és l'acrònim de "Internacional Energy Agency", [www.iea.org](http://www.iea.org), que trobareu referit com a AIE o Agència Internacional de l'Energia.

### **3 Càlcul de la Despesa Anual en Calefacció i Aigua Calenta Sanitària d'una Casa**

Per a conèixer el procediment que s'utilitza en el món professional per a calcular el *Consum Energètic Anual* i l'import total destinat a la calefacció i ACS d'una casa em vaig entrevistar amb el Sr. Jaume Vicens, gerent de l'empresa *Enginyeria Energètica Gironina, S.L.* Abans de desenvolupar el procediment utilitzat, em sembla interessant enumerar les variables que intervenen en el procés:

- Potència necessària
- Hores de funcionament de la caldera
- Tipus de combustible escollit, que em condicionarà la inversió inicial, el rendiment de la caldera, els preus del mateix combustible i el seu poder calorífic

En quan al primer punt, la potència necessària, abans de calcular-la, deixeu-me que faci una breu explicació de com funciona un sistema de calefacció a nivell general i un quadre resum de les diferents alternatives considerades en funció dels combustibles, aspectes que desenvolupo en el següent apartat.

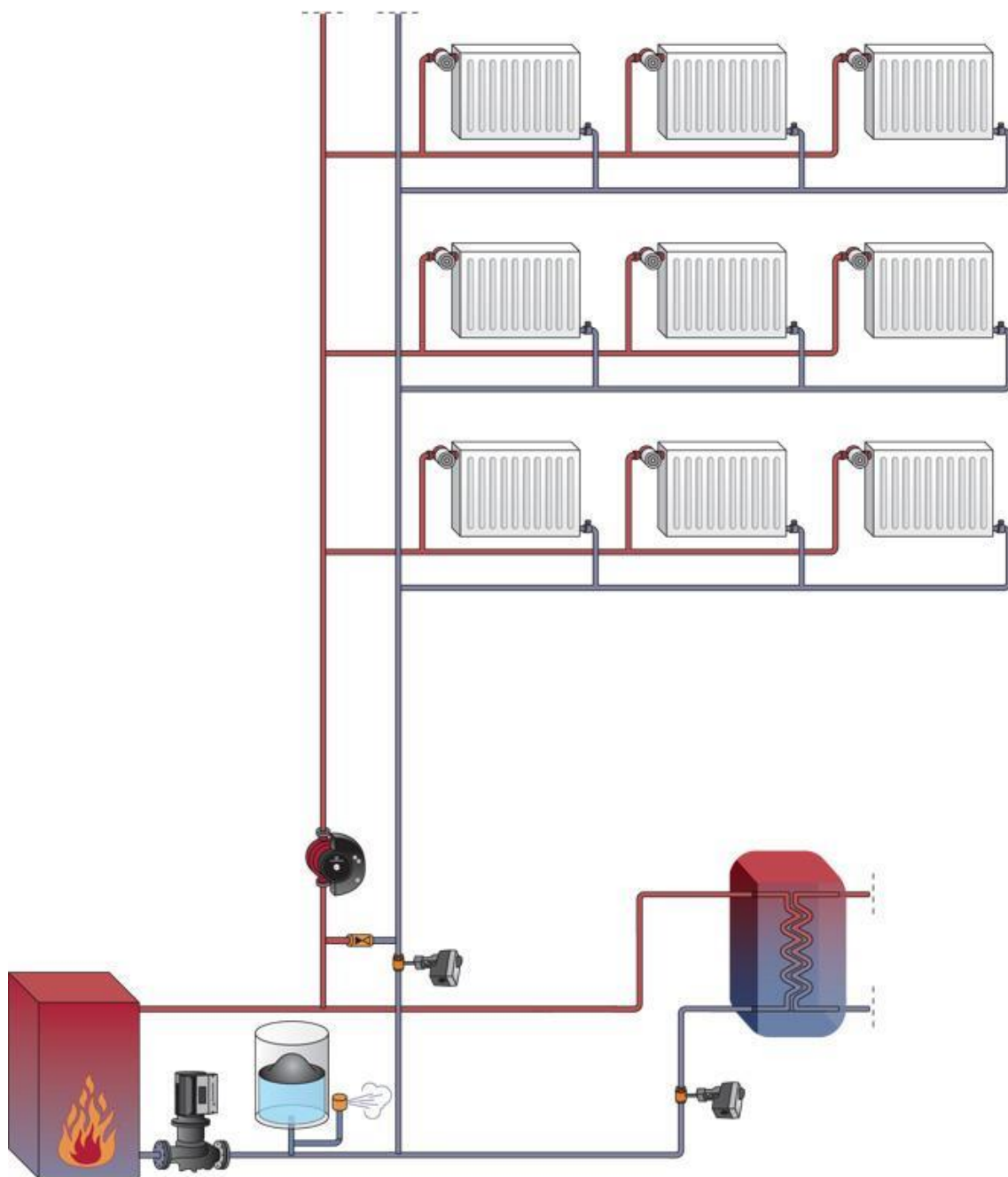
#### **3.1 El Funcionament de la Calefacció d'una Casa**

El sistema de calefacció i producció d'ACS d'una casa segueix casi sempre una estructura bastant rígida: una font de calor que escalfa aigua d'un circuit tancat i aquesta serveix per a conduir l'escalfor. Aquesta aigua passarà, bàsicament, per dos llocs:

- Pels diferents radiadors o sistema de calefacció que hi hagi a la casa
- Per un serpentí situat dins d'un dipòsit ple d'aigua, que serà l'ACS

Aquesta explicació queda molt ben il·lustrada al següent esquema:

**Esquema 1: Sistema de calefacció i producció d'ACS simple**



Per tant la caldera ha de tenir prou potència com per a escalfar la casa i l'ACS.

En essència, el sistema de calefacció segueix uns principis bastant comuns, és a dir, 2 circuits independents que van destinats a:

- Escalfar la casa a través de radiadors o d'un terra radiant
- Produir ACS

Donat que el funcionament és bastant igual en totes les instal·lacions: una font de combustible que alimenta una caldera que genera calor, no considero necessari aprofundir en la descripció de les diferents alternatives, sinó que em centraré en el combustible utilitzat. Com es veu més endavant, aquesta elecció és determinant a l'hora d'escollir entre una opció o una altra.

### 3.1.1 Instal·lacions Possibles

Com ja he dit abans, només distingiré els diferents tipus de calderes segons el combustible consumit i el seu rendiment, ja que a part d'altres elements addicionals que puguin ser necessaris i que detallo a la taula següent, el funcionament és sempre el mateix.

**Taula 3: Costos d'Instal·lació de les Diferents Calderes**

	<b>Gasoil</b>	<b>Gas natural</b>	<b>Llenya</b>	<b>Pèl·let</b>	<b>Estella</b>
Ma d'obra	1.350 €	1.350 €	1.350 €	1.350 €	1.350 €
Valvuleria	460 €	460 €	460 €	460 €	460 €
Caldera	2.620 €	1.987 €	3.720 €	4.565 €	4.100 €
Radiadors	1.375 €	1.375 €	1.375 €	1.375 €	1.375 €
Dipòsit d'inèrcia			1.200 €	1.200 €	1.200 €
Altres	900 €			1.000 €	1.250 €
<b>TOTAL</b>	<b>6.705 €</b>	<b>5.172 €</b>	<b>8.105 €</b>	<b>9.950 €</b>	<b>9.735 €</b>

**Font:** Elaborat a partir de pressupostos obtinguts d'Instal·lacions Cornellà S.L.

## 3.2 Metodologia Utilitzada en el Món Professional

Per tant, per a calcular la despesa anual en calefacció, procedirem en 3 etapes:

1. Necessitats en kW de calefacció i producció d'ACS
2. Consum Energètic Anual en funció del nombre d'hores de funcionament i el combustible escollit
3. Càlcul de l'import destinat a la calefacció i producció d'ACS.

### 3.2.1 Càlcul de la Potència de la Caldera

Com ja he dit anteriorment, per a calcular la potència de la caldera, haurem de tenir en compte quina superfície es necessita escalfar i quina quantitat d'aigua calenta es consumirà diàriament a la llar. Això implica que, a priori, fa falta especificar dues variables:

- En quan al consum de l'ACS diària, aquest estarà en funció del nombre de persones que visquin a la casa. En el nostre cas, com ja plantejo a la introducció, la unitat familiar està composta per 4 persones.
- La dimensió de la llar: Com ja he dit a la introducció, la llar objectiu del nostre estudi és una llar estàndard al Pla de l'Estany de 150 m<sup>2</sup>.

#### 1. Càlcul de la Potència Necessària per a proporcionar ACS

Seguint amb els estàndards marcats pels professionals, el consum diari d'aigua calenta per persona i dia és de 30 litres. Per tant, per a una família de 4 individus, el consum diari serà:

[Eq 1]

$$\text{Consum diari d'aigua} = \frac{30 \text{ litres}}{\text{persona} \times \text{dia}} \times 4 \text{ persones} = 120 \frac{\text{litres}}{\text{dia}}$$

Partint de la base que necessitarem 120 litres d'aigua calenta, la potència necessària vindrà donada per:

[Eq 2]

$$Potència = \frac{Energia}{temps}$$

L'energia que necessitem està en funció de;

- El volum d'aigua que volem escalfar (*Volum*)
- L'increment específic de temperatura de l'aigua. En el nostre cas, partim d'una temperatura inicial de 10°C (que és la temperatura ambient), i volem aconseguir una temperatura de 60°C ( $\Delta T$ )
- El calor específic de l'aigua (*c.e. aigua*)
- *Temps*: Està calculat que per a escalfar aquesta aigua, la caldera necessitarà 2 hores

Aquesta relació queda expressada matemàticament en la següent expressió:

$$Potència = \frac{Volum \times \Delta T \times c.e.aigua}{temps}$$

$$Potència = \frac{120 \text{ litres} \times (60^\circ C - 10^\circ C) \times 1 \frac{kcal}{litre} \times ^\circ C}{2 \text{ hores}}$$

$$Potència = 3.000 \frac{kcal}{h}$$

$$\boxed{Potència = 3,5 \text{ kW}}$$

## 2. Càlcul de la Potència Necessària per a proporcionar calefacció

Segons els estàndards utilitzats en el món professional, per a escalfar una casa es necessiten uns 80 W/m<sup>2</sup>. En el nostre cas, això es traduirà en:

$$Potència = 150 \text{ m}^2 \times 80 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$Potència = 12.000 \text{ W}$$

$$Potència = 12 \text{ kW}$$

## 3. Potència Necessària per a tota la Instal·lació

Per tant la instal·lació de la casa haurà de ser suficient per a suplir l'ACS i la calefacció:

$$Potència \text{ caldera} = Potència \text{ necessària ACS} + Potència \text{ necessària calefacció}$$

$$Potència \text{ caldera} = 12 \text{ kW} + 3,5 \text{ kW}$$

$$Potència \text{ caldera} = 15,5 \text{ kW}$$

A aquesta dada se li haurà d'aplicar posteriorment el rendiment de la caldera.

## 4. Consum Energètic Anual

Un cop calculada la potència necessària, ja podem procedir a calcular el consum energètic anual d'aquesta casa de 150 m<sup>2</sup>, amb 4 habitats i situada al Pla de l'Estany.

[Eq 3]

$$Potència = \frac{Energia}{temps}$$



$$Energia = Potència \times temps$$

Com es dedueix de la fórmula anterior, el Consum Energètic Anual (*Energia*) està en funció de la potència (15'5 kW) i el temps que la caldera està en funcionament. Aquestes hores dependran de la climatologia de la zona, i pel cas específic del Pla de l'Estany, la mitjana de funcionament és de 1.300 hores/any.

$$Energia = \frac{15 \text{ kW}}{\text{rendiment caldera}} \times 1.300 \text{ hores}$$

$Energia = 20.150 \frac{\text{kW/any}}{\text{rendiment caldera}}$
---

Un cop calculat el Consum Energètic Anual, ja es pot calcular el combustible necessari:

[Eq 4]

$$Combustible \text{ necessari} = \frac{\text{Consum anual}}{PCI}$$

Com es dedueix de la fórmula [Eq 4], el combustible anual necessari dependrà principalment del:

- Consum energètic anual [Eq 3], que queda en funció del rendiment de la caldera que escollim
- Poder Calorífic Inferior (PCI) del combustible necessari per a la instal·lació escollida

Abans de continuar, però, justifico el per què utilitzem el PCI per al càlcul del combustible anualment necessari.

