



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT
DE VALÈNCIA

**OPTIMITZACIÓ ENERGÈTICA DEL PROCÉS D'ELABORAT D'AMETLA
FREGIDA I TORRADA I APROFITAMENT DE BIOMASSA GENERADA
EN LA MATEIXA CADENA DE VALOR**

Projecte Fi de Màster. Enginyeria Ambiental

Ana Cherta Val



Dirigit per: **Dr. Josep Ribes Bertomeu**

València, 8 de setembre de 2014

Agraïments

Voldria dedicar unes poques línies a tota aquella gent que ha fet possible la realització d'aquest projecte.

A Josep Ribes, director d'aquest projecte, perquè des del moment en que li vaig proposar la realització del treball, sempre ha mostrat una actitud positiva. Gràcies també per l'ajuda en els punts més crítics i per la seua envejable eficiència.

A Laura Martín i Andrés Lluna per donar-me l'oportunitat de realitzar aquest treball. Moltes gràcies per acollir-me i guiar-me en els primers i no tant primers punts del treball, per la informació a la qual he tingut accés i per les hores dedicades a explicar, corregir i animar. Gràcies també a tota la gent de l'ITE per fer-me sentir una més durant el temps que he estat amb ells.

A Antonio Jiménez per resoldre mil i un dubtes burocràtics, fer d'intermediari quan ha fet falta i per la seua paciència infinita.

I per últim, a la meua família i a Fran, per escoltar i aguantar estoicament els meus laments i explicacions encara que no entengueren molt bé de què els estava parlant. Sense el seu suport aquest treball no hagués estat mai possible.

Resum

En a la indústria agroalimentària, l'optimització energètica i l'aprofitament de la biomassa residual industrial generada al llarg de la mateixa cadena de valor i integrada en el cicle de vida del producte pot suposar un estalvi econòmic important en el total de la despesa energètica, a més de disminuir el consum dels recursos energètics globals i la reducció de la contaminació causada per aquest sector.

El present treball està confinat dins dels objectius del Projecte Marc Europeu Horitzó 2020, seguint principalment dues de les línies marcades per aquest organisme ("Energia i altres recursos de l'eficiència global de les empreses manufactureres" i "Processos industrials adaptables que permeten l'ús de les energies renovables com a matèria primera flexible per a aplicacions químiques i energètiques"). Així, es proposa l'estudi, anàlisi i optimització d'una activitat industrial concreta des del punt de vista energètic, amb una anàlisi de la utilització de biomassa residual industrial generada en la cadena de valor, per tal d'obtenir energia aprofitable dins del procés industrial analitzat.

Després de l'anàlisi general del sector agroalimentari, s'ha escollit com a cas particular la indústria de processat d'ametles fregides i torrades, i s'ha seleccionat aquesta degut a la informació trobada d'aquest subsector. En l'estudi, s'han analitzat i quantificat les necessitats energètiques d'aquesta activitat industrial i els tipus de residus orgànics generats al llarg de la cadena de valor.

Una vegada definit tot el procés industrial, s'han explicat les mesures que es poden dur a terme per tal de disminuir, pal·liar o evitar tots aquells aspectes ambientals significatius als quals és susceptible el procés industrial, mitjançant bones pràctiques ambientals, la utilització de sistemes de gestió i amb la implantació de les millors tècniques disponibles del sector.

Dintre de les diferents alternatives utilitzades en la valorització energètica de la biomassa, s'ha escollit la combustió de la pela d'ametla residual, degut a l'homogeneïtat de la mescla, l'elevat poder calorífic (3.690 Kcal/Kg, a 15% d'humitat) i la quantitat generada. Amb la finalitat d'aprofitar al màxim possible aquesta energia emmagatzemada en la biomassa, s'ha combinat aquesta combustió amb un procés de cogeneració amb cicle de Rankine i turbina de vapor d'una etapa. És a dir, es genera de manera simultània energia elèctrica i calor útil mitjançant el funcionament d'una màquina tèrmica a partir de biomassa residual.

La potència de la caldera s'ha estimat en uns 1,8 MW (1.772,93 kW o bé 1.528.388,03 kcal/h) i es generarien, a partir de les dades estimades en el treball, una energia elèctrica anual de 2.711,88 MWh, amb uns rendiments elèctrics del 36,8 %.

El sector renovable espanyol en general i de la biomassa en particular no gaudeixen del seu millor moment pel que fa a les ajudes institucionals, tot i que les tecnologies per tal de valoritzar aquests recursos s'han desenvolupat de manera important en els darrers anys. D'aquesta manera, en el treball s'ha realitzat un estudi aproximatiu del pla econòmic de tot el procés, tenint en compte les limitacions degudes a les recents modificacions legislatives.

Per últim, s'han detallat les principals conclusions extretes del projecte amb una interpretació de les mateixes, i les línies a seguir per tal de desenvolupar l'estudi de manera més acurada.

ÍNDIX

Agraïments

Resum

Índex

1. INTRODUCCIÓ

1.1. Presentació i objectius.....	11
1.2. Marc Europeu. Horitzó 2020.....	12
1.2.1. FoF 3 – 2014: Energia i altres recursos de l'eficiència global de les empreses manufactureres.....	13
1.2.2. SPIRE 2 – 2014: Processos industrials adaptables que permeten l'ús de les energies renovables com a matèria primera flexible per a aplicacions químiques i energètiques.....	14

2. LA BIOMASSA

2.1. Definició.....	19
2.2. Tipus de biomassa.....	19
2.3. Poder calorífic.....	20
2.4. Valorització energètica de la biomassa. Tecnologies de conversió.....	21
2.5. Marc legal de la biomassa a Espanya	25
2.5.1. Pla d'Energies Renovables (PER) 2011-2020.....	26
2.5.2. Fonts del dret espanyol en el sector elèctric.....	31
2.5.2.1. Llei 24/2013 del Sector Elèctric.....	33

3. EL SECTOR AGROALIMENTARI

3.1. Cadena de valor.....	39
3.1.1. Cadena de Valor del sector.....	39
3.2. Processos industrials del sector agroalimentari.....	40
3.2.1. Diagrama de flux del sector agroalimentari.....	43
3.2.2. Diagrama de flux del subsector seleccionat.....	45
3.3. Maquinària	47
3.3.1. Maquines principals del sector dels fruits secs.....	47
3.3.2. Cas particular. Maquinaria, requeriments energètics i càlculs.....	54

4. MILLORA ENERGÈTICA I AMBIENTAL

4.1. Aspectes ambientals.....	65
4.2. Mesures per reduir els impactes ambientals: Sistemes de Gestió Ambiental, bones pràctiques i integració de les Millors Tècniques Disponibles (MTD) en els processos productius.....	67

5. ESTUDI D'APROFITAMENT DE LA BIOMASSA	
5.1. Combustible seleccionat.....	75
5.2. Tecnologia de conversió escollida.....	75
5.3. Dimensionament de la planta de Cogeneració.....	79
5.3. Maquinària.....	82
6. PLA ECONÒMIC	
6.1. Estructura de costos.....	87
6.2. Balanç i rendibilitat econòmica.....	90
6.2.1. Període de Retorn de la Inversió (PRI)	91
6.2.1. Valor Actual Net (VAN)	91
6.2.3. Taxa Interna de Rendibilitat (TIR)	91
7. CONCLUSIONS	95
8. BIBLIOGRAFIA.....	99
ANEX 1: Càlcul del Pes del Tegument de L'Ametla.....	105

1. INTRODUCCIÓ

INTRODUCCIÓ

1.1. Presentació i objectius

El present estudi ha estat realitzat com a Projecte de Final de Màster dins del màster en Enginyeria Ambiental, impartit conjuntament per la Universitat Politècnica de València i la Universitat de València, i amb la col·laboració de l'Institut Tecnològic de l'Energia.

En aquest treball es proposa l'estudi, anàlisi i optimització d'una activitat industrial concreta des del punt de vista energètic, així com l'anàlisi de la utilització de biomassa residual industrial generada al llarg de la mateixa cadena de valor i/o integrada en el cicle de vida del producte, per a obtenir energia aprofitable dins del procés industrial analitzat, bé com un suport o en substitució d'altres subministraments energètics.

Es plantegen les següents objectius dividits en dues fases:

FASE 1: estudi, anàlisi i caracterització de l'escenari base.

- Estudi i anàlisi de les necessitats energètiques de l'activitat industrial seleccionada (caracterització de processos, requeriments energètics, subministraments, mecanismes d'optimització, possibilitat d'aprofitament de biomassa per a suport energètic).
- Estudi i anàlisi dels tipus de residus orgànics (biomassa industrial) generats al llarg de la cadena de valor, cicle de vida o indústries afins.

FASE 2: anàlisi i desenvolupament. Escenari optimitzat.

- Anàlisi de la demanda energètica, àrees de millora i optimització de consums a través de solucions tecnològiques disponibles. Proposta de millores tecnològiques per a processos industrials dirigides a reduir el consum de recursos (principalment energètics) i emissions, de cara a una millora des del punt de vista energètic, mediambiental i productiu.
- Estudi de l'aprofitament de biomassa mitjançant sistemes de revaloració per a suport energètic de processos, o en cas de ser viable, per a substitució de recursos energètics. Obtenir un escenari òptim d'aprofitament de biomassa industrial generada en la pròpia cadena de valor o en indústries afins o integrades en el cicle de vida del producte (concepte de simbiosi industrial i reducció d'impacte associat a cicle de vida de producte).

Per tal d'acotar l'estudi, el treball se centrarà en un procés industrial concret dins del sector agroalimentari.

Es valorarà la implantació d'aquelles mesures que es consideren més interessants, avaluant-se la idoneïtat de la seua implantació en un escenari industrial real, analitzant els costos – beneficis associats a la implementació de la millora (tant quant a les millores energètiques com al sistema de revaloració de biomassa proposat).

INTRODUCCIÓ

1.2. Marc europeu. Horitzó 2020¹

La Unió Europea concentra gran part de les seues activitats de recerca i innovació en el Programa Marc que en aquesta edició es denominarà *Horitzó 2020* (H2020). En el període 2014-2020 i mitjançant la implantació de tres pilars, contribueix a abordar els principals *reptes socials*, promoure el *lideratge industrial* a Europa i reforçar *l'excel·lència* de la seua base científica.

A Espanya, el disseny del programa H2020 ha coincidit amb l'elaboració del Pla Estatal de Recerca Científica i Tècnica i d'Innovació, tenint lloc alhora la reflexió sobre les prioritats de recerca a escala europea i espanyola.

El Pla Estatal té una clara orientació internacional, reflectida en la seua estructura i en l'estreta alineació amb els objectius en matèria de R+D+I establits en Horitzó 2020. La fi última és impulsar el lideratge científic, tecnològic i empresarial del nostre sistema a nivell internacional i incrementar la participació d'institucions i empreses espanyoles en les iniciatives comunitàries i programes de la Unió Europea. Així, el foment de la participació d'entitats espanyoles en Horitzó 2020 és una de les prioritats del Ministeri d'Economia i Competitivitat.