## **Què és el PCI?**

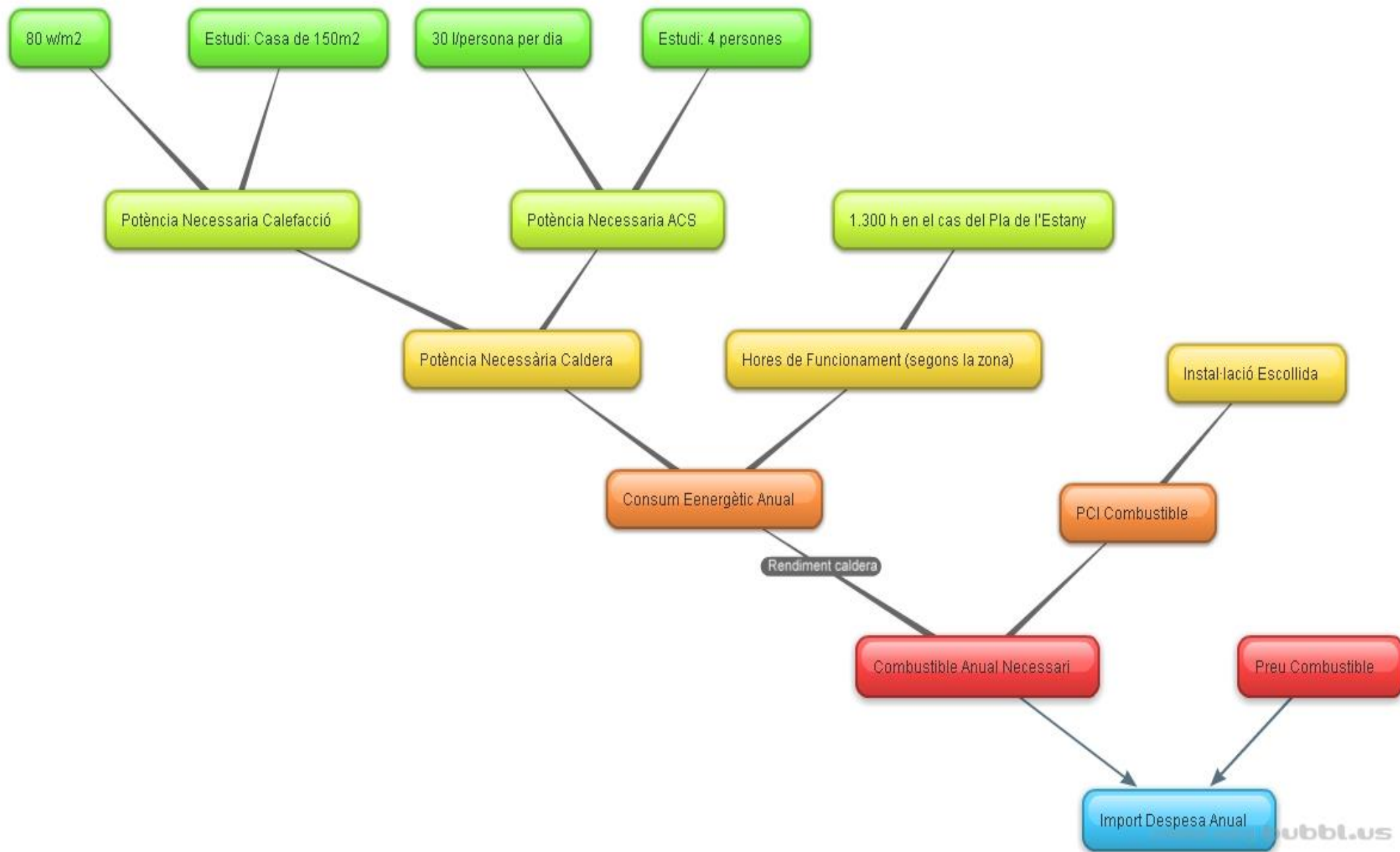
El Poder Calorífic és la quantitat d'energia que hi ha continguda en una unitat de combustible. Hi ha dos tipus de poder calorífic:

- El Poder Calorífic Superior (PCS) i,
- El Poder Calorífic Inferior (PCI).

En el PCS s'hi té en compte la calor generada per la combustió d'aquesta font energètica més l'energia que desprèn el vapor d'aigua condensat que ha produït aquesta combustió. En canvi, pel PCI només hi tenim en compte l'energia generada per la pròpia font energètica. Com que la major part de calderes i motors solen expulsar l'aigua en forma de vapor, s'utilitza el PCI a l'hora d'analitzar el seu rendiment.

Sintetitzo el procediment que aquí descrit en el següent esquema:

**Esquema 1: Model Utilitzat per a Calcular l'Import Anual destinat a la Calefacció i Producció d'ACS**



Per acabar amb aquest apartat, i calculat el Consum Energètic Anual, només em queda conèixer el preu dels diferents combustibles per conèixer l'Import Anual destinat a Calefacció i Producció d'ACS. Detallo en el següent apartat els preus dels diferents combustibles considerats, que utilitzo posteriorment per a efectuar una comparativa entre energia/Kg, preu de cada unitat energètica (Taula 7 i Taula 8) i finalment les simulacions de l'apartat 5.

### 3.3 Preu dels diferents Combustibles

En aquest Apartat hi trobareu detallada la informació relativa als preus de cada un dels combustibles que he escollit, així com la font d'informació. En tots els casos, el preu és el que paga el consumidor final.

#### 3.3.1 Pèl·let

Per a obtenir el preu pèl·let he seguit els consells del Sr. Jaume Vicenç. Va ser ell qui em va adreçar a Zibusca.com com a distribuïdor d'aquest combustible.

**Taula 4: Preu pèl·let diferents proveïdors**

<b>Empresa</b>	<b>kg</b>	<b>€/kg</b>	<b>Preu Comanda</b>	<b>Localització Empresa</b>
Pel·let Oferta	3.150	0,31 €	966,00 €	Comparador
Novafoc	2.310	0,31 €	724,00 €	Anoia
Enerbio	2.160	0,32 €	688,00 €	Barcelona
Pel·let Farners	2.100	0,32 €	676,00 €	Sta. Coloma de Farners
Rebrot de Foc	2.100	0,33 €	686,00 €	La Garriga
Naparpellet	2.100	0,33 €	688,00 €	Navarra
Iberpel·let	2.100	0,34 €	716,00 €	Igualada
Pellets Asturias	2.160	0,38 €	816,00 €	Asturias

Font: <http://www.zibusca.com/buscador>

Com es pot apreciar a la taula anterior, es donen els preus de diferents proveïdors. Tot i que les variacions de preu no són substancials d'un proveïdor a l'altra, i més tenint en compte que probablement els preus més baixos corresponen a les comandes més altes (i per tant, amb descomptes per quantitat), he escollit el proveïdor en funció de la proximitat geogràfica. Per això, agafo com a preu de referència el de Pèl·let Farners.

### **3.3.2 Llenya**

En aquest cas, agafo com a referència la llenya d'alzina. Té un poder calorífic molt similar al roure o a l'olivera, però la seva disponibilitat en el mercat i a la zona fa que sigui la més adient. És una llenya que comparada amb les altres és molt densa, i per tant, té un gran poder calorífic.

Seguint amb el criteri marcat anteriorment, he escollit proveïdors de la zona: Llenyes Garriga SC, i Llenyes Selectes Masdeu (Joan i Adrià Masdeu S.C.), tot i que els preus presenten (igual que amb el pèl·let) poques oscil·lacions entre oferents: 130 €/ton.

### **3.3.3 Gasoil**

Per aconseguir els preus del gasoil de calefacció vaig preguntar al Sr. Solé, cap de zona de Repsol-Ypf. Malauradament, i tot i la seva disposició a ajudar-me, ell només em podia facilitar preus del gasoil d'automoció. De totes maneres, i per sort, he pogut accedir als preus de gasoil per a calefacció per als diferents anys d'un proveïdor concret: Petro Palol S.L.

**Taula 5: Històric de Preus del Gasoil C**

<b>DATA</b>	<b>Preu l.</b>
Setembre 2004	0,49€/l.
Febrer 2005	0,48€/l.
Desembre 2005	0,61€/l.
Febrer 2006	0,61€/l.
Desembre 2006	0,59€/l.
Març 2007	0,61€/l.
Gener 2008	0,74€/l.
Maig 2008	0,94€/l.
Gener 2009	0,58€/l.
Maig 2009	0,51€/l.
Gener 2010	0,63€/l.
Juliol 2010	0,73€/l.
Novembre 2010	0,68€/l.
Febrer 2011	0,81€/l.
Maig 2012	0,96€/l.
Desembre 2013	0,93€/l.
Octubre 2014	0,89€/l.
Gener 2015	0,65€/l.
Juny 2015	0,72€/l.
Setembre 2015	0,62€/l.

**Font:** Elaborat a partir dels preus de Petro Palol S.L.

### **3.4 Anàlisi comparativa de les diferents fonts energètiques en termes de cost i capacitat calorífica**

A continuació tenim els PCI (poder calorífic inferior) de tots els combustibles utilitzables en les instal·lacions que anteriorment he analitzat. Donat que els poders calorífics dels diferents combustibles venen donats en funció de la seva naturalesa, he homogeneïtzat totes les dades per tal de poder efectuar una comparativa.

Tot i que existeixen diferents fonts que donen informació sobre el PCI dels diferents combustibles<sup>5</sup> (les dades varien lleugerament d'una font a l'altra), m'he quedat amb les dades que dóna l'IDAE ("Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía") per ser un organisme depenent del Ministeri d'Indústria, Energia i Turisme, menys per al cas del gas, que ha estat extret de l'informe efectuat per l'ICAEN, depenent de la Generalitat de Catalunya.

Les dades de partida són les següents:

**Taula 6: Poders calorífics inferiors de les principal fonts energètiques**

Classe de combustible		PCI (GJ/t)	PCI (kWh/Kg)	PCI (kcal/Kg)
Petroli y productes petrolífers	Petroli brut	42,55	11,82	10.190
	Benzina	43,89	12,19	10.510
	Gasoil	42,47	11,80	10.170
Gasos	Gas natural	41,15*		
Carbons	Lignito	13,34	3,71	3.195
Biomassa	Biomassa en general	14,12	3,92	3.382
	Estella de pi triturada (Humitat <20%)	15,07	4,19	3.608
	Pel·lets en general	16,45	4,57	3.940
	Pel·let de fusta (Humitat <15%)	18,04	5,01	4.319

**Font:** IDAE (2014)

(\*) Generalitat de Catalunya (2012)

<sup>5</sup> Vegeu per exemple, [www.ivace.es](http://www.ivace.es) (Institut Valencià de Competitivitat Empresarial), així com altres planes professionals com: <http://petromercado.com/blog/37-articulos/182-poder-calorifico-en-kw-del-gasoleo-c-butano-y-pellet.html>, [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/TextosLegales/RD/2004/2267\\_04/Ficheros/tabla1\\_4.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/TextosLegales/RD/2004/2267_04/Ficheros/tabla1_4.pdf), <http://nergiza.com/redescubriendo-la-lena-el-combustible/>

A partir de la informació de la Taula 6 he elaborat la següent (Taula 7) on s'hi pot comparar de manera molt fàcil el Poder Calorífic de les diferents fonts. Noteu que he utilitzat la unitat de mesura MJ/kg donat que és la més comunament utilitzada:

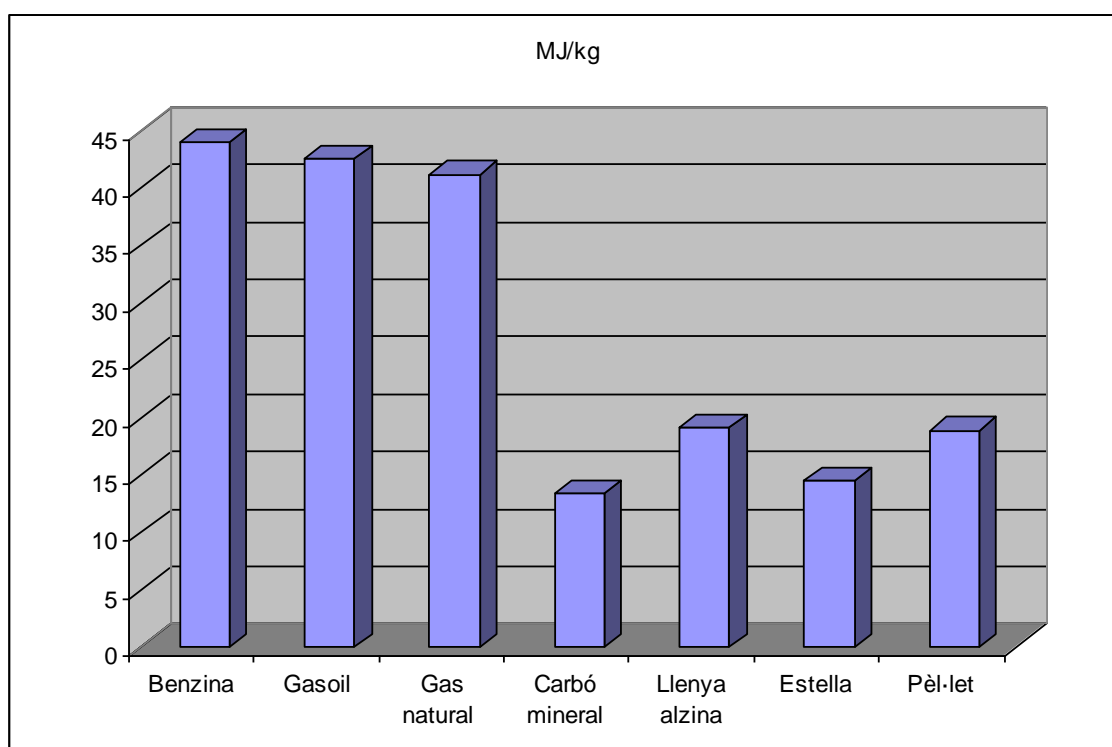
**Taula 7: Comparativa dels PCI en MJ/Kg**

	Benzina	Gasoil	Gas natural	Carbó mineral	Llenya alzina	Estella	Pèl·let
MJ/l		35,93					
MJ/m3			36				
MJ/kg	43,89	42,47	41,15	13,34	19,04	14,4	18,83

**Font:** Elaboració pròpia a partir de les dades d'IDAE (2014)

En el Gràfic 1, elaborat a partir de la informació de la Taula 7, queda clar que les fonts d'energia fòssils són les que tenen més valor calorífic.

**Gràfic 1: Comparativa dels PCI en MJ/Kg**



**Font:** Elaboració pròpia



Queda clar doncs el per què els combustibles fòssils han estat els més utilitzats en la generació de tot tipus d'energia.

Aquesta comparativa (poders calorífics de les diferents fonts energètiques) queda més completa si hi afegim quin és el cost per unitat energètica. Per això, partint de les dades de la Taula 7, calculo què val cada MJ d'energia. Per a fer-ho, he passat totes les dades a €/kg ja que la informació de partida (Taula 7) ve donada en MJ/kg. Això em permetrà aplicar els factors de conversió fins arribar als €/MJ.

Primer de tot, cal tenir en compte que la naturalesa dels diferents combustibles determina com venen mesurats.

- Pel cas dels combustibles sòlids (la biomassa i el carbó), les dades de partida venen en €/kg.
- En el cas dels combustibles líquids (gasoil i benzina), les dades de partida venen donades en €/l. Per això, he hagut d'elaborar factors de conversió introduint la densitat per a arribar a la unitat desitjada (€/kg)
- Per últim, en el cas del gas, la informació ve en €/kw/h. Aquesta dada és comparable a €/MJ, ja que tant kw/h com MJ són unitats d'energia.

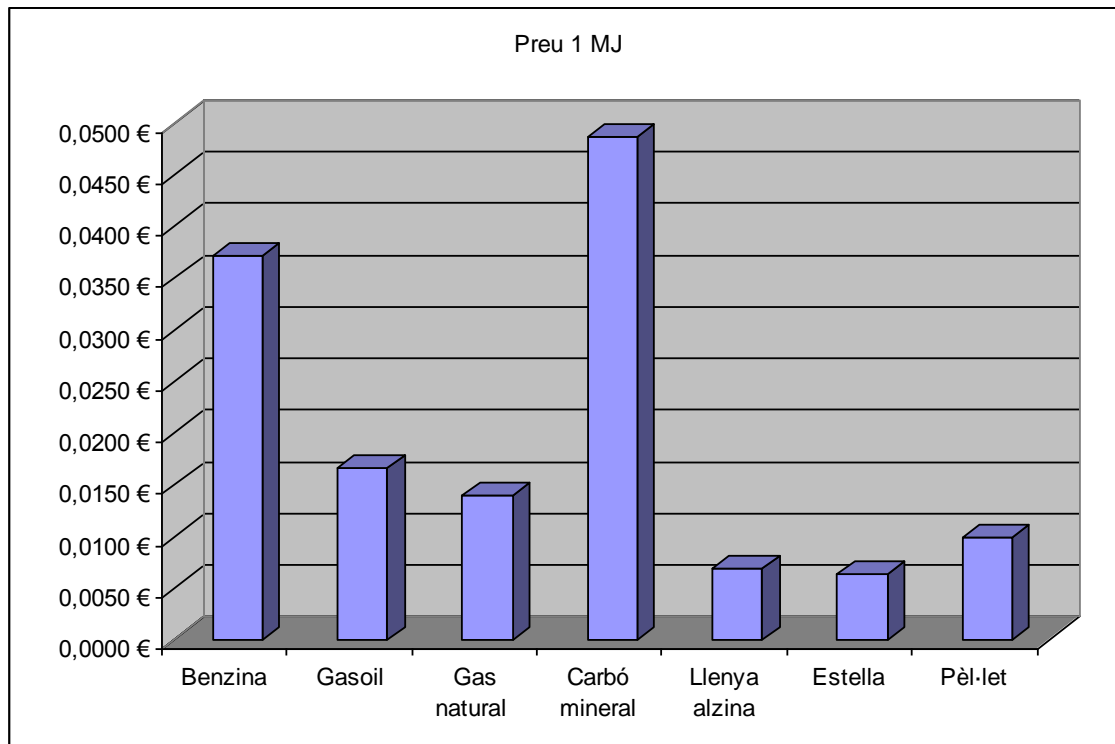
**Taula 8: Preu de Cada Unitat Energètica**

	<b>Benzina</b>	<b>Gasoil</b>	<b>Gas natural</b>	<b>Carbó mineral</b>	<b>Llenya alzina</b>	<b>Estella</b>	<b>Pèl·let</b>
<b>€/l</b>	1,19	0,62	0,59				
<b>€/kw/h</b>			0,0519				
<b>€/kg</b>	1,63	0,7045		0,65	0,13	0,09	0,186
<b>€/MJ</b>	0,0388	0,0166	0,014	0,027	0,0068	0,0063	0,0099
<b>Preu 1 MJ</b>							
<b>MJ</b>	0,0371 €	0,0166 €	0,0140 €	0,0487 €	0,0068 €	0,0063 €	0,0099 €

**Font:** Elaboració pròpia a partir de preus de mercat

Tot i que la taula és prou explicativa en sí mateixa, queda més clar gràficament.

**Gràfic 2: Preu de Cada Unitat Energètica**



**Font:** Elaboració pròpia

De bon principi ja podríem descartar tant la benzina com el carbó. Tot i que la benzina té un poder calorífic molt elevat, és massa cara i no és viable per a fer funcionar una caldera. Veiem que la biomassa, que té un poder calorífic bastant inferior que les altres fonts d'energia, és tant barata que el preu per energia és més econòmic que el gasoil i el gas natural. Això també vol dir que, com que el seu poder calorífic és més baix però el seu preu també és més baix, n'hi haurà d'haver més quantitat per a poder alimentar la caldera, i per tant l'emmagatzematge serà més complicat.

## 4 Anàlisi de diferents escenaris

A l'hora d'efectuar escenaris, s'utilitzen les opinions de diferents experts per a entendre les condicions que influeixen sobre una realitat concreta i d'aquesta manera poder preveure una tendència. Partint d'aquesta base, a l'hora d'elaborar els escenaris de preus en el mercat dels combustibles fòssils, he agafat la premsa econòmica d'abast nacional (www.lavanguardia.com i elpais.com) i premsa econòmica especialitzada (eleconomista.es, expansion.com i cincodias.com). També he recollit la opinió de persones afins al sector dels hidrocarburs per a entendre quines són les perspectives que aquests experts presenten per al sector. De totes maneres, per a tenir una visió més àmplia del tema, també he considerat corrents d'opinió alternatives a les oficials, posades de manifest per persones de l'àmbit científic i publicades en diferents articles acadèmics i blocs de divulgació, que detallo a l'Annex 8.3. Vull deixar clar però, que no puc assignar cap probabilitat d'ocurrència de que succeeixi una cosa o una altra ni predir un preu exacte o l'altra. Només em cenyixo als punts de vista expressats i estimo un preu per a cada cas.

Dedicaré doncs aquest apartat, a mostrar els punts més rellevants de les diferents opinions recollides per tal de justificar els preus que utilitzo a l'apartat 5.1 per a determinar els preus i realitzar els meus càlculs. Aquestes corrents d'opinió, que divideixo en optimista i pessimista principalment, són el que em serveixen a mi per a marcar *dues tendències alternatives de preu*: la primera (derivada de l'opinió més optimista), marcada per l'*estabilitat en el llarg termini*, i la segona (derivada del corrent més pessimista) marcada per una *alta inestabilitat* de preus i sempre *amb una tendència a l'alça*.

### 4.1 Escenari I: Els Preus dels Combustibles Fòssils es Mantindran Estables gràcies a la Millora de les Tècniques Extractives

Abans de continuar, haig de dir que per a simplificar la meva recerca, m'he centrat en el petroli, donat que és el recurs més crític<sup>6</sup> (Mediavilla i col, 2013, Mediavilla, 2013). De

---

<sup>6</sup> Donat que no totes les energies són intercanviables, el sector del transport es manifesta com a un dels sectors de més difícil solució. Pràcticament, la totalitat del sector del transport funciona gràcies a l'ús del petroli. Tot i que, amb reserves, es podria arribar a electrificar part del parc automobilístic (Capellán

totes maneres, com es pot veure a la Taula 10 (apartat 4.2), estan sota vigilància tot tipus d'hidrocarburs fòssils.

Per a efectuar aquesta investigació, vaig buscar als diaris generalistes d'abast nacional així com els de caràcter econòmic (tots especificats al principi d'aquesta secció). Ha estat una tasca senzilla perquè introduint les paraules “*Combustibles*”, “*Petróleo*”, “*Combustibles fósiles*”, “*Energia no renovable*”, “*Fuentes energía*”, “*Energía*” en els mateixos diaris, ja em van sortir notícies relacionades amb el tema. Sintetitzo les conclusions que n'he extret de la lectura dels diferents articles i em baso en dos d'ells (Bernardos, 2015; Marzo, 2015) per a desenvolupar aquest apartat ja que es tracta de dos professors universitaris, el primer professor titular de la Facultat de Ciències Econòmiques i el segon Catedràtic d'Estratigrafia i Professor de Recursos Energètics i Geologia del Petroli de la Facultat de Geologia, ambdós a la Universitat de Barcelona<sup>7</sup>.

A l'hora d'explicar l'evolució dels preus, els economistes utilitzen la quantitat d'oferta i demanda que hi ha en un mercat. En el cas del petroli, la baixada del preu ve explicada per una baixada en la demanda i, sobre tot, un augment de l'oferta (Bernardos,2015; Marzo,2015; Moreno, 2015):

- Pel costat de la demanda: La reducció de l'activitat econòmica en països emergents (Xina i Brasil, principalment) ha provocat la disminució de la demanda d'energia i per tant de petroli a nivell mundial.
- Pel costat de l'oferta, existeixen diferents factors que han incidit sobre el seu increment:
  - Augment de la producció als EEUU gràcies al desenvolupament tecnològic que permet extraure del subsòl el petroli no convencional procedent del fràcking i terres bituminoses.
  - Augment de les reserves existents constatades pel descobriment de nous jaciments en aigües profundes.

---

i col, 2014; Jarauta, 2012; Mediavilla i col, 2013; Turiel, 2015) és impossible de fer-ho en el sector de la maquinària i els camions. En aquest cas, es necessitarien unes bateries de liti enormes, que no són viables. Per altra banda, la substitució del petroli pels biocombustibles a gran escala, no sembla una opció possible per les baixes TREs (vegeu Taula 9).

<sup>7</sup> Vegeu Annex 8.3

- Aixecament de l'embargament comercial a Iran després del seu compromís de no continuar amb el seu programa nuclear.
- Tot i aquest augment de producte en el mercat, els països productors de petroli convencional (Aràbia Saudita, Rússia, Irak) no han disminuït la seva producció. Una de les raons que explica aquesta decisió és que són països que depenen molt dels ingressos del petroli per a mantenir les seves estructures estatals. Un altra argument esgrimit pels experts són els interessos geoestratègics (jo no discutiré sobre el tema aquí perquè va més enllà del meu treball).

A part d'aquest augment de l'oferta, una aposta decidida per les energies renovables també ajudaria a frenar la demanda de petroli. Encara que aquesta aposta, de moment, sembla tímida, la necessitat de frenar el canvi climàtic obligarà als governs a prendre mesures cada vegada més decidides.

Tots els arguments presentats fan pensar a diferents bancs d'inversió que el preu del barril s'estabilitzarà en els 50\$ més o menys (Bernardos, 2015), i difícilment per sobre dels 65\$ segons una enquesta realitzada a un grup d'experts per l'Agència Bloomberg (Moreno, 2015) en els propers 2 anys i fins i tot 3. De fet, segons explica Moreno (2015) en el seu article del Cinco Días, difícilment veurem el Barril de Brent a 100\$ en el mig termini.

Aquestes idees queden reforçades per les entrevistes que vaig efectuar a persones vinculades al món de l'automoció, la banca d'inversió i el món dels carburants.

## **4.2 Escenari II: Els Preus estaran subjectes a una gran Variabilitat i tendiran a Pujar**

Justificar la línia de pensament que seguidament ve no és fàcil, i per això hi dedicaré més espai. Seguint amb les tesis que s'han exposat en l'apartat anterior sí que és possible que el número de pous petrolífers hagi augmentat i per tant, podem comptar un

augment de les reserves existents. El problema és que cada vegada és més costós extreure aquests recursos. Aquesta idea està basada en 2 conceptes relacionats entre sí;

- La Taxa de Retorn Energètic (TRE)
- El Pic del Petroli

Seguidament desenvolupo aquests conceptes per a justificar la línia argumental utilitzada pel corrent més pessimista sobre la disponibilitat futura dels recursos fòssils.

#### **4.2.1 La Taxa de Retorn Energètic (TRE)**

*Les limitacions en l'aprovisionament de petroli té a veure amb la taxa de producció, no amb les grans reserves existents.* Aquesta idea és la que diversos grups de científics i experts en la matèria<sup>8</sup> han utilitzat per a argumentar que *el petroli primer, el gas, l'urani i finalment el carbó barats tenen els dies comptats.* El petroli més fàcil i de major qualitat (el cru convencional) ja es va extreure als inicis de la indústria, però no podem esperar obtenir les mateixes quantitats de petroli al mateix ritme de sempre. I no podem esperar que els rendiments dels pous actuals, més petits, complexes i difícils de perforar, siguin els mateixos que els que vam obtenir de les reserves procedents dels pous molt més superficials i directes del passat<sup>9</sup>, tot i els progressos tecnològics.