Horitzó 2020 integra per primera vegada totes les fases des de la generació del coneixement fins a les activitats més pròximes al mercat: recerca bàsica, desenvolupament de tecnologies, projectes de demostració, línies pilot de fabricació, innovació social, transferència de tecnologia, proves de concepte, normalització, suport a les compres públiques, capital de risc i sistema de garanties.

Els objectius estratègics del programa Horitzó 2020 són els següents:

- a) Crear una ciència d'excel·lència, que permeta reforçar la posició de la Unió Europea en el panorama científic mundial. Per a açò:
S'incrementa considerablement la dotació del Consell Europeu de Recerca (ERC), que subvenciona a investigadors europeus del més alt nivell sense que siguen necessari el treball en consorci internacional i s'amplia el camp de les tecnologies futures cobrint tots els sectors.
Es mantenen les activitats de Marie Curie per a recolzar la formació, la mobilitat i la qualificació d'investigadors i les infraestructures de recerca.
- b) Desenvolupar tecnologies i les seues aplicacions per a millorar la competitivitat europea: Importants inversions en tecnologies clau per a la indústria, com a Tecnologies de la Informació i Comunicació, les nanotecnologies, fabricació avançada, la biotecnologia i l'espai.
- c) Investigar en les grans qüestions que afecten als ciutadans europeus.

L'atenció se centra en sis àrees essencials per a una vida millor: salut, alimentació i agricultura incloent les ciències del mar, energia, transport, clima i matèries primeres, societats inclusives i seguretat.

¹ Horizon 2020- European Commission: ec.europa.eu/programmes/horizon2020

INTRODUCCIÓ

Els resultats es dirigeixen a resoldre problemes concrets dels ciutadans. Com per exemple, l'envelliment de la societat, la protecció informàtica o la transició a una economia eficient i baixa en emissions de carboni.

La participació en el Programa Marc es basa a competir amb els millors i en la majoria de les vegades amb activitats en consorci (grups de recerca, empreses i usuaris) amb les excepcions del Consell Europeu de Recerca (ERC) i algunes accions de mobilitat i Pimes.

El treball està confinat dins dels objectius del Projecte Marc Europeu Horitzó 2020, en concret dins del segon pilar d'aquest Programa Marc (Lideratge Industrial), ja que la idea proposada és afí als cursos marcats, en concret amb la línia "Factories of Future (sent molt d'acord amb FoF3 "Global Energy and other resources efficiency in manufacturing enterprises") i amb el programa SPIRE, destacant la seua relació amb SPIRE2-2014 "Adaptable industrial processes allowing the use of renewables as flexible feedstock for chemical and energy applications".

El *Lideratge Industrial* té per objecte accelerar el desenvolupament de les tecnologies i innovacions que serveixin de base per a les empreses del futur i ajudar a les PIME innovadores europees a convertir-se en empreses capdavanteres en el món.

Dins d'aquest pilar, el Programa inclou diferents propostes específiques organitzades en diferents línies de treball. Concretament, l'estudi proposat és afí amb la línia "Factories of Future" (FoF) i amb el programa SPIRE, explicats a continuació.

1.2.1. FoF 3 – 2014: Energia i altres recursos de l'eficiència global de les empreses manufactureres.

Desafiament específic: El consum d'energia i altres recursos sovint representa una part important del cost dels productes manufacturats. L'estalvi d'energia i altres recursos han de ser considerats en diversos nivells: la màquina, el procés, tota la fàbrica i al llarg de tota la cadena de valor. El desenvolupament de nous models de negoci centrats en la col·laboració de les empreses que operen en la mateixa cadena de valor per a incrementar els recursos i l'eficiència energètica pot suposar un important estalvi de costos en els productes i una major competitivitat. La cooperació entre l'empresa pot veure's facilitat per la proximitat geogràfica (Simbiosi Industrial). L'objectiu final és *augmentar la competitivitat del sector manufacturer de la UE, i al mateix temps millorar l'acompliment ambiental.*

Abast: Les activitats de recerca han de ser multidisciplinàries i abordar totes les següents àrees:

- La recopilació de dades de consum d'energia i de recursos al llarg de tota la cadena de valor, el modelatge i la integració de les dades en la fabricació i procediments.
- Desenvolupament i implementació de nous models de negoci amb objectiu de reduir el consum d'energia i recursos al llarg de la totalitat o d'una part important de la cadena de valor, inclosos els usuaris finals quan siga possible i el reciclat o de reprocessament.

INTRODUCCIÓ

- L'agrupació de fàbriques, proveïdors o qualsevol altra empresa amb la finalitat d'implementar l'optimització dels recursos comuns o estratègies intel·ligents de gestió de la demanda.
- Desenvolupament de casos coherents detallats de negocis, incloent l'anàlisi econòmica, estratègic i comercial, dels models de negoci desenvolupats durant el projecte.

Impacte esperat:

- Consum d'energia i reducció d'emissions de CO₂ per al producte final d'almenys el 20%, del bressol a la porta (ús i disposició omeses).
- Consum d'energia i reducció d'emissions de CO₂ per al producte d'almenys el 30% del bressol a la tomba.
- Reducció d'almenys el 10% del bressol a la tomba del Cost de cicle de vida del producte.

1.2.2. SPIRE 2 – 2014: Processos industrials adaptables que permeten l'ús de les energies renovables com a matèria primera flexible per a aplicacions químiques i energètiques

Desafiament específic: S'espera *augmentar l'ús de la biomassa, residus i gasos residuals en la indústria per a produir components químics "verds" i energia en els pròxims anys*. Açò jugarà un paper vital en la creació d'una branca més sostenible de "baix-carbó". No obstant açò, l'augment de l'ús de la biomassa, residus i gasos de deixalla com les matèries primeres en la indústria planteja una sèrie de desafiaments que han de ser abordats, com la disponibilitat estacional i fragmentada, temps de collita curts, els desafiaments ambientals, la disponibilitat o qualitat variable de l'oferta, i la presumpta competència amb els animals o subministrament d'aliments. A més, és important el desenvolupament d'equips d'alta eficiència utilitzant tècniques noves i avaluar l'ús de la biomassa i els residus com a matèria primera per a la co-combustió en els processos industrials per a detectar possibles problemes de funcionament. Els canvis en els mercats i fer nous vincles en les cadenes de valor serà un desafiament addicional en els futurs sistemes de producció basats en la integració sectorial. Aquests reptes han de superar-se a fi de permetre una major utilització dels residus de biomassa i gasos residuals en la indústria.

Els nous enfocaments han demostrat que les petites unitats mòbils i flexibles amb capacitats d'intensificació de processos químics i de procés podrien proporcionar diversos avantatges en comparació a les instal·lacions fixes, tals com l'operació d'una manera distribuïda i la mobilitat a diferents llocs que proporcionen major flexibilitat. Açò podria proporcionar convenients oportunitats de negoci, especialment per als processos de presentació d'un subministrament d'alimentació variable, la disponibilitat de matèria primera fragmentada i/o necessitat de mobilitat a diferents ubicacions per a maximitzar el temps d'ús.

INTRODUCCIÓ

Abast: Els projectes han de desenvolupar nous processos o millora dels enfocaments de valorització que proporcionen biomassa eficient, residus i conversió de gas residual (o biomassa pre tractada per a la seua posterior refinació), mentre es desenvolupe un sistema totalment integrat i l'equip associat per al seu ús posterior. Aquests processos han de permetre una major utilització de les energies renovables (on siga econòmica i tècnicament favorable en relació amb altres possibles aplicacions) com a matèria primera per a la producció de productes químics (incloent productes intermedis) i/o combustibles, com a part d'un enfocament integrat per a optimitzar els recursos i l'eficiència energètica. Tals processos hauran de ser presentats amb un enfocament en contenidors, flexible i escalable que permet el processament de biomassa, residus i gasos residuals en els llocs més propers a l'alimentació. Les solucions proposades han de ser capaces de fer front a les fluctuacions estacionals o fins i tot diàries de la font renovable. En aquest aspecte, la unitat també ha de ser capaç de processar la matèria primera de diferents fonts amb la finalitat de garantir el nivell de subministrament.

Les solucions proposades han d'oferir alternatives econòmicament viables a la pràctica actual en el processament de la biomassa i demostrar la viabilitat del negoci. D'altra banda, s'espera que les noves tecnologies i enfocaments innovadors puguen substituir els combustibles fòssils per energies renovables actuals com les matèries primeres. Es necessiten Anàlisis de cicle de Vida per als processos proposats per a demostrar la sostenibilitat de les solucions.

Impacte esperat:

- Solucions econòmicament viables i tecnologies que permeten una reducció dels recursos fòssils d'una intensitat d'almenys el 30%, en comparació de les pràctiques actuals (per a processos òptims els estalvis també podrien provenir de la reducció en l'energia fòssil per al transport de matèries primeres). S'hauria d'arribar a una major utilització de les energies renovables en la indústria com les matèries primeres per a la producció de substàncies químiques o combustibles, com a part d'un enfocament integrat per a optimitzar l'eficiència energètica amb una sostenibilitat comprovada, tenint en compte les qüestions ambientals i la competència amb els aliments. A més, s'espera que les solucions contribuïsquen a la reducció de les emissions de gasos d'efecte hivernacle.
- Les tecnologies desenvolupades han d'integrar-se bé en el panorama actual de la indústria proporcionant productes acabats i/o intermedis que podrien ser processats en les indústries ja existents.

També podrien mostrar un impacte directe o indirecte en les zones rurals, que sorgeixen de la major utilització de la biomassa i els residus de la producció a nivell local.

2. LA BIOMASSA

LA BIOMASSA

2.1. Definició

- Ampli grup de productes naturals que es deriven directa o indirectament del procés natural de la fotosíntesi, mitjançant el qual es fixa l'energia que arriba del sol, en forma de massa que després al seu torn sofreix transformacions dins o fora dels éssers vius². S'exclouen d'aquesta definició els materials orgànics procedents de fonts fossilitzades (carbó, petroli i gas natural).
- Fracció biodegradable dels productes, deixalles i residus d'origen biològic procedents d'activitats agràries (incloses les substàncies d'origen vegetal i d'origen animal), de la silvicultura i de les indústries connexes, incloses la pesca i l'aqüicultura, així com la fracció biodegradable dels residus industrials i municipals.³
- Massa derivada de materials biològics, generalment plantes, destinada a substituir als combustibles fòssils en aplicacions estacionàries per a la producció d'electricitat i/o calor.⁴

2.2. Tipus de biomassa

Els materials biomàssics poden tenir els següents orígens:

Biomassa natural: es produeix en ecosistemes naturals. Comprèn biomassa herbàcia o llenyosa. L'explotació excessiva d'aquest recurs pot no ser compatible amb la protecció de l'entorn. Si bé, fins i tot avui dia, constitueix la principal font energètica de pobles i països en vies de desenvolupament.