Aquesta idea expressa el que els científics defineixen com a Taxa de Retorn Energètic (TRE). Es dedueix ràpidament que la TRE és la quantitat d'energia utilitzable que obtenim respecte la energia que hem d'invertir per a obtenir-la i per tant, un combustible serà millor com major sigui aquesta TRE<sup>10</sup>.

---

<sup>8</sup> a l'Annex 8.3 hi he detallat els organismes, planes i blocs que he consultat per a desenvolupar aquest apartat

<sup>9</sup> <http://resourceinsights.blogspot.com.es/2013/12/7-things-everyone-knows-about-energy.html>

<sup>10</sup> [https://es.wikipedia.org/wiki/Tasa\\_de\\_retorno\\_energ%C3%A9tico](https://es.wikipedia.org/wiki/Tasa_de_retorno_energ%C3%A9tico)

**Taula 9: TRE de les Principals Fonts Energètiques**

Fonts	TRE segons Cleveland <sup>[1]</sup>	TRE segons Elliott <sup>[2]</sup>	TRE Hore-Lacy <sup>[3]</sup>	TRE (Altres estudis)
<b>Combustibles Fòssils</b>				
Petroli				
- Fins el 1940	> 100			
- Fins el 1970	23	50 - 100		
- Avui	8			5 - 15
Carbó		2 - 7	7 - 17	
- Fins el 1950	80			
- Fins el 1970	30			
Gas natural	1 - 5		5 - 6	
Pissarra bituminosa	0,7 - 13,3			< 1
Energia nuclear				
Urani 235	5 - 100	5 - 100	10 - 60	< 17
Plutoni 239				
Fusió nuclear				< 1
<b>Energies Renovables</b>				
Biomassa		3 - 5	5 - 27	
Hidroelèctrica	11,2	50 - 250	50 - 200	
Eòlica		5 - 80	20	
Geotèrmica	1,9 - 13			
Solar				
- Mitjançant col·lectors	1,6 - 1,9			
- Tèrmica	4,2			
- Fotovoltaica	1,7 - 10	3 - 9	4 - 9	7 - 20
Etanol				0,6 - 1,2
- De canya de sucre	0,8 - 1,7			
- De blat de moro	1,3			
- De residus de blat de moro	0,7 - 1,8			
Metanol (de fusta)	2,6			

**Font:** [https://es.wikipedia.org/wiki/Tasa\\_de\\_retorno\\_energ%C3%A9tico](https://es.wikipedia.org/wiki/Tasa_de_retorno_energ%C3%A9tico)

<sup>[1]</sup> Afiliat a la Universitat de Boston

<sup>[2]</sup> Afiliat a l'Open University d'Irlanda

<sup>[3]</sup> Afiliat a "World Nuclear Association"

Si em permeto reproduir aquesta taula és perquè va estar elaborada per Ugo Bardi<sup>11</sup>, professor de la Universitat de Florència i afiliat a ASPO Itàlia<sup>12</sup> a partir de les conclusions de diferents estudis i informes. Les dades no són definitives, ja que l'estudi de les TRE segueix sent objecte de debat i d'anàlisi<sup>13</sup>, però sí que serveixen per a il·lustrar clarament diverses idees:

- Abans dels 70s la qualitat del petroli i el carbó (mesurada com a qualitat d'energia extreta envers la inversió energètica) era substancialment major que l'actual i molt superior a la resta de fonts energètiques.
- A excepció de l'energia hidroelèctrica, la TRE de les energies fòssils no té comparació amb la de les energies renovables.
- Existeixen diferents categories a l'hora de parlar de les fonts energètiques segons la seva TRE. Utilitzo el petroli com a exemple, però aquesta categorització és extensible a la resta de recursos.

Desenvolupant aquesta idea més a fons, i pel cas del petroli en concret, l'Agència Internacional d'Energia (AIE)<sup>14</sup> barreja peres i pomes en comptabilitzar les reserves existents, doncs considera com a petroli "tots els líquids del petroli". Aquesta nomenclatura li permet a la AIE comptabilitzar el petroli convencional (cru), que és el de major qualitat (major TRE), amb la resta de derivats que s'han de sintetitzar d'alguna manera o una altra per a poder-los utilitzar. D'aquesta manera, si bé és certa l'afirmació de la AIE que la quantitat de reserves han augmentat, no podem dir que aquestes reserves siguin les de major qualitat. En aquest cas concret, les reserves de petroli que més han augmentat són els Líquids del Gas Natural (NLG: Natural Gas Liquids) procedents dels pous de petroli. Aquests NLG s'utilitzen actualment per a sintetitzar dièsel, tot i que aquesta transformació no és viable energèticament i per tant tampoc ho és econòmicament (Turiel, 2012).

---

<sup>11</sup> Vegeu Ugo Bardi, "*Il Conto in banca del l'energia: il ritorno del l'investimento*"

[http://www.aspoitalia.it/documenti/bardi/eroei/eroei.html#\\_ftn1](http://www.aspoitalia.it/documenti/bardi/eroei/eroei.html#_ftn1)

<sup>12</sup> vegeu Annex 8.3 per a més informació sobre ASPO

<sup>13</sup> Vegeu Hall, Ch; Lambert, J; Balogh, S;(2014) per a un estudi recent.

<sup>14</sup> A l'annex 8.3 jo m'hi he referit amb l'acrònim de IEA, que és l'acrònim de les inicials originals (anglès)



Per tant, i en base a la informació presentada (que no és exhaustiva, ni molt menys), la tesi d'aquests experts és que:

- La qualitat dels combustibles fòssils és cada vegada menor i els preus de cost no són repercutits en els preus de mercat. De fet, existeixen diversos informes que adverteixen dels elevats costos econòmics i ambientals del fracking, en contradicció al que s'exposava a l'apartat anterior. Aquests informes alerten que la baixada de preus del gas l'any 2008 i del petroli el 2014 estan portant a la bancarrota a les empreses de fracking i de gas d'esquist, que estan molt endeutades (Turiel, 2013; Zittel, 2015)
- Les energies renovables, de moment, no poden considerar-se substitutes dels combustibles fòssils i l'urani per a proveir tota la quantitat d'energia que la nostra societat demanda perquè la seva capacitat de generació d'energia és molt menor.(Capellán i col, 2014; Giampietro, 2012; Mediavilla i col, 2013).

La conclusió d'aquests autors apunta a la necessitat de dissenyar polítiques destinades a reduir el consum energètic de manera ordenada, descentralitzar la producció d'energia i repensar el disseny de les cases, concebint-les com a petites centrals energètiques (Giampietro, 2012).

#### **4.2.2 El Zenit o Pic dels Recursos Fòssils**

La paraula zenit significa màxim, per tant el pic o zenit d'un recurs fòssils fa referència al punt en el qual la taxa d'extracció és la màxima. Aquesta tesi va ser proposada pel Dr. Hubbert l'any 1956, quan treballava per a la companyia petrolífera Shell. Aquest geofísic va estimar que l'extracció en un camp de petroli segueix una campana de Gauss: és a dir, augmenta de manera exponencial fins arribar a un màxim per a després disminuir amb la mateixa velocitat. Com es pot deduir, aquest concepte va molt relacionat amb la TRE, creixent al principi fins assolir un màxim per a decreixer de manera important un cop assolit el pic.

Em queda donar dades concretes sobre el pic dels diferents combustibles. Vull deixar clar que *aquest pic no significa que s'estimi que a partir d'aquest punt s'acabarà el*

*recurs en qüestió, sinó que la seva taxa d'extracció serà cada vegada menor i més costosa.*

Existeixen molts estudis i informes que han estudiat el pic dels diferents combustibles considerats claus avui en dia. Aquests estudis queden sintetitzats a les taules que Capellán i col. (2014), que mostren en diferents gràfics del seu article. Jo no els reproduiré aquí, si no que em cenyiré als que dona Turiel en el seu blog per a simplificar, que també (com mostro) utilitza dades de fonts d'informació oficials, acadèmiques o instituts de recerca. De totes maneres, més interessant que el moment concret, que de fet també depèn de l'activitat econòmica, és el fet que tal i com argumenta Turiel, l'escassetat dels recursos pot provocar grans alts i baixos en els preus, però sempre amb una tendència a l'alça (vegeu Turiel, 2014).

**Taula 10: Taula Resum del Pic dels diferents Combustibles Fòssils i l'Urani**

Font Energia	Any previsió Pic de Producció	Font d'Informació
Petroli	2005/2006	ASPO - Schindler, J; Zittel, W. (2008) <sup>[1]</sup>
Gas	2020	Bentley, Roger (2002) <sup>[2]</sup>
Urani	Es donen diferents previsions, en funció de les diferents categories segons la TRE. Aquestes són: 2015/2025/2040	Zittel, W ; Bölkow, L. (2006) <sup>[1]</sup>
Carbó	2025	Zittel, W ; Bölkow, L, Schindler, J. (2007) <sup>[1]</sup>

**Font:** Elaborat a partir de Turiel (2010a), Turiel (2010b), Turiel (2010c)

<sup>[1]</sup> Adscrits a l' "Energy Watch Group" (EWG)

<sup>[2]</sup> Adscrit al "Oil Depletion Center"

Independentment, doncs, de la disponibilitat de recursos fòssils i el seu pic màxim, tant important és buscar millores tecnològiques destinades a millorar l'eficiència de les instal·lacions actuals i millorar els rendiments de les energies renovables com apostar

per polítiques de racionalització de l'energia, p.e. establint quotes al consum energètic, tal i com proposa el grup TEQ<sup>15</sup> (“*Tradable Energy Quotas*” o Quotes d’Energia Negociable).

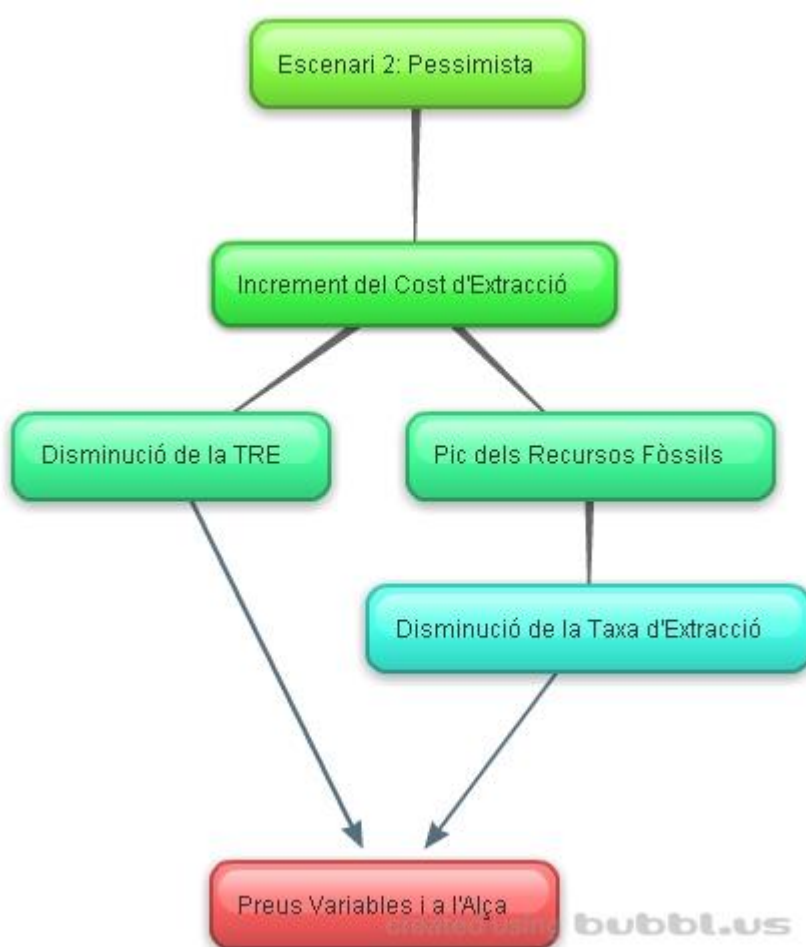
---

<sup>15</sup> [www.teqs.net](http://www.teqs.net)