Biomassa residual: comprèn el que s'ha vingut denominant com a residus orgànics fermentables i integra:

- a) Residus agrícoles. Comprèn totes les parts dels residus alimentaris o industrials que no són consumibles i que es generen com a exigències del cultiu corresponent.
- b) Residus forestals. S'obtenen de l'explotació anual dels boscos o plantacions. Els troncs són valoritzats, mentre que les escorces, branques, fulles i ceps que apareixen en forma de residus.
- c) Residus de la indústria agroalimentària. Corresponen a aquells de naturalesa orgànica que són produïts per les indústries derivades de l'agricultura (oli d'oliva, indústria del sucre, fàbriques de cervesa, fruita seca, etc.) i la ramaderia (escorxadors, lleteries, etc.).
- d) Residus municipals o urbans (RSU). Presenten una fracció orgànica, per sobre del 50%, que poden constituir una altra font important de biomassa.
- e) Llots orgànics o fangs de les estacions depuradores d'aigües residuals urbanes. Són el resultat de les activitats de depuració d'aquestes aigües residuals i constitueixen una important fracció de biomassa residual generada al mig municipal o urbà.

²González Gómez-Platero, J; Carreras Arroyo, N.; Cuadros García, S.; Maíllo Sánchez, A. Modulo III. Biomasa. Ite, 2008

³ Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.

⁴ Richert W. Posición de Greenpeace sobre la bioenergía, 2008.

LA BIOMASSA

- f) Altres residus biodegradables: residus ramaders i d'escorxadors, aigües residuals de ciutats, olis usats, etc. Són un conjunt heterogeni molt contaminant amb un contingut elevat en humitat que, pràcticament en tots els casos, exigeix d'un tractament anaerobi per tal d'aprofitar la seua biomassa.

Cultius energètics. Incorporen a l'agricultura tradicional (aquella destinada a satisfer les necessitats d'alimentació i protecció humana) l'objectiu d'obtenir productes per satisfer les necessitats energètiques de la societat. Integra un ampli grup de cultius i/o aprofitaments d'espècies vegetals destinats específicament a la producció per a ús energètic. A diferència dels agrícoles, aquests tipus de cultius són seleccionats sobre la base de la producció de quantitat i no de qualitat de biomassa i solen ser espècies caracteritzades per la seua robustesa a fi d'abaratir els costos de cultiu i, per tant, el preu de la biomassa final.

Excedents agrícoles sense interès comercial. Aquesta font de biomassa se situa a cavall entre la biomassa residual i l'energètica i està constituïda per aquells excedents agrícoles que al no trobar possibilitat d'utilització comercial en el mercat alimentari són destinats a altres usos.

2.3. Poder calorífic

El contingut energètic de la biomassa es mesura a través del seu Poder Calorífic, ja que no tots els materials emeten la mateixa quantitat d'energia (o calor) al cremar-se. La quantitat de calor que emet un cos material al cremar-se es denomina "Poder Calorífic Superior" (PCS), mesurat en J/Kg.

No obstant això, els residus de biomassa solen estar mesclats entre si i a més solen tenir un cert contingut en humitat. Quan es produeix la combustió d'aquesta biomassa humida, es consumeix energia per tal d'evaporar el contingut en aigua i hidrogen. L'energia restant a aquesta combustió és el que es coneix com "Poder Calorífic Inferior" (PCI), i és l'energia realment disponible de la reacció.

Els principals poders calorífics procedents de la biomassa es mostren en la taula 2.1. Per al càlcul del PCI es considera un contingut en hidrogen en base seca del 6%.

Producte	PCS (kcal/kg) Humitat = 0%	PCI a la humitat x (kcal/kg)			
		x	CI	x	PCI
<i>Llenyes i rames</i>					
Coníferes	4.950	20%	3.590	40%	2.550
Fronloses	4.600	20%	3.331	40%	2.340
<i>serradures i encenalls</i>					
Coníferes	4.880	15%	3.790	35%	2.760
Fronloses autòctones	4.630	15%	3.580	35%	3.600
Fronloses tropicals	4.870	15%	3.780	35%	3.760
<i>Escorça</i>					
Coníferes	5.030	20%	3.650	40%	2.650
Fronloses	4.670	20%	3.370	40%	2.380
<i>Vinya</i>					
Sarments	4.560	20%	3.280	40%	2.310
Ramets de raïm	4.440	25%	2.950	50%	1.770
“Orujo” de raïm	4.820	25%	3.240	50%	1.960
<i>Pela de fruits secs</i>					
Ametla	4.760	10%	3.940	15%	3.690
Avellana	4.500	10%	3.710	15%	3.470
Pinyó	4.930	10%	4.060	15%	3.830
Cacauets	4.250	10%	3.480	15%	3.260
<i>Palla de cereals</i>					
	4.420	10%	3.630	30%	2.700
<i>Pellofa d'arròs</i>					
	4.130	10%	3.337	15%	3.150
<i>Residu de camp</i>					
	4.060	10%	3.310	15%	3090

Taula 2.1: Poders calorífics de diferents tipus de biomassa. FONT: elaboració pròpia a partir de IDAE, 2007

2.4. Valorització energètica de la biomassa. Tecnologies de conversió⁵

La biomassa generalment es transforma en calor, combustibles o electricitat. Existeixen diverses tecnologies per a la conversió d'aquesta biomassa, depenent del tractament que se li aplique a la matèria primera i els processos als quals aquesta se sotmet. Les transformacions, com mostra la figura 2.1, poden dividir-se en processos termoquímics, processos bioquímics i processos fisicoquímics (extracció directa i posterior transformació química d'olis).

⁵ IDAE; Projecte BIOMER; apunts “Gestió energètica”

LA BIOMASSA

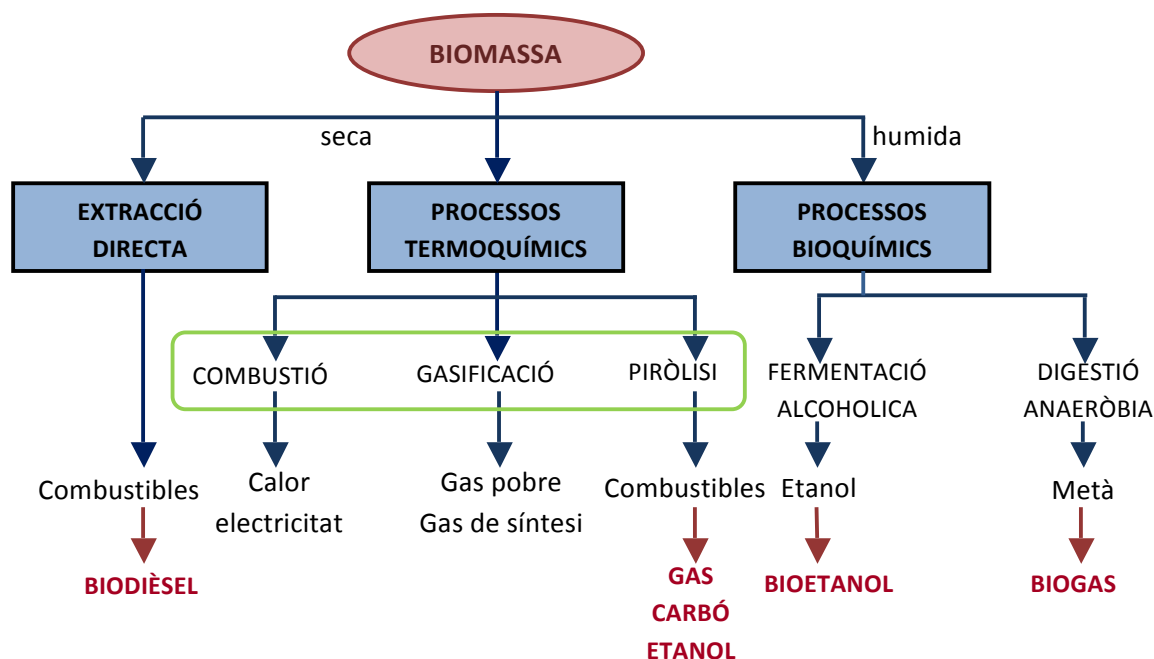


Figura 2.1: Transformacions de la biomassa. **FONT:** elaboració pròpia a partir d'apunts de l'assignatura de gestió energètica

A. Combustió

Es basa en la oxidació completa de la matèria per a generar diòxid de carboni, vapor d'aigua, cendres i calor (únic component energètic útil del procés). És el sistema més elemental per a la recuperació energètica de la biomassa.

Els factors més importants a considerar en aquest procés són:

- Proporció d'oxigen per a l'obtenció de l'oxidació completa. Per tal d'aconseguir-ho es treballa en excés d'oxigen d'entre un 20 i 40%.
- S'ha d'evitar l'aparició de monòxid de carboni (CO), ja que perjudica a l'equip i augmenta el nivell de gasos contaminants.
- La temperatura de combustió deu estar entre els 600 i els 1.300 °C.
- Característiques del combustible: densitat, grandària i humitat les més baixes possible; i limitar les concentracions de sofre, fluor, clor i coure.

La combustió es realitza normalment en sistemes que consten de les següents unitats:

- Forn.
- Equip de recuperació de calor (caldera).
- Sistema d'utilització de l'energia (conducció de vapor, turbogenerador).

El primer procés que té lloc és l'evaporació de la humitat que conté biomassa, consumint part de l'energia produïda en la combustió. Si la biomassa ha sigut sotmesa a un procés d'assecat, la despesa d'energia d'aquesta primera fase és menor.

La següent fase en el procés és l'alimentació, on el combustible entra en el forn a través de sistemes de gravetat, llançadora o injecció, i es cremen tant els materials volàtils com els sòlids restants. En la graella és on es diposita el combustible i on es desenvolupa la combustió (aquesta pot ser fixa o mòbil).

LA BIOMASSA

Els gasos generats no comporten un risc ambiental excepte l'anhidrid carbònic, per la qual cosa cal eliminar només els sòlids en suspensió generats (pols, cendres i incremats) a través de ciclons, precipitadors electrostàtics o filtres mànega.

Per a retenir la calor dels gasos de combustió s'utilitzen sistemes de recuperació que calfen l'aire que entra en la combustió. També poden utilitzar-se recuperadors de calor amb un fluid tèrmic.

Durant la combustió es generen una gran quantitat de cendres i incremats, produint crostes en les parets de la caldera, que redueixen la transmissió de calor i els rendiments. Per a evitar-ho, és recomanable treballar a temperatures inferiors a 1200 °C i evacuar les cendres a través de sistemes d'eliminació com a extractors o sistemes de cadenes o cintes.

L'energia obtinguda pot destinar-se a la producció de calor (en forma d'aigua o d'aire calent) per a l'ús domèstic o industrial i a la producció d'electricitat (la major part a través de cogeneració). L'eficàcia tèrmica de la combustió és elevada, sent el rendiment global del procés del 25-30%.

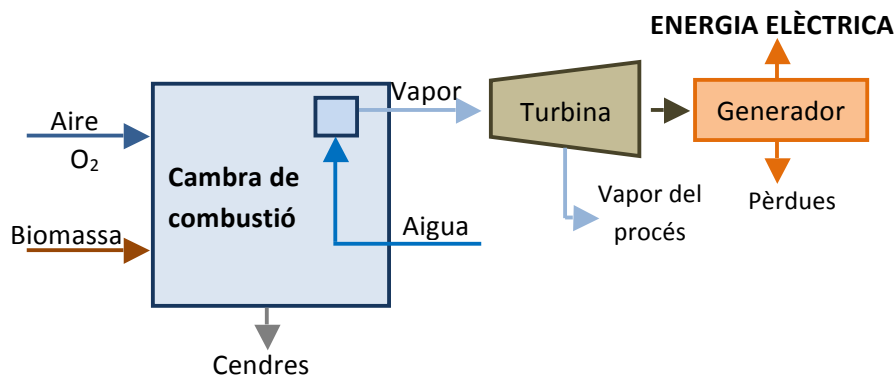


Figura 2.2: Esquema del procés de combustió amb generació elèctrica. **FONT:** elaboració pròpia a partir d'apunts de l'assignatura de gestió energètica

B. Co-combustió

És el procés que combina diversos combustibles, carbó i biomassa, en la mateixa caldera. Existeixen tres tipus de co-combustió:

- Co-combustió directa, on la biomassa s'injecta en la línia del carbó, amb molta conjunta o separada, i es cremen conjuntament en la cambra de combustió de la central.
- Co-combustió indirecta, on la biomassa se sotmet a un procés de gasificació o líquidació, sent aquest gas o líquid el que crema en la cambra de combustió.
- Co-combustió en paral·lel, on la biomassa es crema simultàniament amb el carbó en una cambra separada, que s'encarrega d'aportar una part de l'energia necessària perquè el fluid mogui la turbina.

Mitjançant la co-combustió s'obtenen rendiments més elevats que en la combustió simple, amb valors típics d'entre el 32-38%.

LA BIOMASSA

C. Gasificació

Conjunt de reaccions termoquímiques, que es produeix en un ambient pobre en oxigen, a temperatures entre els 800 i 1500 °C pels quals es fa reaccionar un combustible sòlid amb vapor d'aigua i aire o oxigen, donant lloc a combustibles gasosos d'un poder calorífic de 1000 a 1200 kcal/m³ (CO i H₂ principalment i en menor quantitat CH₄) susceptibles de ser utilitzats en una caldera, en una turbina o en un motor, després de ser degudament condicionats.

L'oxidant utilitzat juga un paper important en la composició del gas generat: en el cas de l'aire es genera l'anomenat gas pobre pel seu baix poder calorífic, com a conseqüència de l'alt contingut en nitrogen, mentre que en el cas de l'oxigen o vapor d'aigua donen lloc a l'anomenat gas de síntesi que té un poder calòric major perquè no té nitrogen en la seua composició.

D. Piròlisi

Combustió incompleta de la biomassa en absència d'oxigen, a uns 500 °C. A aquestes temperatures els residus es transformen en gasos, líquids i cendres sòlides denominades "coc" de piròlisi.

Les proporcions relatives dels elements produïts depenen de la composició dels residus, de la temperatura i del temps que aquesta s'aplique. Tot i això, els productes obtinguts es poden classificar en tres grans grups:

- Gasos compostos per hidrogen, òxids de carboni i hidrocarburs. En casos de piròlisi ràpida (temps de residència de menys d'un segon) i temperatures elevades (entre els 450 i 900 °C)
- Líquids hidrocarbonatats (mescla de cetones, àcid acètic, compostos aromàtics, o altres fraccions més pesades), en el cas de piròlisi lenta (temps de 5-30 minuts) a temperatures entre els 400 i 600 °C.
- Residus sòlids carbonosos, que poden ser utilitzats com a combustible o per a la producció de carbó actiu, amb temps de residència que poden arribar a ser de dies i temperatures entre els 300 i 500 °C.

E. Digestió anaeròbia

Descomposició de la biomassa que es produeix en absència d'aire i que es provocat per microorganismes. En el procés, la substància orgànica es transforma en biogàs, una mescla de composició variable constituïda principalment per metà (50-80%), diòxid de carboni (20-50%) i altres gasos (<5 %) tals com H₂, H₂O, NH₃, i H₂S (traces), i que té un elevat poder calorífic.

La fermentació anaeròbia es produeix de manera més favorable en ambients càlids, humits (>50%) i amb falta de ventilació. A més, en el procés actuen tres tipus de bacteris: els bacteris fermentatius (per l'etapa d'hidròlisi), els acetogènics (per a l'acitogènesi) i els metanogènics (per a l'etapa de la metonogènesi), amb llargs períodes de posada en funcionament (>35 dies).

LA BIOMASSA

F. Biocarburants

Són combustibles per al transport obtinguts a partir de materials biològics. Es poden elaborar a partir de diferents cultius o de residus orgànics. Poden utilitzar-se barrejats, en una proporció que no afecte al rendiment dels motors actuals, o en estat pur. Existeixen dos tipus principals de biocombustibles:

- El bioetanol, que és alcohol etílic produït a partir de productes agrícoles o d'origen vegetal.
- El biodièsel, que es defineix com un èster metílic o etílic d'àcids grassos, i per això les matèries primeres emprades principalment en la seua fabricació són els olis vegetals, bé de primer ús o bé usats, encara que a vegades també s'usen grasses animals.

2. 5. Marc legal de la biomassa a Espanya

Es defineix com energia renovable tota aquella que s'obtenen de fonts naturals inesgotables a escala humana, bé perquè el recurs disposa d'una quantitat d'energia immensa, bé perquè el recurs té la capacitat de regenerar-se de manera natural⁶.

En les últimes dècades, la Unió Europea ha portat a terme una rigorosa política mediambiental, i on través de diferents normatives europees s'ha fomentat l'ús de les energies renovables. L'objectiu final és minimitzar l'ús de les energies convencionals o no renovables degut als principis de desenvolupament sostenible i, a més, millorar la independència energètica dels seus territoris. Dins dels objectius marcats, i on s'emmarca també el Programa Marc 2020, un mínim del 20% de l'energia consumida en la Unió ha de provenir de fonts renovables, així com una quota mínima de 10% per al sector del transport per a l'any 2020 en cada Estat membre.

La **Directiva 2009/28/CE**, del Parlament Europeu i del Consell de 23 d'abril de 2009, relativa al foment de l'ús d'energia procedent de fonts renovables (i per la qual es modifiquen i es deroguen les Directives 2001/77/CE i 2003/30/CE), estableix un marc comú per al foment de l'energia procedent de fonts renovables. Fixa objectius nacionals obligatoris en relació amb la quota d'energia procedent de fonts renovables en el consum final brut d'energia i amb la quota d'energia procedent de fonts renovables en el transport. La Directiva, també, estableix normes relatives a les transferències estadístiques entre Estats membres, els projectes conjunts entre Estats membres i amb tercers països, les garanties d'origen, els procediments administratius, la informació i la formació, i l'accés a la xarxa elèctrica per a l'energia procedent de fonts renovables; i defineix criteris de sostenibilitat per als biocarburants i biolíquids. Aquesta Directiva defineix la biomassa com la fracció biodegradable dels productes, deixalles i residus d'origen biològic procedents d'activitats agràries (incloses les substàncies d'origen vegetal i d'origen animal), de la silvicultura i de les indústries connexes, incloses la pesca i l'aqüicultura, així com la fracció biodegradable dels residus industrials i municipals.

⁶ APPA: Asociación de Productores de Energías renovables.

LA BIOMASSA

La data límit per a fer la transposició a l'ordenament jurídic nacional d'aquesta Directiva fou el 25 de desembre de 2010, excepte l'article 4, que entrà en vigor immediatament i és el que es refereix al Pla d'Acció Nacional d'Energies Renovables (PANER). La Comissió Europea ha sol·licitat formalment a Espanya a prendre mesures per tal de transposició completa d'aquesta directiva, ja que només s'ha realitzat parcialment.

2.5.1. Pla d'Energies Renovables (PER) 2011-2020

La situació i aportació de les energies renovables a Espanya està definit en l'actual Pla d'Energies Renovables (PER) 2011-2020, que inclou els elements essencials del PANER així com anàlisis addicionals no contemplats en el mateix i una detallada anàlisi sectorial que conté, entre altres aspectes, les perspectives d'evolució tecnològica i l'evolució esperada de costos.

L'objectiu principal del Pla es tradueixen en que les fonts renovables representen almenys el 20% del consum d'energia final l'any 2020 —mateix objectiu que per a la mitjana de la UE—, al costat d'una contribució mínima del 10% de fonts d'energia renovables en el transport per a aqueix any. Objectius que, al seu torn, han quedat recollits en la Llei 2/2011, d'Economia Sostenible. El PER, a més, recull una sèrie d'objectius específics per als diferents sectors (elèctric, calefacció i refrigeració, i transport)

El Pla s'estructura en tretze capítols i tres annexos. Aquests últims inclouen les fitxes de propostes, un detall de la prospectiva a 2030 dels costos de generació de les tecnologies de generació d'electricitat renovable i les unitats utilitzades amb les seues respectives equivalències.

Es consideren dos escenaris diferents: un escenari de referència i un altre d'eficiència energètica addicional, que és l'escenari al que s'associen els objectius d'aquest Pla d'Energies Renovables. Tots dos escenaris comparteixen els principals paràmetres soci-econòmics (evolució demogràfica i del PIB), així com l'evolució prevista dels preus internacionals del petroli i del gas natural, diferenciant-se en les mesures d'estalvi i eficiència energètica considerades, però només el segon contempla les millores derivades del Pla d'Acció d'Estalvi i Eficiència Energètica 2011-2020. D'altra banda, l'escenari d'eficiència energètica addicional, partint de l'escenari de referència, incorpora un important paquet de noves mesures d'eficiència energètica a l'horitzó 2020, que permetrien reduir la demanda d'energia primària des dels 166 milions de tones equivalents de petroli (tep) previstos en 2020 en l'escenari de referència, a una mica més de 142 milions de tep.

En el document final del PER s'han analitzat els dos escenaris plantejats, però les conclusions resumides en el present treball es refereixen només a l'escenari denominat d'Eficiència Energètica Addicional, ja que és l'escenari al que s'associen els objectius del Pla. Segons l'indicat, l'evolució dels seus principals indicadors energètics seria la que es mostra a continuació:

LA BIOMASSA

Ktep	2005	2010	2015	2020
Carbó	21.183	8.271	10.548	10.058
Petroli	71.765	62.358	56.606	51.980
Gas Natural	29.116	31.003	36.660	39.237
Nuclear	14.995	16.102	14.490	14.490
Energies Renovables	8.371	14.910	20.593	27.878
Saldo Electr. (Imp-Exp)	-116	-717	-966	-1.032
Total Energia Primària	145.314	131.927	137.930	142.611

Taula 2.2: Escenari d'eficiència Energètica Addicional: Consum d'Energia Primària.