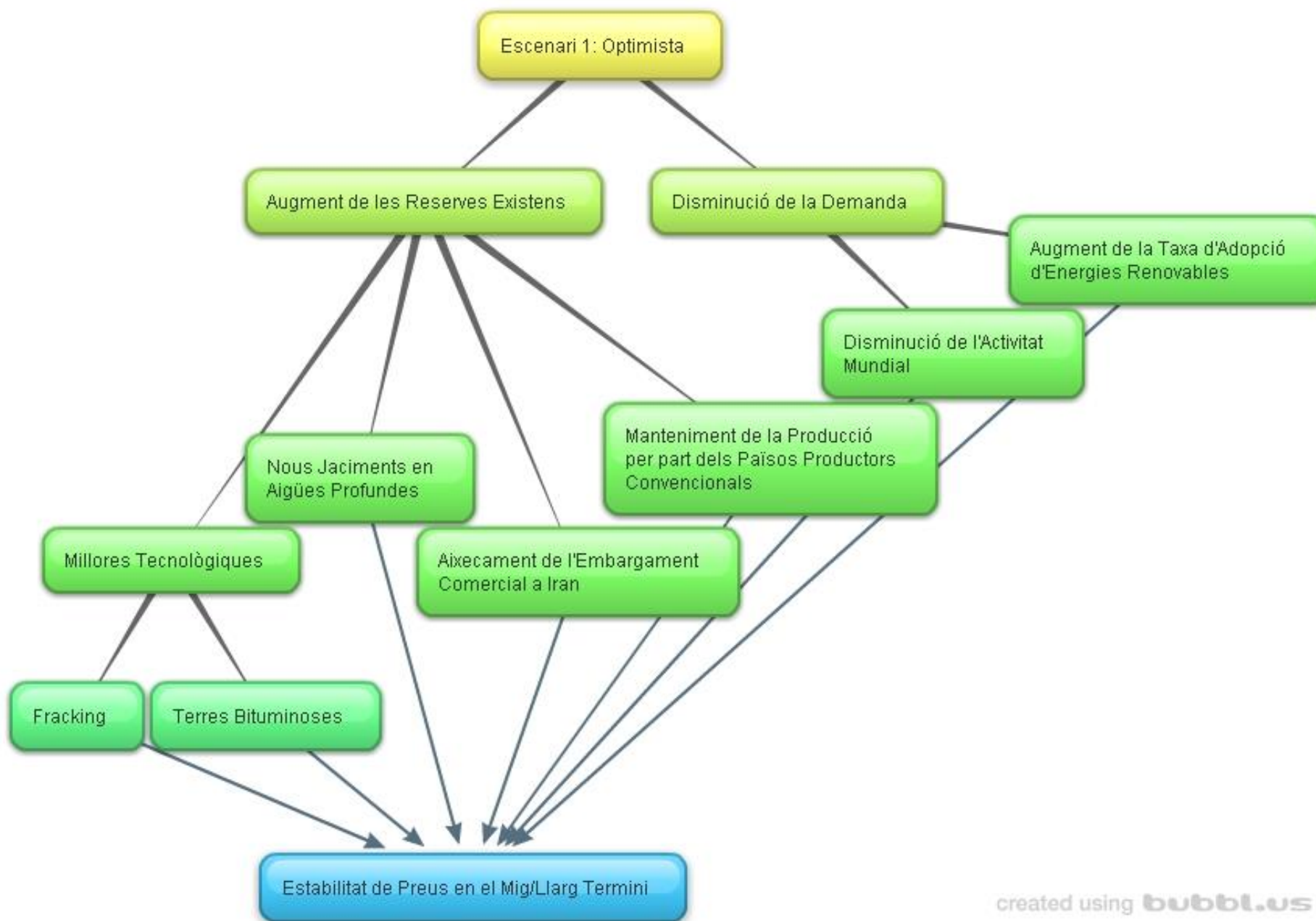
## 5 Simulacions de Preus i Valoració de Resultats

Abans de continuar, resumeixo en el següent esquema els 2 escenaris exposats per 2 corrents d'opinió oposades. Aquests escenaris són la síntesi dels diferents punts de vista recopilats. A partir d'aquests punts de vista estimo 2 forquilles de preus per a cada un dels combustibles, preus que aplicaré al *Consum Anual de Combustible* i que em permetrà conèixer el *Cost Anual del Combustible* per a cada una de les possibilitats plantejades.

**Esquema 3: Escenari Pesimista**



# Esquema 1: Escenari Optimista



Les dades de partida són les següents:

**Taula 11: Preus Combustibles Segons els Escenaris Plantejats**

	Combustibles				
	Gasoil	Llenya	Gas Natural	Pèl.let	Estella
<b>Preu 1 (Escenari Optimista)</b>	0,70 €/kg	0,13 €/kg	0,60 €/m <sup>3</sup>	0,19 €/kg	0,09 €/kg
<b>Preu 2 (Escenari Pessimista)</b>	1,41 €/kg	0,16 €/kg	1,19 €/m <sup>3</sup>	0,28 €/kg	0,12 €/kg

**Font:** Elaborat a partir dels preus corrents i Taula 12

En el primer cas (escenari optimista), els preus es mantenen i en el segon cas (escenari pessimista), aplico els següents factors de conversió:

**Taula 12: Factors de Conversió**

Combustibles				
Gasoil	Llenya	Gas Natural	Pèl.let	Estella
2,00	1,20	2,00	1,50	1,30

**Font:** Elaboració pròpia

Aquests factors de conversió són estimats, i obeeixen als següents supòsits:

- Pel cas del gasoil, com ja he explicat, he suposat que pot arribar a doblar el preu i pot ser el primer en encarir-se.
- Pel cas del gas natural també he suposat que pot arribar a doblar el seu preu donat que el cost de cost de manteniment i les infraestructures són dependents del petroli. A més, també es parla de la possibilitat que el seu pic estigui no massa lluny (vegeu Taula 10).
- Pel cas de la biomassa, també he estimat augments de preu però no tant exagerats.
- En el cas del pèl·let, que és el que té més procés industrial, és el combustible renovable que augmentaria més de preu (un 50%).

- En quan a l'estella i la llenya, aquest procés industrial és molt més reduït i per tant només he suposat augments de preu del 20% i el 30% respectivament.

Tot seguit, procediré al càlcul del combustible anual necessari, segons la instal·lació, i per tant el combustible ([Eq 4]). Resumeixo les dades de partida que utilitzo en la següent taula:

**Taula 13: Dades per a Calcular el Consum de Combustible Anual per Caldera**

	<b>Gasoil</b>	<b>Llenya</b>	<b>Gas Natural</b>	<b>Pèl.let</b>	<b>Estella</b>
<b>Energia Necessària Anual</b>	20.150 kW·h	20.150 kW·h	20.150 kW·h	20.150 kW·h	20.150 kW·h
<b>Rendiment Caldera</b>	96,70%	94,40%	97,60%	95,40%	92,80%
<b>PCI</b>	11,8 kW·h/kg	5,3 kW·h/kg	11,5 kW·h/m <sup>3</sup>	5,2 kW·h/kg	4,0 kW·h/kg

**Font:** Elaboració pròpia i dades obtingudes a partir d'Instal·lacions Cornellà, S.L.

A partir del consum anual de combustible i el seu preu, s'obté la despesa anual en combustible. Aquesta despesa anual queda reflectida a la Taula 14, que s'ha elaborat a partir de la Taula 11 i la Taula 13.

**Taula 14: Càlcul de la Despesa Anual en Combustible Depenent del Preu i Caldera**

	<b>Gasoil</b>	<b>Llenya</b>	<b>Gas Natural</b>	<b>Pèl.let</b>	<b>Estella</b>
<b>Combustible Necessari Anual</b>	1.764,91 Kg	4.032,66 Kg	1.798,07 m <sup>3</sup>	4.034,89 Kg	5.424,00 Kg
<b>Preu Combustible (Preu 1)</b>	0,70 €/kg	0,13 €/kg	0,60 €/ m <sup>3</sup>	0,19 €/kg	0,09 €/kg
<b>Preu Combustible (Preu 2)</b>	1,41 €/kg	0,16 €/kg	1,19 €/ m <sup>3</sup>	0,28 €/kg	0,12 €/kg
<b>Import Combustible Any (Preu 1)</b>	1.243,38 €	524,25 €	1.071,65 €	750,49 €	488,16 €
<b>Import Combustible Any (Preu 2)</b>	2.486,75 €	629,09 €	2.143,30 €	1.125,73 €	634,61 €

**Font:** Elaboració pròpia

Dels càlculs efectuats a la taula es dedueix que en condicions normals (escenari 1) en termes de quantitat de combustible, les instal·lacions que més gasten són les de biomassa, arribant a triplicar la quantitat consumida de l'estella respecte el gasoil. Això és així perquè el seu poder calorífic, per kg, és menor, tal i com es mostra a la Taula 8. I tot i que el seu cost per unitat energètica és molt menor (pot arribar a ser 2,5 vegades inferior), té l'inconvenient de que necessita molt més espai d'emmagatzematge i el seu repostatge és molt més inconvenient.

En cas que es complís l'escenari 2, aquesta diferència en cost seria molt més exagerada i el desavantatge de la biomassa en quan a espai necessari i inconvenients del repostatge perdria tota la rellevància.

## **5.1 Presentació de resultats**

En aquest apartat efectuo una anàlisi de les diferents instal·lacions, tenint en compte el combustible utilitzat, amb la idea de poder-les *comparar en termes d'inversió inicial i cost de funcionament anual*. La meua idea és que l'estalvi econòmic anual d'una alternativa respecte una altra m'hauria de servir per determinar la opció més viable econòmicament, el temps de recuperació de la inversió d'una alternativa respecte una altra i determinar quina podria/hauria de ser la subvenció governamental que estimularia el canvi de tecnologia a gran escala.

Per a efectuar aquesta anàlisi podem estudiar l'amortització de dues maneres diferents:

1. Establir un període d'amortització de les instal·lacions de 20 anys, segons els quadres d'amortització fiscal del 2015 (epígraf d'instal·lacions).
2. En aquest cas comparo el diferencial de despesa anual en calefacció i ACS respecte el diferencial dels costos d'instal·lació. La meua idea és: quan tardaria un individu en recuperar la inversió d'una opció *A* respecte una opció *B*?. Com més curt sigui el termini de temps, més avantatjosa serà l'opció *B* respecte l'opció *A*.



### 5.1.1 Simulació 1: Comparativa dels Costos Anuals Totals de les Diferents Alternatives

**Taula 15: Comparativa del Cost Anual Total de les Diferents Instal·lacions Preus 1**

	<b>Gasoil</b>	<b>Gas natural</b>	<b>Llenya</b>	<b>Pèl·let</b>	<b>Estella</b>
<b>Cost Instal·lació Inicial</b>	6.705 €	5.172 €	8.105 €	9.950 €	9.735 €
<b>Amortització Anual</b>	335,25 €	258,60 €	405,25 €	497,50 €	486,75 €
<b>Import Combustible Any (Preu 1)</b>	1.243,38 €	1.071,65 €	524,25 €	750,49 €	488,16 €
<b>Cost Anual</b>	1.578,63 €	1.330,25 €	929,50 €	1.247,99 €	974,91 €

**Font:** Elaboració pròpia

- Aquesta taula deixa clar que, encara que els preus es mantinguin estables, la instal·lació més avantatjosa és la llenya.
- Tot i que l'estella és la més barata si la mesurem en el cost unitari de l'energia, en incorporar el cost de la inversió inicial, es converteix en la segona millor opció
- En canvi, el gasoil, tot i ser la opció més utilitzada, és la més cara a llarg termini degut al cost del combustible.

**Taula 16: Comparativa del Cost Anual Total de les Diferents Instal·lacions Preus 2**

	<b>Gasoil</b>	<b>Gas natural</b>	<b>Llenya</b>	<b>Pèl·let</b>	<b>Estella</b>
<b>Cost Instal·lació Inicial</b>	6.705 €	5.172 €	8.105 €	9.950 €	9.735 €
<b>Amortització Anual</b>	335,25 €	258,60 €	405,25 €	497,50 €	486,75 €
<b>Import Combustible Any (Preu2)</b>	2.486,75 €	2.143,30 €	629,09 €	1.125,73 €	634,61 €
<b>Cost Anual</b>	2.822,00 €	2.401,90 €	1.034,34 €	1.623,23 €	1.121,36 €

**Font:** Elaboració pròpia

- En aquest cas, que els preus dels combustibles fòssils augmentessin de manera espectacular, la biomassa torna a ser la opció més barata. Aquesta vegada, la diferència es torna molt dràstica.

De totes maneres, aquestes taules només comparen les diferents instal·lacions en valors absoluts. Donat que un individu que es planteja instal·lar un sistema de calefacció i producció d'ACS compararà l'increment del cost inicial amb l'estalvi en cost anual, en el proper apartat comparo aquests diferencials.

### 5.1.2 Simulació 2: Període Necessari per a Recuperar la Inversió d'una Alternativa Respecte una Altra

Seguidament mostraré els diferencials de costos d'instal·lació amb l'estalvi anual en combustible. D'aquesta manera, podré calcular el període de recuperació del diferencial d'inversió a partir de l'estalvi que suposa cada combustible respecte el gasoil (que ja he dit que és la opció més estesa en una casa aïllada).

**Taula 17: Període de Recuperació de la Inversió Respecte al Cost de la Instal·lació del Gasoil**

	<b>Gasoil</b>	<b>Llenya</b>	<b>Gas Natural</b>	<b>Pèl.let</b>	<b>Estella</b>
<b>Estalvi Combustible Any (Preu 1)</b>	0,00 €	719,13 €	171,72 €	492,89 €	755,22 €
<b>Estalvi Combustible Any (Preu2)</b>	0,00 €	1.857,66 €	343,45 €	1.361,02 €	1.852,14 €
<b>Diferència cost instal·lació</b>	0,00 €	1.400,00 €	-1.533,00 €	3.245,00 €	3.030,00 €
<b>Període 1 (Preu 1)</b>		1,95 anys	-8,93 anys	6,58 anys	4,01 anys
<b>Període 2 (Preu 2)</b>		0,75 anys	-4,46 anys	2,38 anys	1,64 anys

**Font:** Elaboració pròpia

D'aquesta taula deduïm que:

- La instal·lació de Gas Natural és la més barata. A més, en ser més barat en cost anual de combustible respecte el gasoil, no té sentit efectuar cap mena de càlcul. Per això l'he desestimat (les dades en gris no tenen cap valor interpretatiu).