FONT: Resum PER 2011-2020

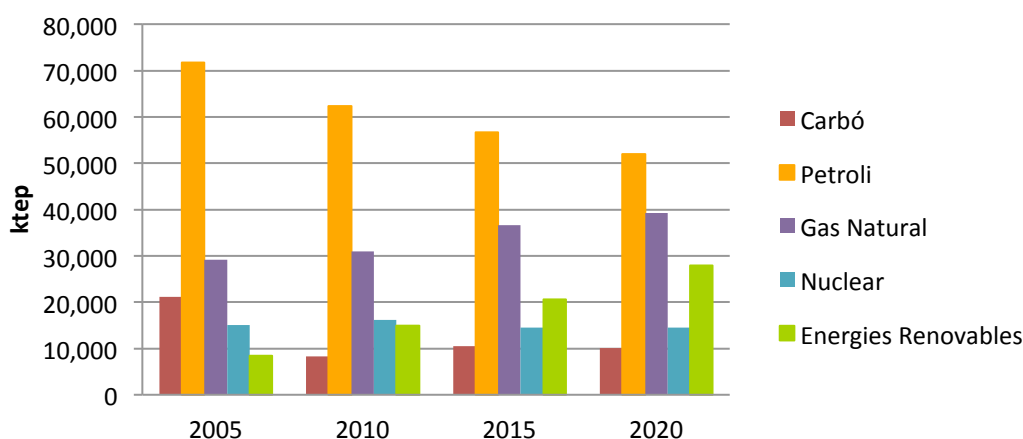


Figura 2.3: Escenari d'eficiència Energètica Addicional: Consum d'Energia Primària.

FONT: Elaboració pròpia a partir del PER 2011-2020

Ktep	2005	2010	2015	2020
<i>Usos Energètics</i>	<i>98.459</i>	<i>93.422</i>	<i>94.409</i>	<i>95.354</i>
Carbó	2.424	1.693	2.175	2.146
Prod. Petrolífers	54.376	48.371	43.882	39.253
Gas Natural	17.145	16.573	17.960	18.800
Electricitat	20.836	21.410	23.717	27.085
Energies Renovables	3.678	5.375	6.675	8.070
<i>Usos no energètics</i>	<i>7.842</i>	<i>6.416</i>	<i>6.865</i>	<i>6.865</i>
Prod. Petrolífers	7.362	5.941	6.415	6.415
Gas Natural	480	475	450	450
Total Usos Finals	106.301	99.838	101.274	102.219

Taula 2.3: Escenari d'eficiència Energètica Addicional: Consum d'Energia Final.

FONT: Elaboració pròpia a partir del PER 2011-2020

Pel que fa a la biomassa, el consum energètic prové majoritàriament del sector forestal, utilitzant-se en sector domèstic, mitjançant sistemes tradicionals poc eficients (ús de llenyes en equips obsolets) i en indústries forestals per a consum tèrmic o cogeneració (Figura 2.4). El Pla preveu el desenvolupament dels cultius energètics i de la mecanització específica per a la recollida, extracció i tractament de biomassa, amb una important expansió de la biomassa en el sector tèrmic en edificis i instal·lacions industrials. Per tant, a més d'avançar en una major

LA BIOMASSA

aportació quantitativa de la biomassa, es produirà un canvi qualitatiu a tecnologies actualitzades i eficients.

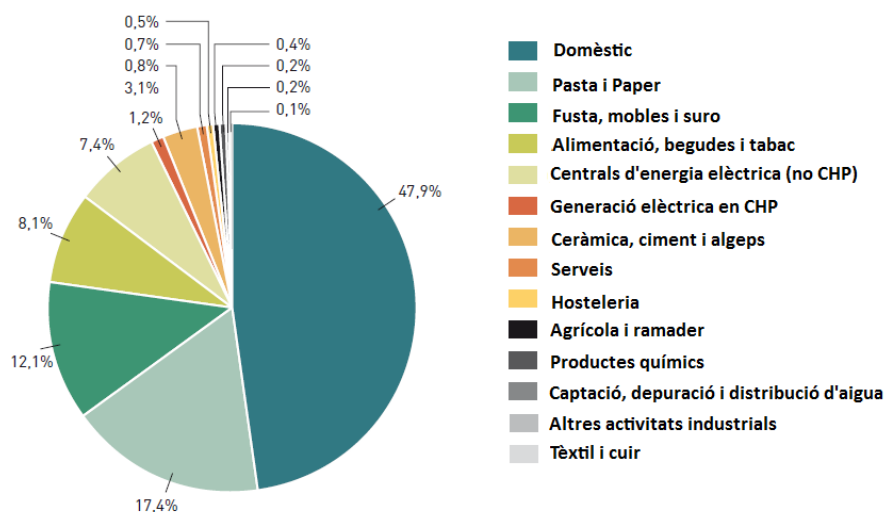


Figura 2.4: Contribució del consum de biomassa als diversos sectors. **FONT:** PER 2011-2020

El potencial de biomassa disponible a Espanya integra la biomassa primària en verd, incloent restes de masses forestals existents, restes agrícoles, masses existents sense explotar i cultius energètics a implantar, i també la biomassa secundària seca obtinguda de residus d'indústries agroforestals.

Segons el PER 2011-2020, per a aconseguir els objectius fixats en l'àrea de biomassa s'han definit una sèrie de propostes dirigides a cada fase de l'aprofitament de la mateixa. Les propostes per al desenvolupament d'un mercat madur de subministrament de biomassa se centren principalment en la mobilització del recurs. El suport al desenvolupament d'aplicacions tèrmiques, especialment en edificis, es realitzarà mitjançant campanyes de difusió, desenvolupaments normatius i nous sistemes de suport financer, d'incentius i d'ajudes públiques a la inversió. El creixement de la producció elèctrica amb biomassa s'aconseguirà mitjançant la generació distribuïda a través de petites cogeneracions i centrals elèctriques a l'entorn dels 15 MW, per al que s'estableixen nous programes de finançament i millores en el sistema de retribució de l'energia elèctrica renovable (especialment per a instal·lacions amb menys de 2 MW).

LA BIOMASSA

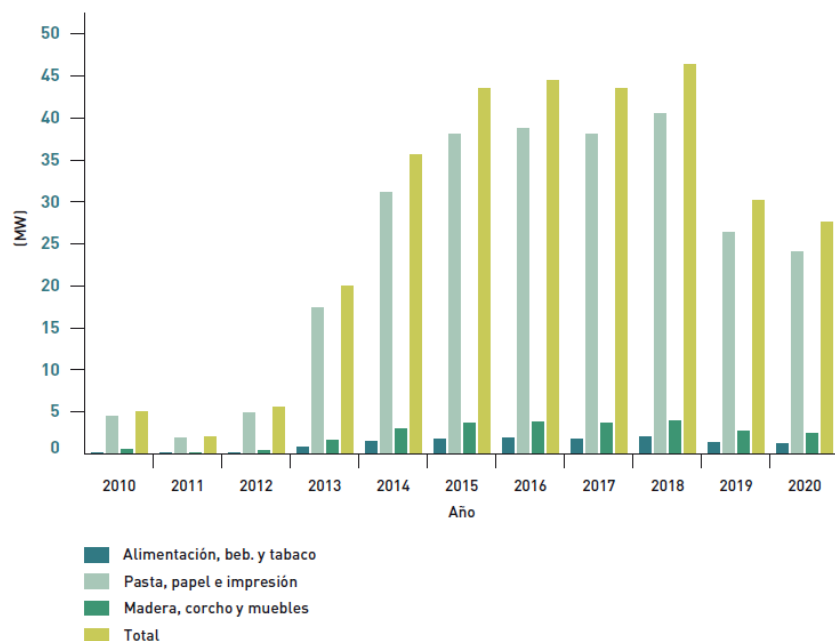


Figura 2.5: Increment de la potència de cogeneració amb biomassa . **Font:** PER 2011-2020

El Pla d'Energies Renovables 2011-2020 contempla 87 propostes, de les quals, quasi la meitat són propostes horitzontals a totes les tecnologies i la resta sectorials. Totes aquestes propostes es poden dividir en cinc grans grups: marcs de suport, propostes econòmiques, propostes normatives, actuacions en infraestructures energètiques i finalment, accions de planificació, promoció, informació, formació i altres. Amb aquestes es pretén donar compliment a les directives comunitàries i té els següents objectius globals:

- El 20,8% sobre el Consum Final Brut d'Energia.
- El 38,1% sobre la Producció Bruta d'Electricitat.
- L'11,3% sobre el Consum d'Energia en el Transport.
- El 17,3% sobre el Consum Final Brut d'Energia per a Calefacció i Refrigeració.

Pel que fa al balanç socioeconòmic, el PER preveu promoure una inversió durant la pròxima dècada que supera els 62.000 milions d'euros, dels quals més de 55.000 es corresponen amb instal·lacions de generació d'electricitat amb aquestes fonts i més de 6.000 milions amb instal·lacions per a usos tèrmics. Quant als suports necessaris, el PER contempla un cost per a l'Administració de l'ordre d'1.260 milions i un cost per al sector privat inferior als 23.500 milions d'euros. Tot i la inversió, es preveu que els beneficis obtinguts superen àmpliament els costos, als que cal afegir els estalvis derivats de la menor emissió de CO₂, que s'estimen en 3.567 milions d'euros. Finalment, existeixen una altra sèrie de beneficis, igualment importants però de més difícil quantificació, sobre els quals s'ha fet un d'estimació que equival a més de 33.000 milions d'euros de riquesa i la creació de 302.865 de llocs de treball vinculats al sector per a 2020.

Segons el Pla, l'anàlisi de la competitivitat de la generació elèctrica amb energies renovables reflecteix que en el període 2011-2020 aquestes tecnologies tindran una evolució a la baixa en els seus costos. Això significa que a partir d'un cert moment ja es pot donar el cas que algunes

LA BIOMASSA

tecnologies puguen ser competitives amb el mercat elèctric, ja que la retribució que rebrien venent l'electricitat en el mercat seria suficient perquè un inversor obtinguera una rendibilitat raonable. A partir de l'evolució dels costos de les tecnologies es poden avaluar els sobre costos per al sistema elèctric que impliquen els objectius fixats en el Pla. Com s'observa en la figura 2.6, el volum econòmic que representarien els sobre costos a la tarifa elèctrica originats per la promoció de les energies renovables en les quantitats establides en aquest PER 2011-2020, experimentaria un augment significatiu fins a l'any 2014 per a després estabilitzar-se i experimentar un lleu descens, a preus constants de 2010.