- La instal·lació de pèl·let és la més cara respecte el gasoil (3.245 € més), després l'estella (3.030 € més) i per últim la de llenya, que és la més barata (només 1.400 € més)
- La taula també em permet comparar l'estalvi de combustible per any per a cada una de les opcions respecte el Gasoil. En el cas de que els preus es mantinguin estables, per exemple, l'estalvi anual de consum de llenya respecte el gasoil és de 719,3€. Aquest mateix raonament és el mateix per a tots els casos.
- Vull saber quant de temps necessito per compensar l'increment de la inversió que suposa una alternativa respecte l'altra. Concretament, pel cas de la caldera de llenya respecte el gasoil: *Quant de temps tardo en recuperar els 1.400€ de més que em costa la instal·lació?*
  - En cas que els preus es mantinguessin estables, la llenya seria la opció més viable. Un individu tardaria quasi 2 anys en recuperar la diferència d'inversió.
  - En el cas de l'escenari pessimista, la llenya continuaria sent la solució més rendible. En aquest cas tardaríem uns 9 mesos en recuperar la diferència d'inversió. Es pot veure que el període de recuperació és molt més curt ja que el gasoil dobla el seu preu, i en canvi el preu de la llenya només augmenta un 20%.
- Aquesta taula (Taula 17), em permet fer una altra lectura (cas que es mantinguessin els preus): En cas que el Govern volgués estimular la instal·lació de calderes de llenya respecte la del gasoil en el cas de les cases aïllades i sense accés al gas natural podria efectuar una subvenció de 1.400€. Pel cas del pèl·let, aquesta subvenció pujaria a 3.245 € i en el cas de l'estella hauria de ser de 3.030€.

Per a acabar aquest apartat, resumeixo les diferents conclusions que em sembla interessant puntualitzar:

Tal i com he argumentat abans, poden passar 2 coses amb els preus dels combustibles:

- (a) Els preus dels combustibles es mantenen inalterables (*Escenari 1*). En aquest cas, els incentius a fer un canvi de combustible és menor, i per tant, el govern podria estimular aquests canvis a través de subvencions per l'import equivalent a l'estalvi que suposa una alternativa respecte l'altra.
  
- (b) Els preus dels combustibles pugen de preu degut a l'augment dels costos d'extracció (*Escenari 2*). En aquest cas, l'incentiu a efectuar el canvi és gran, sobre tot en pel cas de la llenya que implicaria recuperar la inversió addicional en menys d'un any.

El problema en ambdós escenaris és l'emissió de gasos d'efecte hivernacle. Per tant, per tal d'estimular l'abandonament de les energies fòssils, al menys en el sector de la calefacció, seria desitjable subvencionar les calderes menys contaminants. Això implicaria incloure una penalització per a aquelles opcions que emeten més gasos efecte hivernacle, tot i que això ja seria objecte d'un altre estudi.

## 6 Motor Stirling

Sigui quin sigui l'escenari amb que ens enfrontem de disponibilitat de recursos fòssils, hi ha un consens generalitzat sobre la necessitat de fer una transició cap a energies renovables (per l'emissió de gasos d'efecte hivernacle). Aquesta transició implica explotar els recursos locals disponibles en funció de cada àrea geogràfica: el sol, el vent, les onades del mar o la biomassa. Per això, em va semblar interessant la construcció d'un prototip de Motor Stirling:

1. Perquè és policombustible (es pot utilitzar qualsevol combustible que generi calor).
2. Perquè és un motor més eficient que la resta de motors.
3. Perquè té vàries aplicacions. La més utilitzada actualment és la producció d'electricitat en les centrals solars de disc<sup>16</sup>.

Les centrals solars de disc són una manera molt eficient de fer electricitat amb energia renovable, però per al meu experiment això era un objectiu inabastable. De fet, i tenint en compte que al Pla de l'Estany tenim suficient massa arbòria, resultaria molt interessant la construcció d'un Motor Stirling que la seva font de combustible fos la biomassa. De fet, ja he demostrat a la Taula 8, que el combustible (dels analitzats) que dona més energia preu és la biomassa i més concretament l'estella. Per això podríem contemplar la idea de utilitzar el Motor Stirling per a generar suficient energia elèctrica per el consum domèstic.

---

<sup>16</sup> Les centrals solars de solars de disc són centrals que aprofiten l'energia solar per a la producció d'energia elèctrica. El seu funcionament consta d'un disc de mirall en forma parabòlica que concentra tota l'escalfor del sol en un punt a on se situa el motor Stirling acoplat a un generador. La principal empresa en la construcció en aquests tipus de motors és la "Solo", amb el seu motor Stirling model V 161, capaç de produir fins a 9 kW a ple rendiment. Podeu consultar diferents projectes de la PSA (Planta Solar d'Almeria) a la següent adreça web: <https://www.psa.es/webesp/instalaciones/discos.php>

## 6.1 Què és

El Motor Stirling va ser inventat l'any 1816 per Robert Stirling, un capellà escocès. L'objectiu era aconseguir un motor menys perillós que la màquina de vapor. Tot i que és la millor opció en quan a rendiment de motors tèrmics, ja que el cicle Stirling és l'únic capaç d'aproximar-se (teòricament ho aconsegueix) al rendiment màxim teòric conegut com a rendiment de Carnot, el seu ús pràctic va quedar limitat durant més d'un segle a aplicacions domèstiques i motors de baixa potència. Aquest motor, de gran antiguitat, continua en investigació gràcies a la versatilitat de les fonts d'energia utilitzables pel seu funcionament, ja que tan sols necessita una font de calor externa al cilindre, fent possible emprar una gran varietat de fonts energètiques.

Igual que la màquina de vapor, el motor Stirling és un motor de combustió externa, ja que totes les transferències de calor cap al fluid de treball es portaran a terme a través de la paret del motor. Això contrasta amb els motors de combustió interna, on l'entrada de calor es fa per la combustió d'un combustible dins el cos del fluid de treball. A diferència d'un motor de vapor, que fa servir un fluid de treball tant en les seves fases líquida com en la gasosa, el motor Stirling tanca una quantitat fixa de fluid en estat permanentment gasós com és l'aire.

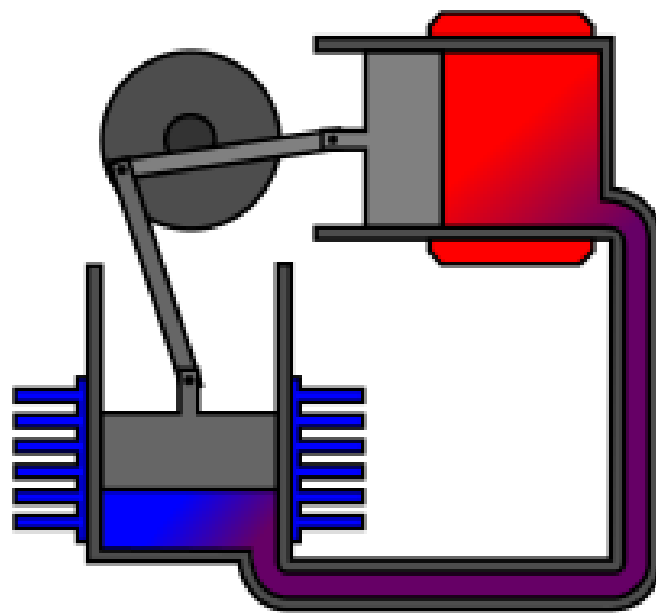
El motor Stirling es caracteritza per la seva alta eficiència, un funcionament silenciós, i la facilitat amb què es pot alimentar amb gairebé qualsevol font de calor. Aquesta compatibilitat amb les fonts d'energia alternatives i renovables ha estat cada vegada més important a mesura que pujava el cost dels combustibles convencionals.

## 6.2 En què es fonamenta

El principi de funcionament és el treball realitzat per l'expansió i contracció d'un gas (normalment heli, hidrogen, nitrogen o simplement aire) el qual és obligat a seguir un cicle de refredament en un focus de fred. El cicle general consisteix a comprimir el gas fred, escalfar el gas, expandir el gas calent, i finalment refredar el gas abans de repetir el cicle, és a dir, és necessària la presència d'un gradient de temperatura entre els dos

focus. L'eficiència del procés depèn de la diferència de temperatura entre el dipòsit calent i el fred.

**Gràfic 3: Esquema Motor Stirling**

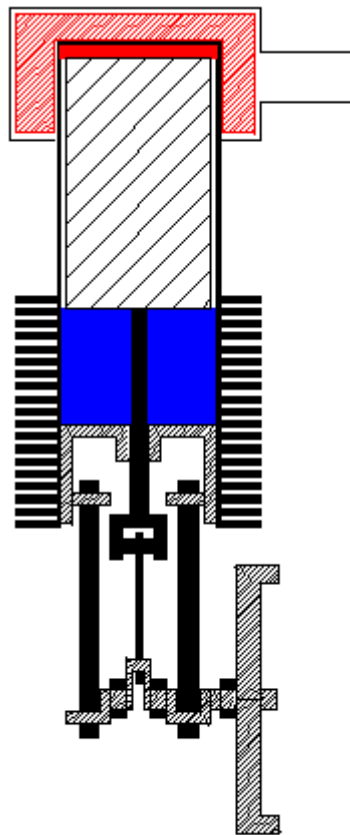


### 6.2.1 Tipus de Motor Stirling

Existeixen tres classes de motor Stirling bàsics:

- **Beta:** És el motor original de Stirling. Consta d'un cilindre on hi ha la zona calenta i la zona freda al mateix temps, als extrems. A l'interior hi ha un pistó desplaçador que té la missió de passar l'aire de la zona freda a la zona calenta i a la inversa. De manera concèntrica amb el pistó desplaçador, hi ha el pistó de força, de radi més gran de manera que sigui hermètic amb el cilindre. És el tipus de motor més eficaç des del punt de vista termodinàmic, però la seva construcció és molt complicada, ja que s'ha de ser molt precís.

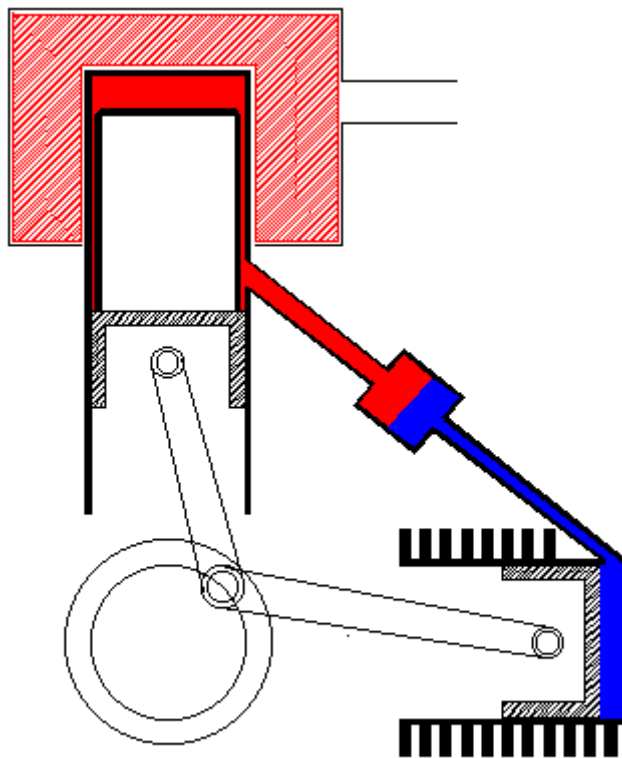
**Gràfic 4: Motor Stirling Beta**





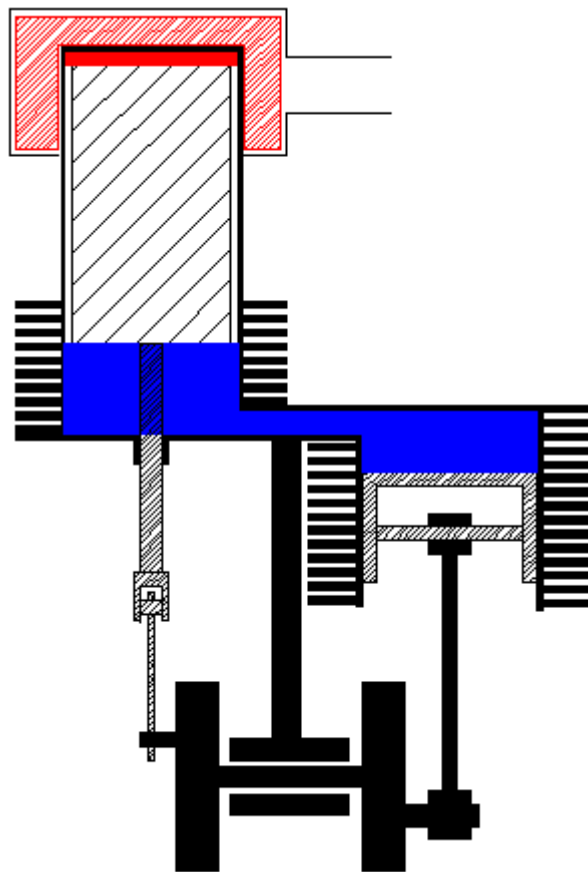
- **Alfa:** Aquest motor no utilitza un pistó desplaçador d'aire com l'anterior, però des d'un punt de vista termodinàmic, el funcionament és similar. Consta de dos cilindres independents, un de calent i l'altre fred, que estan connectats per un tub. En cada un dels cilindres hi ha un pistó que es mou respecte l'altre, i aquest moviment fa desplaçar l'aire d'un cilindre a l'altre, fent així que s'escalfi i es refredi constantment.