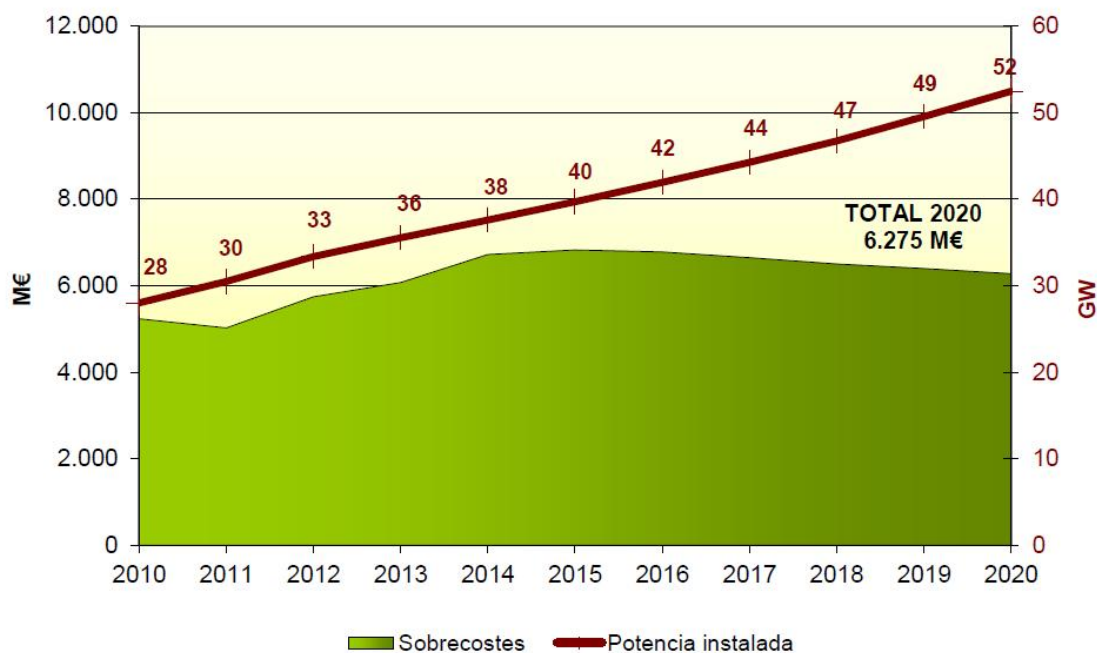


Figura 2.6: Estimació dels sobre costos del sistema elèctric deguts a les energies renovables en el període 2010-2020. **FONT:** Resum PER 2011-2020

Per tal d'aconseguir els objectius establits cal un esforç en l'àmbit de la R+D+i energètica. En els anys de redacció d'aquest Pla, el marc nacional de suport a la R+D+i va facilitar que Espanya tinguera una posició de lideratge en energies renovables, amb grans empreses i centres tecnològics de recerca i desenvolupament de prestigi internacional, com el CIEMAT i el CENER. Per a l'impuls del R+D+i en energia es formà l'ALINNE, Aliança per a la Recerca i Innovació Energètiques, un gran pacte nacional públic-privat que pretén respondre als grans reptes de les activitats de R+D+i en l'àmbit del sector energètic, contribuir a la definició d'una estratègia nacional que ordene les polítiques i programes públics amb les prioritats i necessitats d'Espanya en la matèria, i jugar un paper protagonista en la fixació d'una posició espanyola comuna davant cadascuna de les situacions que es plantegen en matèria de ciència i innovació energètica. L'Institut Tecnològic de l'Energia forma part d'aquesta iniciativa.

Pel que fa en R+D+i en el sector de la biomassa, existeixen tres cadenes de valor d'especial interès, totes elles basades en processos termoquímics de conversió de la matèria primera:

- Biometà i altres combustibles gasosos a partir de biomassa via gasificació.
- Generació d'energia elèctrica d'alta eficiència mitjançant gasificació de biomassa.

LA BIOMASSA

- Vectors bioenergètics a partir de biomassa mitjançant processos termoquímics diferents a la gasificació.

A nivell nacional el BIOPLAT identifica els reptes tecnològics enquadrats en dues cadenes de valor: utilització de biocombustibles solguts mitjançant combustió directa i la producció i utilització de biocombustibles solguts per a gasificació.

L'IDAE serà l'organisme públic encarregat del seguiment del PER 2011-2020, mitjançant principalment una memòria elaborada al primer semestre de cada any on s'informarà de l'evolució del pla de l'exercici anterior i es realitzarà una revisió i proposta de totes les actuacions necessàries i solucions tècniques aplicables durant l'horitzó temporal del Pla, per al compliment dels seus objectius.

2.5.2. Fonts del dret espanyol en el sector elèctric

Durant les últimes dècades s'ha produït un desenvolupament molt important de l'eficiència energètica i de les tecnologies de producció d'energia elèctrica a partir de fonts d'energia renovables, cogeneració i residus, que integraven l'anteriorment denominat règim especial. Aquest creixement va ser possible, d'una banda, gràcies a l'existència de successius marcs normatius de suport que establien incentius econòmics a la producció elèctrica amb aquestes tecnologies, però també per a la consecució dels objectius de reducció d'emissions de gasos d'efecte hivernacle així com d'altres objectius comunitaris i internacionals.

La primera norma fonamental que va regular aquests aspectes va ser la Llei 54/1997, de 27 de novembre, del Sector Elèctric, que incloïa en el seu títol IV un capítol dedicat al règim especial de producció d'energia elèctrica conformat pel conjunt de regles específiques que s'aplicaven a l'electricitat generada mitjançant fonts d'energies renovables, cogeneració amb alt rendiment energètic i residus. El règim especial és un tractament que s'atorga a la producció d'energia elèctrica procedent d'instal·lacions amb potència instal·lada no superior a 50 MW que utilitzen fonts d'energia renovables (solar, eòlica, hidràulica i biomassa), residus i cogeneració. Aquest tipus de generació presenta una sèrie d'avantatges respecte a la producció en règim ordinari (nuclear, carbó, fuel, gas, gran hidràulica), d'ací l'existència d'aquest tractament diferenciat.

Aquesta norma bàsica va ser després desenvolupada en successives normes reglamentàries. Així, primerament es va aprovar el Reial Decret 2818/1998, de 23 de desembre, sobre producció d'energia elèctrica per instal·lacions proveïdes per recursos o fonts d'energia renovables, residus o cogeneració, que va anar després modificat pel Reial Decret 841/2002, de 2 d'agost, pel qual es regula per a les instal·lacions de producció d'energia elèctrica en règim especial el seu incentivament en la participació en el mercat de producció, determinades obligacions d'informació de les seues previsions de producció, i l'adquisició pels comercialitzadors de la seua energia elèctrica produïda. Tots dos reials decrets van ser derogats pel Reial Decret 436/2004, de 12 de març, pel qual s'estableix la metodologia per a

LA BIOMASSA

l'actualització i sistematització del règim jurídic i econòmic de l'activitat de producció d'energia elèctrica en règim especial⁷.

Posteriorment, es va aprovar el Reial Decret 661/2007, de 25 de maig, pel qual es regula l'activitat de producció d'energia elèctrica en règim especial, que també va derogar la regulació existent en la matèria i continguda en el RD 436/2004, de 12 de març. Aquest últim ha estat vigent fins a l'aprovació del Reial Decret-Llei 9/2013, de 12 de juliol, pel qual s'adopten mesures urgents per a garantir l'estabilitat financera del sistema elèctric, que més endavant s'explicarà. A aquest marc normatiu s'ha de sumar la Llei 2/2011, de 4 de març, d'Economia Sostenible.

Totes aquestes disposicions descrites han permès complir, conformement a les circumstàncies de cada moment, els propòsits que les inspiraven, però també han propiciat la ràpida superació de les previsions que havien presidit la seua aprovació. Aquesta circumstància, unida a la progressiva reducció dels costos tecnològics, va fer possible, en garantia tant del principi de rendibilitat raonable com de la pròpia sostenibilitat financera del sistema, que el govern justificara escometre successives correccions del marc normatiu. Així, entre d'altres anteriors, es va procedir a l'aprovació del Reial Decret-Llei 1/2012, de 27 de gener, pel qual es va dur a terme la suspensió dels procediments de preassignació de retribució i la supressió dels incentius econòmics per a noves instal·lacions de producció d'energia elèctrica a partir de cogeneració, fonts d'energia renovables i residus, així com, posteriorment, el Reial Decret-Llei 2/2013, d'1 de febrer, de mesures urgents en el sistema elèctric i en el sector financer, que, entre altres aspectes, va modificar el RD 661/2007, suprimint l'opció de preu de mercat més prima per a aquelles tecnologies a les quals era aplicable, determinant la retribució conformement a tarifa de totes les instal·lacions del denominat règim especial, al mateix temps que modificava els paràmetres d'actualització de la retribució de les activitats regulades del sistema elèctric.

En aqueix context energètic, inestable jurídicament, es va promulgar el Reial Decret-Llei 9/2013, de 12 de juliol, pel qual s'adopten mesures urgents per a garantir l'estabilitat financera del sistema elèctric. Aquest ha suposat una important mesura en aquest àmbit dins del procés de reforma del sector elèctric, ja que incorpora un mandat al Govern per a aprovar un nou règim jurídic i econòmic per a les instal·lacions de producció d'energia elèctrica existents a partir de fonts d'energia renovables, cogeneració i residus, fent explícita enunciació dels principis concrets sobre els quals s'articularà el règim aplicable a aquestes instal·lacions, en termes que han sigut posteriorment integrats en la **Llei 24/2013**, de 26 de desembre, del Sector Elèctric i que són desenvolupats en el **Reial Decret 413/2014**, de 6 de juny, pel qual es regula l'activitat de producció d'energia elèctrica a partir de fonts d'energia renovables, cogeneració i residus.

⁷ Ministeri de Indústria, Energia i Turisme. www.minetur.gob.es

LA BIOMASSA

2.5.2.1. Llei 24/2013 del Sector Elèctric

Aquesta nova Llei 24/2013 del Sector Elèctric es presenta com una reforma global del sector, ja que els canvis del sistema elèctric i la situació econòmica van provocar que la Llei anterior esdevinguera insuficient. Com ja s'ha comentat anteriorment, el Govern ha tractat d'adaptar-se al nou escenari amb l'aprovació successiva de diversos decrets-Llei, modificacions que han portat a una situació de dispersió normativa que la nova Llei tracta de remeiar.

El Sector Elèctric, qualificat com a servei d'interès econòmic general (nova consideració del subministrament d'energia elèctrica com a servei d'interès econòmic general) necessita una regulació que aporte estabilitat i resolga les dificultats que s'han presentat en el sector fins al moment. Existeixen dos problemes fonamentals als quals la nova Llei tracta de donar solució⁸:

- *El dèficit de tarifa*: el desajustament entre els costos del sistema elèctric i els ingressos obtinguts pels preus regulats.
- *Una regulació retributiva desigual* de les instal·lacions de producció d'energia elèctrica derivada de la utilització de les noves tecnologies - energies renovables, cogeneració i residus.

Les causes d'aquesta problemàtica o desequilibri es troben en el creixement excessiu de determinades partides de costos per decisions de política energètica, sense que es garantira el seu correlatiu ingrés per part del sistema. Tot açò agreujat per l'absència de creixement de la demanda elèctrica, fonamentalment conseqüència de la crisi econòmica.