**Gràfic 5: Motor Stirling Alfa**



- **Gamma:** Aquest tipus de motor deriva del Beta, però la seva construcció és molt més senzilla. És per aquest motiu que he escollit el motor Stirling Gamma per a fer el meu prototip. Consta de dos cilindres separats: en un d'ells se situa el pistó desplaçador i a l'altre el pistó de força. Normalment, la zona calenta es troba al cilindre on hi ha el pistó desplaçador, i la zona freda a l'altre cilindre. Segurament és la classe de motor menys eficient, ja que l'expansió del treball es realitza en la seva totalitat a menor temperatura.

**Gràfic 6: Motor Stirling Gamma**



## 6.3 Pràctica

Per a la part pràctica he construït un prototip de motor Stirling. Per a la seva fabricació, vaig estar estudiant la teoria de funcionament d'aquest motor i posteriorment em vaig inspirar en un model gamma original d'un canal de Youtube anomenat "*Terrazocultor jose manuel*"<sup>17</sup>. Vaig escollir aquesta opció donat que els materials que utilitzava i la dificultat tècnica estaven al meu abast.

### 6.3.1 Materials Utilitzats en la Construcció del Motor Stirling

- Recipient vidre Pyrex (original d'una tetera d'èmbol)
- Suport metàl·lic (provinent de la mateixa tetera)
- Tap metàl·lic estàndard (provinent d'un pot de conserva)
- Llauna Trina (330ml)
- Raids bicicleta
- Gicleurs "Xiclés" de cremador de caldera
- Tuberia de coure
- Barra d'alumini
- Escanyacables de motocicleta (bieles)
- Disc amoladora
- Pals de fusta
- Silicona transparent
- Cola Nural 27 (soldadura metàl·lica en fred)
- Cremador d'alcohol (casolà)

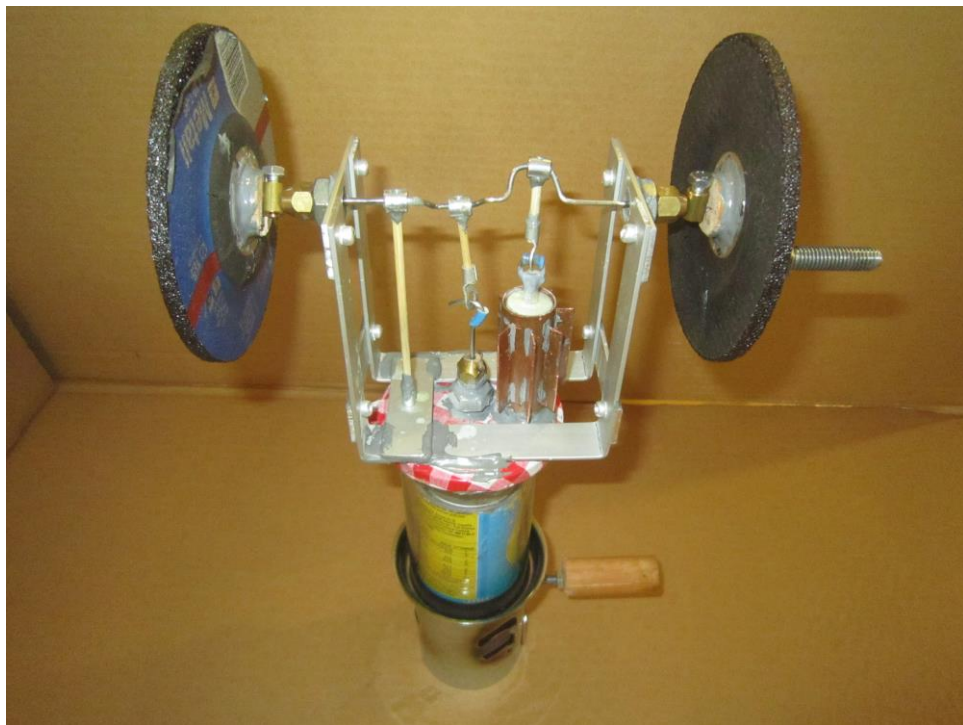
Tot i que al principi d'aquest apartat he incidit en la possibilitat de pensar en un motor Stirling que funcioni amb biomassa, en aquest cas m'he hagut de conformar amb l'alcohol com a combustible ja que només és un prototip.

---

<sup>17</sup> Vegeu <https://www.youtube.com/user/Terrazocultor>

### 6.3.2 Funcionament

A l'enllaç <https://www.youtube.com/watch?v=eAi13LJ2ATA> podeu veure el motor en funcionament.



## 7 Conclusions

Gran part de l'energia que es gasta en una llar va destinada a l'acclimatament d'aquesta. És per aquesta raó que en aquest treball efectuo una anàlisi econòmic que compara les diferents fonts d'energia, i les diferents tecnologies disponibles per a escalfar una casa i produir l'ACS al Pla de l'Estany. Tenint en compte el cost anual de calefacció i producció d'ACS i la inversió inicial (a través de l'inclusió de l'amortització de la instal·lació a 20 anys), els resultats mostren que la llenya, primer, i la resta de combustibles que en són derivats, són una opció més avantatjosa que qualsevol energia fòssil. Aquesta conclusió es repeteix per a les dues hipòtesis plantejades si només fem consideracions econòmiques.

Val la pena remarcar que existeix una visió compartida de que fa falta fer una transició cap a energies renovables per dues raons: (1) Existeixen diferents corrents d'opinió avalades per organismes independents que alerten sobre el pic dels recursos fòssils, contraposades a les fonts més oficials; (2) Hi ha consens generalitzat sobre la necessitat de frenar el canvi climàtic i apostar per energies que emetin menys gasos d'efecte hivernacle a la nostra atmosfera. Jo m'he concentrat en el primer aspecte, el possible esgotament dels recursos fòssils i el seu impacte sobre els preus. Considero que seria interessant pensar en un model que inclogués l'emissió de gasos contaminants de cada una de les alternatives. La finalitat seria posar-hi un valor amb l'objectiu de poder penalitzar les alternatives més contaminants, estimulants així la transició cap a energies més netes.

Per altra banda, a part de l'avantatge econòmic a nivell familiar que significa la llenya com a combustible d'un sistema de climatització, caldria considerar l'impacte que podria tenir la seva implantació a més gran escala. Estimular l'adopció de sistemes de calefacció generats a partir de la biomassa permetria el desenvolupament de la indústria associada a aquest sector, i també comportaria una millora en la neteja dels nostres boscos (que podrien esdevenir rendibles) així com la creació de llocs de treball. En aquest aspecte, i per tal de mantenir-se en la línia de la sostenibilitat, s'hauria de tenir en compte quin és el límit extractiu dels nostres boscos en relació al cicle de regeneració,

en el cas de Catalunya, per tal de controlar que l'adopció de la biomassa no suposés una desforestació per als nostres boscos.

I per acabar, en el treball he tingut en compte varis combustibles per a alimentar les diferents instal·lacions, però ja vaig descartar l'electricitat per vèries raons: (1) És el sistema més car d'escalfar una casa; (2) Té moltes pèrdues durant el transport (el que repercuteix negativament en la seva eficiència a nivell global) i; (3) En línia amb el que es proposa des de posicionaments més ecologistes, descentralitzar la seva producció per aprofitar millor els recursos locals i implementar solucions a petita escala, permetria crear llocs de treball. Aquests arguments són els que em van motivar a construir un petit motor Stirling, que desenvolupat, és un motor que permet generar electricitat utilitzant diferents combustibles amb menys pèrdues d'energia que els motors convencionals. En el meu cas, per qüestions de temps i disponibilitat de materials només he fet un prototip. En aquest sentit, m'hagués agradat poder aprofundir en la possibilitat de construir-ne un de major envergadura, i capaç de funcionar amb llenya o qualsevol altra combustible procedent dels boscos.

## 8 Annexos

### 8.1 Esquema Entrevista Personal

#### Entrevista

##### Preguntes:

1. Necessitat, en kw, de calefacció i producció d'ACS
2. Consum energètic anual, especificant el consum que pertany a la calefacció i el consum que pertany a l'ACS, per a poder calcular posteriorment la quantitat de combustible necessari:

$$\text{Combustible necessari} = \text{consum anual} / \text{PCI}$$

3. Informació sobre les diferents instal·lacions de calefacció i producció d'ACS:
  - a. Esquema
  - b. Rendiment
  - c. Cost instal·lació
  - d. Vida útil de les instal·lacions
  - e. Cost de manteniment anual
4. Informació combustibles:
  - a. Poder Calorífic
  - b. Preus
  - c. Emmagatzematge
  - d. Disponibilitat a la zona
  - e. Històrics de preus
5. Informació sobre algunes instal·lacions que proporcionin energia elèctrica per poder comparar-ho amb el motor Stirling:

6. Visió personal de l'evolució dels sistemes de calefacció i producció d'ACS a 5 anys vista:

## 8.2 Conclusions Entrevista J. Vicenç

Empresa: Enginyeria Energètica Gironina, S.L.

Persona de contacte: Jaume Vicens

Càrrec: Gerent

Data: Dilluns, 5/08/2015

Hora: 12:00h

### Necessitats d'ACS

- L'estàndar d'ACS per persona és de 30 litres/persona/dia
- Per tant, una casa on hi viuen 4 persones necessitarà uns 120 litres d'aigua diaris  
= 4persones x 30 litres diaris.

### Necessitat, en kw, de calefacció i producció d'ACS

#### Potència necessària per a escalfar la casa:

- Es calcula que per a escalfar una casa es necessiten uns 80 W/m<sup>2</sup>.
- Per tant la casa necessitarà uns 150m<sup>2</sup> x 80 W/m<sup>2</sup> = 12.000 W, que ho passarem a 12 kW per comoditat.

#### Potència necessària per a produir l'ACS:

- Per calcular la potència necessària per a proporcionar ACS a la casa es fa de la següent manera:

$$\text{Potència} = \text{Energia} / \text{temps} = (\text{Volum} \times \Delta T \times \text{c.e. aigua}) / \text{temps} = (120 \text{ litres} \times (60 \text{ } ^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}) \times 1 \text{ kcal/litre}\cdot^\circ\text{C}) / 2 \text{ hores} = 3.000 \text{ kcal/h} = 3,5 \text{ kW.}$$



Per tant la instal·lació de la casa haurà de tenir al voltant de  $12 \text{ kW} + 3,5 \text{ kW} = \mathbf{15,5 \text{ kW}}$  de potència. A aquesta dada se li haurà d'aplicar posteriorment el rendiment de la caldera.

### **Consum energètic anual, per a poder calcular posteriorment la quantitat de combustible necessari**

- Partint de la base que la instal·lació funcionarà unes 1.300 hores/any, calculem el consum anual de la següent manera:

*Potència = Energia / temps  $\rightarrow$  Energia = Potència x temps = (15,5 kW / rendiment caldera) x 1.300 hores = 20.150 kW/any / rendiment caldera.*

- I a partir d'aquí podrem calcular el combustible necessari gracies a la fórmula:

*Combustible necessari = consum anual / PCI*

Per tant, serà molt fàcil calcular el combustible necessari un cop haguem triat una instal·lació, només haurem de substituir el rendiment de la caldera, i així sabrem el consum anual, i el poder calorífic inferior, que dependrà de la caldera que haurem escollit.

### **Informació sobre les diferents instal·lacions de calefacció i producció d'ACS**

En quan a les diferents instal·lacions de calefacció i producció d'ACS, el Sr. Vicens no disposava de la informació que em permetés tancar el model que tinc plantejat per a comparar les diferents opcions que hi ha en el mercat. Per aquesta raó, he planejat una altra entrevista que realitzaré durant aquesta primera quinzena d'agost, tot i que ja tinc una primer orientació dels rendiments de les diferents calderes:

**Taula 18: Rendiment Mitjà Calderes**

<b>Tipus de Caldera</b>	<b>Rendiment mitjà</b>
Gasoil condensació	110%
Gasoil no condensació	93%
Gas natural condensació	110%
Gas natural no condensació	93%
Biomassa general	92%

**Font:** Jaume Vicenç

### **Informació combustibles**

El Sr. Vicencs no té informació específica sobre els diferents combustibles que m'interessen. De totes maneres, m'ha posat en contacte amb els següents proveïdors:

- Zibusca
- Enerbio
- Pellet Farners

on aniré a recollir la informació que em falta.

### **Informació sobre algunes instal·lacions que proporcionen energia elèctrica per poder comparar-ho amb el motor Stirling**

Sobretot tinc informació de l'energia solar fotovoltaica i d'aerogeneradors:

**Taula 19: Rendiment altres instal·lacions que proporcionen energia elèctrica**

	<b>Rendiment</b>	<b>Cost instal·lació</b>	<b>Cost explotació</b>
Solar fotovoltaica	15 %	7.500 € = 2.500 W	0 €
Aerogeneradors	40 %	-	0 €

**Font:** Jaume Vicenç

Tot i que aquestes dades són orientatives i hauré d'acabar de completar aquesta informació amb la següent entrevista i amb pàgines web que m'ha facilitat el Sr. Vicencs.

## **Visió personal de l'evolució dels sistemes de calefacció i producció d'ACS a 5 anys vista**

El Sr. Vicens creu que 5 anys són massa pocs per a fer una transició de fonts d'energia finites a fonts d'energia renovables. Segons ell, per a fer aquesta transició, que poc a poc ja s'està fent, hauríem de parlar d'uns 20 anys vista.

Segons el Sr. Vicens, la biomassa és la millor alternativa per a suplir les necessitats tèrmiques en zones amb poca densitat de població, com seria el Pla de l'Estany, però que per a les grans ciutats això és impossible. Per tant, per escalfar les llars de les ciutats la solució més viable serien les bombes de calor, ja que el seu rendiment és molt alt i l'electricitat que necessiten per a funcionar es podria fer fàcilment a partir d'energies renovables, per exemple amb plaques solars fotovoltaïques.