Aquest nou marc legislatiu aborda la anomenada problemàtica existent en el sector elèctric espanyol introduint mesures que justifiquen garantir la sostenibilitat econòmica i financera del sector elèctric:

- ***Equilibri entre costos i ingressos***. El pla de sostenibilitat estableix la necessitat d'equilibri del sistema. Qualsevol mesura adoptada que supose un cost haurà de ser finançada per una partida d'ingrés equivalent i viceversa. Un paral·lelisme entre costos i ingressos que evite l'acumulació de nou dèficit. Addicionalment, s'introdueix l'exigència anual d'una previsió de l'evolució dels costos i ingressos per als següents sis anys (Període regulatori de sis anys establert per la nova Llei)
- Es contempla la possible aparició de ***desajustaments temporals entre costos i ingressos***, si bé aquests seran corregits mitjançant revisions automàtiques quan no superen certs llindars. Les desviacions ací contemplades són mínimes i estan limitades al 2% per dèficit d'ingressos i al 5% per deute acumulat. Aquests desajustaments obeeixen a circumstàncies conjunturals i no afecten a la modificació dels peatges i càrrecs. Si se superaren aquests llindars, els peatges i càrrecs seran revisats i el no compensat per aqueixa revisió serà finançat pels subjectes del sistema en proporció als seus drets de cobrament.

La novetat sobre aquest tema és que seran desfasaments finançats per tots els subjectes (no únicament pels grans operadors com fins ara) i sense possibilitat de cessió de tals drets (per dèficit d'ingressos) al Fons de Titulització del Dèficit del sistema.

⁸ Resum extret de Gold Boutique abogados. Pàgina web: goldabogados.com

LA BIOMASSA

- ***Els costos i el seu finançament.*** La Llei respon a la necessitat de diferenciar entre conceptes de cost diferents: els peatges són els pagaments destinats a cobrir els costos de les xarxes de transport i distribució i els càrrecs són els pagaments destinats a cobrir altres costos de les activitats del sistema (el sistema retributiu específic de les energies renovables, cogeneració i residus, la producció en territoris no peninsulars, etc). Aquests càrrecs són una novetat que introdueix la llei.

El finançament dels costos del sistema segueix corrent en gran part a càrrec dels consumidors. Només serà a càrrec del pressupost públic de manera excepcional, per al cas de supòsits previstos i pel caràcter de servei essencial del subministrament elèctric.

- ***El règim retributiu del sistema elèctric.*** La regulació retributiva de les instal·lacions elèctriques fins ara vigent distingia un règim ordinari i un altre especial per raó de la tecnologia emprada el que donava lloc a una situació de desigualtat. La nova llei tracta de resoldre-ho mitjançant l'eliminació del règim especial que estava vigent. D'aquesta forma, s'unifica el sistema retributiu si bé es preveu adoptar les consideracions singulars necessàries (règim específic) perquè totes les instal·lacions puguin competir en igualtat de condicions en el mercat.

El règim retributiu específic de les activitats de transport, distribució i producció a partir d'energies renovables, cogeneració i residus, permet que aquestes tecnologies puguin competir en igualtat amb la resta d'instal·lacions en el mercat. Aquest sistema retributiu consagra el principi de rendibilitat raonable i garanteix que aquestes tecnologies cobrisquen els costos que no poden recuperar en el mercat. S'estableix un marc d'igualtat respecte a les energies convencionals per a l'obtenció de rendibilitat per totes les instal·lacions.

Amb caràcter excepcional la llei preveu l'establiment de nous règims específics per a les energies renovables, cogeneració i residus per a complir objectius energètics a nivell comunitari, per a reduir costos energètics o la dependència energètica de l'exterior.

La llei introdueix un període regulatori de sis anys per a la retribució de les activitats que requerisquen una regulació específica així com eines d'adaptació d'aquests règims quan les circumstàncies ho requerisquen. S'inclouen així mateix semi-períodes de 3 anys per a revisar certs paràmetres retributius que així ho requerisquen.

Respecte a les activitats destinades al subministrament d'energia elèctrica, aquestes seran retribuïdes exclusivament pels ingressos del sistema elèctric. Existeix una prohibició expressa en la llei de destinar els ingressos a altres finalitats.

Per la seua banda, les activitats de transport, distribució i producció *no peninsular* seran susceptibles de retribució addicional per a cobrir la diferència entre els costos d'inversió i explotació de l'activitat i els ingressos de la mateixa per la seua singular ubicació territorial.

Com a norma general, els règims retributius prendran com a referència els costos d'una empresa eficient i ben gestionada, aplicant criteris homogenis en tot el territori espanyol. Els paràmetres retributius tindran una vigència de sis anys i la seua revisió contemplarà la rendibilitat, la situació econòmica i la demanda elèctrica.

LA BIOMASSA

Així mateix, la Llei incorpora una altra sèrie de novetats de menor calat però de notable transcendència:

- **Garantia de subministrament elèctric:**
 - **Accés i connexió a les xarxes** de transport i distribució, com a pilar d'un sistema objectiu, transparent i no discriminatori en el seu atorgament, denegant-se exclusivament sobre la base de criteris tècnics.
 - **Planificació elèctrica** per a preveure les necessitats del sistema a llarg termini així com definir necessitats d'inversió.
- **Autoconsum** d'energia elèctrica: Es desenvolupa un marc legal específic per a aquesta font alternativa de generació d'electricitat i l'obligatorietat que aquestes instal·lacions contribuïsquen al finançament dels costos del sistema d'igual manera que la resta de consumidors. S'estableixen excepcions si el autoconsum resultara en una reducció de costos per al sistema i per a les instal·lacions de cogeneració.
- **Activitats en territoris no peninsulars:** S'estableix una reglamentació específica per als sistemes elèctrics no peninsulars sobre la base dels costos addicionals que pugen derivar-se pel seu aïllament (retribució addicional).
- **Posició dels consumidors:**
 - La llei regula amb major detall les **relacions entre els consumidors i les empreses comercialitzadores** mitjançant un marc general de contractació que estableix els drets i obligacions de cada part (article 44). Concretament té especial rellevància la protecció que se li concedeix als consumidors davant mètodes de venda abusius o equívocs; la facultat de canvi de subministrador sense costos addicionals o el dret a una informació transparent, comprensible i no discriminatòria entre unes altres.
 - El preu voluntari per al petit consumidor, és el preu màxim que podran cobrar les comercialitzadores a aquells consumidors que complisquen els requisits previstos a aquest efecte.
 - **Tarifes d'últim recurs**, d'aplicació al consumidor que tinga la condició de vulnerable (previst en l'article 45) per les seues característiques socials, de consum i poder adquisitiu. Se'ls concedeix una especial protecció amb una tarifa reduïda respecte al preu voluntari per al petit consumidor.
- **Competència efectiva.** La nova llei aspira a crear un nivell de competència efectiu en el sector; reducció del poder de monopoli; reducció de les distorsions creades per les energies renovables, cogeneració i residus; augment de la competència entre les comercialitzadores i distribuïdores, millora de la posició del consumidor, etc.
- **Règim sancionador:** S'adopten majors mecanismes de control per part de les autoritats públiques, és a dir, inspeccions, infraccions i sancions.
- **Integració dels mercats europeus:** La nova llei naix dins d'un context d'integració del sector elèctric a nivell comunitari, prenent en consideració Directives i Reglaments

LA BIOMASSA

europaus en matèria d'intercanvis transfronterers, accés a la xarxa per al comerç transfronterer, integritat i transparència del mercat majorista, etc.

La Disposició Final Tercera d'aquesta nova Llei del Sector Elèctric, així com la Disposició Final Segona del Reial Decret-Llei 9/2013, pel qual s'adopten mesures urgents per a garantir l'estabilitat financera del sistema elèctric, anunciaven l'establiment d'un nou règim jurídic i econòmic de l'activitat de producció a partir de fonts d'energia renovables, cogeneració i residus amb règim econòmic prevalgut. Després de quasi un any, la tramitació parlamentària d'aquesta norma ha desembocat en el **Reial decret 413/2014**, de 6 de juny, pel qual es regula l'activitat de producció d'energia elèctrica a partir de fonts d'energia renovables, cogeneració i residus.

Aquest RD serà objecte d'aplicació a les instal·lacions de producció d'energia elèctrica a partir de fonts d'energia renovables, cogeneració i residus pertanyents a les següents categories, grups i subgrups en funció de l'energia primària que empren com a combustible principal (Art. 2 RD 413/2014):

- a) Cogeneració o altres formes de producció a partir d'energies residuals (gas Natural, Petrolí o Carbó, i altres energies residuals.
- b) Cogeneració o altres formes de producció a partir d'energies renovables no fòssils (fotovoltaica, termosolar, eòlica, geotèrmica i mareomotriu en diferents formes, hidràulica i minihidràulica, biomassa procedent de cultius energètics, activitats agrícoles, ramaderes, forestals o similars, biolíquids i biogàs, i per últim biomassa procedent del sector agrícola o forestal).

Així, el combustible emprat en el procés industrial objecte d'estudi serà de tipus **b.8: Biomassa procedent d'instal·lacions industrials del sector agrícola o forestal**, concretament, de l'a indústria de transformació de fruits secs.

- c) Cogeneració o altres formes de producció a partir de residus amb valorització energètica no contemplats en la categoria b) (diferents tipus de residus i altres tipus de combustibles específics amb un 70% de límit de consum).
- d) Instal·lacions híbrides: hibridacions de diversos combustibles o tecnologies. Abans del 31 de març de cada any, aquest tipus d'instal·lacions remetran a l'òrgan encarregat de la liquidació una declaració responsable en la qual s'incloua els percentatges de combustible i/o tecnologia.

El RD 413/2014 estableix les condicions, tecnologies o col·lectiu d'instal·lacions concretes que podran participar en el mecanisme de concurrència competitiva a l'efecte de percebre el règim retributiu específic. No obstant açò, cal estar a l'espera de l'aprovació i entrada en vigor de l'ordre del Ministre d'Indústria, Energia i Turisme per a conèixer, entre altres aspectes, els paràmetres retributius corresponents a les instal·lacions tipus de referència que siguin objecte del mecanisme de concurrència competitiva, així com els termes en què es desenvoluparà aquest mecanisme i aquells altres aspectes necessaris per a la posterior inscripció de les instal·lacions o modificacions de les existents en el registre de règim retributiu específic.

3. EL SECTOR AGROALIMENTARI

EL SECTOR AGROALIMENTARI

3.1. Cadena de valor

Es defineix com el model organitzatiu desenvolupat per Michael Porter basat en el grup d'activitats requerides per a dissenyar, desenvolupar, produir, comercialitzar i proporcionar productes i serveis als clients. La Cadena de Valor és essencialment una forma d'anàlisi de l'eficàcia i eficiència de l'activitat empresarial mitjançant la qual descomponem una empresa en les seues parts constitutives, cercant identificar fonts d'avantatge competitiu en aquelles activitats generadores en valor. Aquest avantatge competitiu s'aconsegueix quan l'empresa desenvolupa i integra les activitats de la seua Cadena de Valor de forma menys costosa i millor diferenciada que els seus rivals. Per tant, la Cadena de Valor d'una empresa està conformada per totes les seues activitats generadores de valor agregat i pels marges que aquestes aporten⁹.