Vam tancar aquesta part de l'entrevista fent referència al confort, ja que una bomba de calor no és tant agradable com una estufa, per exemple. A això ell em va respondre que actualment es comencen a desenvolupar noves tecnologies que faran d'aquest mètode de produir escalfor més confortable, com per exemple aconseguint terres radiant.

### **8.3 Organismes i Blocs de Divulgació que tracten Temes Energètics**

Associacions i Autors que podriem qualificar de « *Peakoilers* » i que m'han servit per elaborar les anàlisis més pessimistes.

Seguidament detallo persones o organismes rellevants que han presentat diferents visions respecte al sector energètic. No tots ells han estat referenciats en el meu treball perquè no he utilitzat les seves dades per a justificar alguns arguments. Trobareu també la plana web per a consultar més informació sobre la organització així com el perfil acadèmic i professional del seu personal adscrit. També detallo nom, cognoms i adscripció de les persones que m'han ajudat en el meu treball.

Per altra banda, vull fer notar que aquí no apareixen els diaris generalistes ni especialitzats en aspectes econòmics que he consultat per dues raons: una perquè no són específics sobre el tema i l'altra perquè ja apareixen a la secció 4 que els correspon.

- **ASPO** : “*Association for the Study of Peak Oil and Gas*”. Xarxa de científics afiliats a diferents institucions i universitats que intenten determinar dates del pic del petroli i el gas i del seu impacte sobre la societat. Més informació a <http://peak-oil.org/>
- **EWG**: “Energy watch Group”. Xarxa internacional composta per científics i parlamentaris de diferents països fundada al 2006. La finalitat d'aquesta institució és la de portar a terme estudis relacionats amb les energies fòssils i les energies renovables per tal de que els polítics tinguin informació neutral a l'hora d'elaborar polítiques energètiques. Més informació a <http://energywatchgroup.org/>
- **AEREN**: Associació per l'Estudi de la Crisi Energètica. És l'associació que representa a ASPO a Espanya . Més informació a <https://lacrisisenergetica.wordpress.com/>
- **Grupo de Energía, Economía y Dinámica de Sistemas, Universidad de Valladolid**. Grup d'investigació adscrit a la Universitat de Valladolid format per un equip interdisciplinari format en l'àmbit de la física, economia i enginyeria. La seva investigació se centra en l'energia i l'economia: anàlisi de polítiques energètiques destinades a potenciar la sostenibilitat, potencial de les energies renovables, canvi climàtic i interacció entre recursos energètics disponibles i economia.

A la seva plana tenen dues línies de publicacions: un de caràcter més acadèmic i l'altra divulgatiu. Per a més informació vegeu <http://www.eis.uva.es/energiasostenible/>

- **PCI:** “*Post Carbon Institute: Post Carbon Institute*” . Grup d’experts amb base a Califòrnia quin objectiu és el d’estudiar i donar informació sobre l’escassetat de recursos fòssils, les energies renovables, el canvi climàtic, sostenibilitat i construcció d’economies més locals. Vegeu més informació a <http://www.postcarbon.org/>
- **Jeff Rubin.** Antic economista en cap de l’empresa “*CIBC World Markets*”, dedicada a la banca privada, d’on va dimitir. Actualment és conegut pels seus llibres i les seves col·laboracions en mitjans escrits sobre el tema de l’esgotament del petroli i el seu impacte. Vegeu més informació a <http://www.jeffrubinssmallerworld.com/blog/>
- “*The Oil Drum*”. Associació formada per científics de diferents afiliacions, experts i persones de la indústria dels hidrocarburs que analitza el pic dels recursos fòssils i el seu impacte . Vegeu més informació a <http://www.theoil drum.com/>
- **Dr. Antonio Turiel.** Investigador titular a l'Institut de Ciències del Mar.Llicenciat en Ciències Físiques i Llicenciat en Matemàtiques per la UAM. Doctor en Física Teòrica per la UAM. A més de xerrades de divulgació, publica informació periòdicament sobre el pic dels recursos fòssils i les energies renovables. Per a més informació sobre el seu blog <http://www.crashoil.blogspot.com.es/> i per a més informació sobre el seu perfil acadèmic a <http://ww2.icm.csic.es/oce/es/content/turiel>
- **Dr. Jordi Solé.** Investigador titular a l'Institut de Ciències del Mar. Llicenciat i doctor en física i membre de l'Oil Crash Observatory. També, conegut per la seva tasca de divulgació sobre el problema de les energies fòssils, tant a nivell de xerrades com en el seu blog <http://despres-de-tot.blogspot.com.es/>. També podeu consultar <http://ww2.icm.csic.es/oce/es/content/people#jsole> per a més informació sobre el seu perfil acadèmic.

- **Gail Tverberg.** Editora de "*The Oil Drum*". Formada com a actuaia és coneguda pels seus treballs relacionats amb els aspectes financers que tenen a veure amb el pic del petroli. Actualment es dedica a l'anàlisi i divulgació de temes relacionats amb l'energia. Vegeu [ourfiniteworld.com](http://ourfiniteworld.com) per a més informació.

### **Organismes Oficials dedicats a la Publicació de Dades i Desenvolupament de Polítiques Energètiques.**

- **ICAEN:** Institut Català de l'Energia. Departament de la Generalitat de Catalunya dedicat a elaborar i portar a terme programes de política energètica a Catalunya. Més informació a <http://icaen.gencat.cat/ca/index.html>
- **IDAE:** "*Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía*". Organisme adscrit al Ministeri d'Indústria, Energia i Turisme que té per objectiu treballar en polítiques i accions de millora energètica, energies renovables i tecnologies baixes en emissió de carboni. Més informació a <http://www.idae.es/>
- **IDESCAT:** Institut d'Estadística de Catalunya. Organisme de Catalunya dedicat a recollir i gestionar diferents estudis estadístics. Més informació a <http://www.idescat.cat/>

### **Altres**

- **Estadístiques de BP (British Petroleum):** Una de les més importants empreses del sector de l'energia, dedicada sobre tot al petroli i gas natural. Són coneguts els seus estudis estadístics sobre el panorama energètic. Més informació a <http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/energy-economics.html>
- **IEA:** "*International Energy Agency*" (Agència Internacional de l'Energia). Organisme autònom que es va constituir el 1974 amb la finalitat d'ajudar a les diferents nacions a coordinar accions conjuntes en cas d'interrupcions de

proveïment de petroli. Actualment, la IEA se centra en més objectius que els inicials: seguretat energètica, desenvolupament econòmic, conscienciació ambiental i aconseguir el compromís dels diferents països en la consecució dels objectius. Més informació a <http://www.iea.org/>

- **Dr. Gonzalo Bernardos.** Professor titular de la Facultat de Ciències Econòmiques de la Universitat de Barcelona, director del màster en Assessoria i Consultoria Immobiliària i conegut per ser un tertulià habitual a diferents mitjans de comunicació. Actualment col·labora en el programa de Versió Rac1 i a la cadena La Sexta Televisión. Podeu consultar més informació sobre el seu perfil a <http://www.gonzalobernados.es/>
  
- **Dr. Mariano Marzo.** Catedràtic d'Estratigrafia i Professor de Recursos Energètics i Geologia del Petroli de la Facultat de Geologia de la UB. És favorable a la tècnica del fràcking en el sector del petroli i el gas d'esquist. Reconeix l'impacte d'aquests hidrocarburs sobre el canvi climàtic però també que de moment, els hidrocarburs són el 82% de l'energia primària del món (<http://www.elperiodico.com/es/noticias/medio-ambiente/mariano-marzo-fracking-cambia-equilibrio-geopolitico-3697884>.) Més informació sobre el seu perfil acadèmic a <http://www.ub.edu/depgm/es/directori/personal-academic/37-mariano-marzo>

## Referències Bibliogràfiques

Balenilla, M., Balenilla, F. (2007-2008), “La Tasa de Retorno Energético”, El Ecologista, vol Invierno, 25-29

Bernardos, G. (2015), “La Caída del Precio del Petróleo: Causas y Consecuencias”. Disponible a <http://www.voceseconomicas.com/la-caida-del-precio-del-petroleo-causas-y-consecuencias/>

Capellán, I., Mediavilla, M., de Castro, C, Carpintero, O., Miguel, L.J. (2014), “Fossil Fuel Depletion and Socio-Economic Scenarios: An Integrated Approach”, esborrany de l'article publicat a Energy, Vol 77 (2014), 641-666

Fernández, R., González, L, (nov. 2014), “En la Espiral de la Energía, vol I”, Ed. Libros en Acción / Baladre

Generalitat de Catalunya (2014). “Factors d'Emmissió i Poder Calorífic de l'Inventari Nacional d'Emissió de Gasos amb Efecte d'Hivernacle. Informe 2014” [http://canvclimatic.gencat.cat/web/.content/home/comerc\\_de\\_drets\\_demissio/procediment\\_per\\_al\\_tramit\\_dautoritzacio/factors\\_demissio/documents/43\\_147391.pdf](http://canvclimatic.gencat.cat/web/.content/home/comerc_de_drets_demissio/procediment_per_al_tramit_dautoritzacio/factors_demissio/documents/43_147391.pdf).

Giampietro, M. (2012), La dependència de l'energia fòssil i el nostre futur energètic, Ciències. vol. 21, Pp 27-31

Hall, Ch; Lambert, J; Balogh, S. (2014), “EROI of different fuels and the implications for society”, Energy Policy, Vol 64, pp 141-152.

ICAEN (2012), “Blanç d'Energia Elèctrica de Catalunya”, [http://icaen.gencat.cat/ca/pice\\_serveis/pice\\_estadistiques\\_energetiques/pice\\_resultats/pice\\_estadistiques\\_energetiques\\_anuals\\_de\\_catalunya/pice\\_balanc\\_energia\\_electrica/](http://icaen.gencat.cat/ca/pice_serveis/pice_estadistiques_energetiques/pice_resultats/pice_estadistiques_energetiques_anuals_de_catalunya/pice_balanc_energia_electrica/)

IDAE (2011), Proyecto SECH-SPAHOUSEC, “Análisis del consumo energético del sector residencial en España”, Informe final. [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_Informe\\_SPAHOUSEC\\_ACC\\_f68291a3.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Informe_SPAHOUSEC_ACC_f68291a3.pdf)



IDAE (2014). “Poderes Caloríficos de las Principales Fuentes Energéticas”. Informe 2014

[www.idae.es/index.php/idpag.802/relcategoria.1368/relmenu.363/mod.pags/mem.de.talle](http://www.idae.es/index.php/idpag.802/relcategoria.1368/relmenu.363/mod.pags/mem.de.talle)

IEA (2014), “Key World Energy Statistics”. Informe 2014.

<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/keyworld2014.pdf>

Jarauta, L. (2012), “Les Energies Renovables”, Ed. UOC.

Marzo, M. (2015), “Petróleo Barato Durante Más Tiempo”, Diario Expansión, 20/08/2015

Mediavilla, M. (2013). “¿Cómo ha de Producirse la Transición a un Modelo Energético Sostenible?”, Documentación Social, Vol 167, 193-216

Mediavilla, M., de Castro, C, Capellán, I, Miguel, L.J, Arto, I, Frenchoso, F. (2013). “La Transición hacia Energías Renovables: Límites Físicos y Temporales”, esborrany de l’article publicat a Energy Policy, vol 52, 293-311

Moreno, M. (2015), “Tres Factores para que el Petróleo Siga Barato”, Cinco Días (11/04/2015)

Rubin, J. (2009) “Por qué el Mundo está a Punto de Hacerse mucho más Pequeño”. Ed. Tendencias.

Schindler, Jörg; Zittel, Werner (2008), “Crude Oil – The Supply Outlook”, Energy Watch Group

Smil, V. (2004). “World History and Energy”, Enciclopedia of Energy, vol 6 (2004), 549-561

Turiel (2010a), <http://crashoil.blogspot.com.es/2010/07/el-pico-del-gas.html>

Turiel (2010b), <http://crashoil.blogspot.com.es/2010/07/el-pico-del-uranio.html>

Turiel (2010c), <http://crashoil.blogspot.com.es/2010/06/el-crash-del-carbon.html>

Turiel (2012), <http://crashoil.blogspot.com.es/2012/02/el-pico-del-diesel.html>

Turiel (2013), <http://crashoil.blogspot.com.es/2013/09/la-bancarrota-petrolifera.html>

Turiel (2014), <http://crashoil.blogspot.com.es/2014/10/la-espinal.html>

Turiel (2015), <http://crashoil.blogspot.com.es/2015/03/guia-apresurada-para-expertos.html>

Tverberg, G (2015) “A New Theory of Energy and Economy – Generating Economic Growth”, <http://ourfiniteworld.com/2015/%2001/21/a-new-theory-of-energy-and-the-economy-part1-generating-economic-growth>

Zittel, Werner (2015): Fracking: Interim Review. Summary of the Energy Watch Group analysis. Energy Watch Group. Resum en Anglès. Per a versió ampliada veure <http://energywatchgroup.org/neue-studie-der-ewg-das-ende-vom-fracking-geschaft/>

Zittel, W ; Bölkow, L, Schindler, J. (2007), “Coal: Resources and Future Production”, EWG Series N° 1/2007

Zittel, W ; Bölkow, L. (2006), “Uranium Resources and Nuclear Energy”, EWG Series N° 1/2006