Una cadena de valor genèrica està formada per tres elements bàsics:

- Les activitats primàries, que són aquelles que tenen a veure amb el desenvolupament del producte, la seua producció, les de logística i comercialització i els serveis de postvenda.
- Les activitats de suport a les activitats primàries, com són l'administració dels recursos humans, les de compres de béns i serveis, les de desenvolupament tecnològic (telecomunicacions, automatització, desenvolupament de processos i enginyeria, recerca), les d'infraestructura empresarial (finances, comptabilitat, gerència de la qualitat, relacions públiques, assessoria legal, gerència general).
- El marge, que és la diferència entre el valor total i els costos totals incorreguts per l'empresa per a exercir les activitats generadores de valor.

3.1.1. Cadena de Valor del sector

Dintre del sector agroalimentari, i focalitzant en el procés industrial, es poden identificar una sèrie d'agents productius i de consum que interactuen entre ells per donar un valor afegit al producte final. En la figura 3.1 es mostren els agents implicats en el procés industrial agroalimentari.

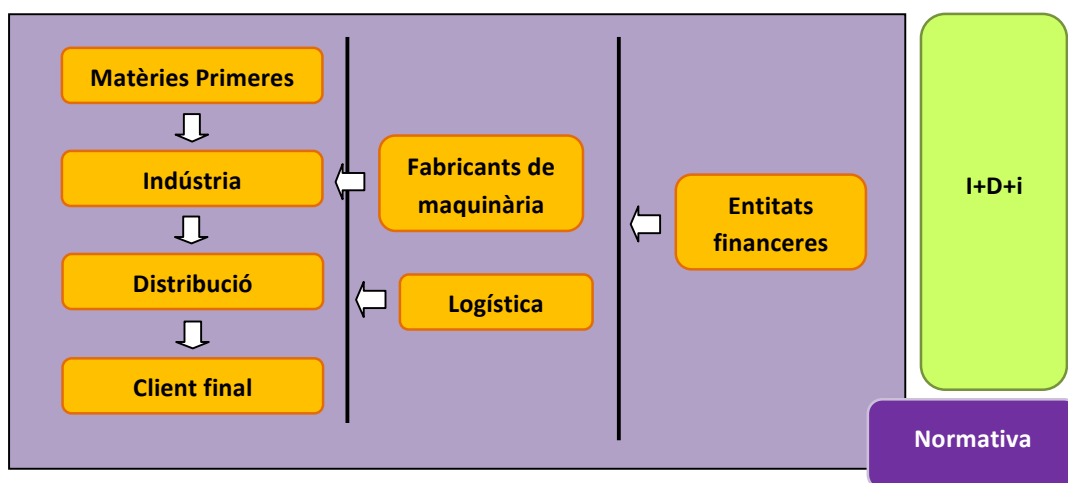


Figura 3.1: Agents implicats en la indústria agroalimentària. FONT: pròpia.

⁹ Ministerio de Industria, Energía y Comercio. Universidad de los Andes

EL SECTOR AGROALIMENTARI

Les línies de comercialització dels fruits de corfa per al consum directe i dels seus productes transformats involucren a diferents agents que participen en la producció, transformació, distribució i consum. L'obtenció dels objectius i béns i s'identifiquen en la següent cadena de valor:

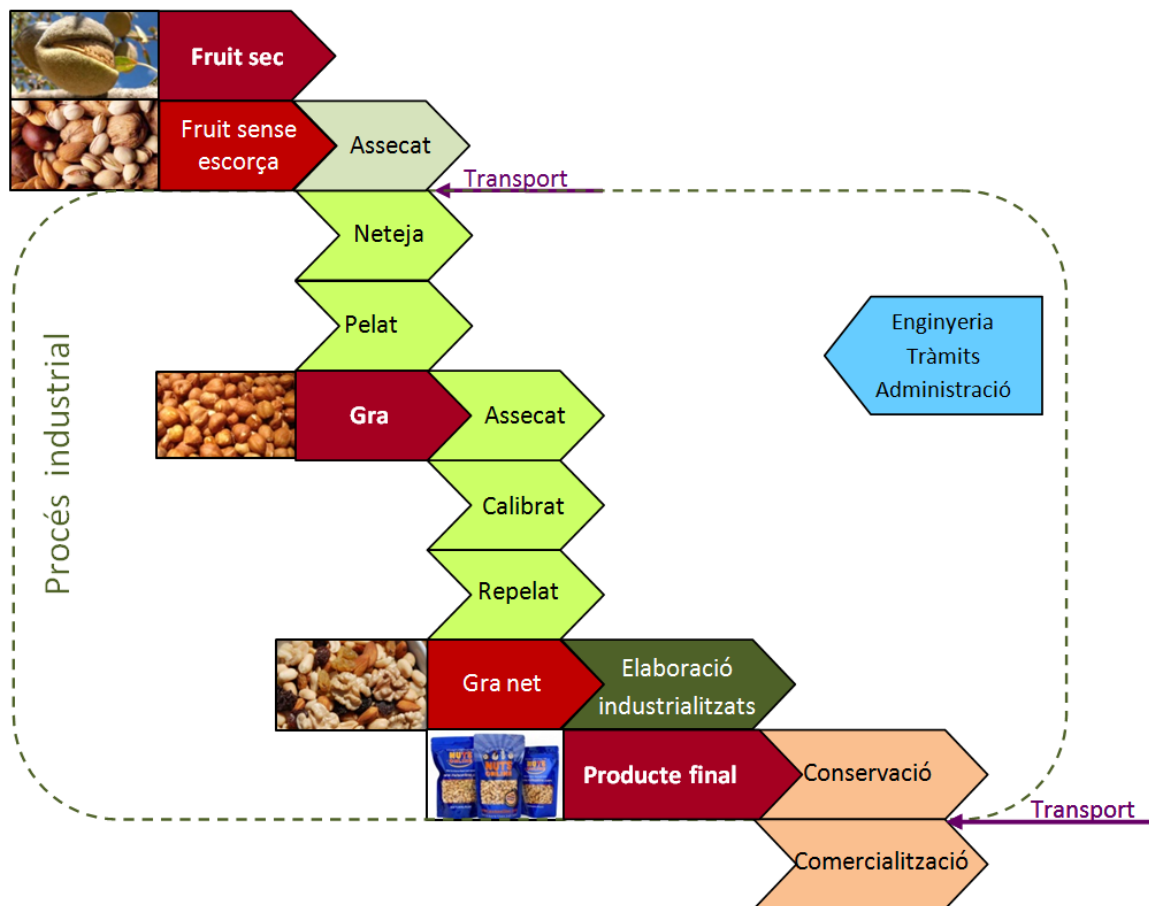


Figura 3.2: Cadena de valor de la indústria agroalimentària. FONT: pròpia.

3.2. Processos industrials del sector agroalimentari

Una vegada que el fruit és recollit de la planta, s'inicia un procés de transformació que en general inclou les següents accions¹⁰:

- *Descorçat o espelat de fruits.* En la conca mediterrània, aquest procés es realitza pels agricultors (però no en altres parts del món). Aquesta operació consisteix a separar completament el mesocarpi, deixant lliure la superfície de l'escorça o endocarpi. Ha de realitzar-se immediatament després de la recol·lecció perquè pugui realitzar-se amb facilitat. Amb aquest procediment es facilita el posterior assecat del fruit i un millor aspecte extern.

¹⁰ Estudio del sector de frutos de cáscara. Coordinadora de Organizaciones de Agricultores y Ganaderos. Mayo de 2011.

EL SECTOR AGROALIMENTARI

Des de fa temps es realitza de forma mecanitzada en quasi totes les explotacions espanyoles. És un procés senzill, gràcies a l'eficàcia i economia de la maquinària existent. El seu ús està àmpliament generalitzat. No obstant açò, en algunes varietats d'escorça blana poden presentar problemes de trencaments de pela o closca interior.

- *Assecat dels fruits.* Tradicionalment, els fruits s'han assecat en la pròpia explotació, en magatzems, patis, etc., sotmetent al fruit a un assecat natural, tot i que també es pot realitzar de manera artificial o forçada. Es realitza per a evitar la floritura i ennegriment del fruit. D'altra banda, és una imposició de la indústria, que no permet l'entrada de partides als llocs de processament amb una humitat superior al 6 o 7%. Aquesta operació facilita la conservació de la collita, que en condicions adequades pot mantenir el fruit en bon estat durant 2 o 3 anys.
- *Recepció i pesat.* Una vegada que entra una partida en la indústria, ha de recollir-se tota la informació referent al seu origen i les característiques del producte. Almenys es realitzen 2 mostres de mig quilogram cadascuna, sent el més normal fer-ho a l'eixida del camió, abans d'entrar en la tremuja. El lliurament es pesa i es diposita el producte en unes sitges d'emmagatzematge, classificat per varietats.
- *Mullat.* Des de les sitges, el fruit sense escorça ix cap a una preneteja mitjançant garbellament. Se separen pedres, branques o similars. El producte passa per una cadena de llavat, on es retiren la terra, pols, fruits buits, pells i fulles. D'ací passen directament a una altra sitja. En alguns processos industrials, el fruit pot passar directament a una sitja de mullat, per tal de netejar el producte de partícules fines com la pols. La finalitat de mullar les ametlles amb closca és que aquestes no entrin amb les closques seques a la trencadora, s'asclen molt i facin malbé el gra.
- *Pelat del fruit.* Consisteix a partir i separar la pela (o corfa interior) i alliberar el gra amb el seu tegument. Ha de realitzar-se amb cura per a evitar trencaments excessius del gra. Són diversos els sistemes existents, sent en les varietats de pela dura molt emprat el sistema de martells. La maquinària ha d'estar calibrada específicament per a la varietat que es pela, doncs en cas contrari, el percentatge de fruits trencats pot augmentar considerablement, disminuint el valor econòmic dels lots.
- *Assecat.* El gra procedent del procés anterior se sotmet a un adequat assecat mitjançant assecadors d'aire calent. El gra sec es pesa abans del començament de la següent etapa.
- *Calibrat.* Consisteix en la selecció dels fruits segons grandàries, tenint en compte la longitud i l'amplària de la mateixa. El calibratge es realitza amb uns sedassos, atenent al diàmetre de la llavor. Igualment, en aquest procés es realitza l'eliminació dels fruits defectuosos o que no compleixen les característiques requerides. El calibratge es pot realitzar amb sistemes de selecció electrònica, per a la separació de pela/gras o per a la reparació de trossos/sencerres.

EL SECTOR AGROALIMENTARI

- *Repelat.* Consisteix en la separació del tegument exterior, deixant el gra net, presentant el seu color emblanquit. El procés fonamental és l'escaldat, realitzat amb aigua calenta procedent d'una caldera, per regla general alimentada amb pela. L'escaldat provoca l'inflament del tegument exterior, facilitant la separació del gra, la qual cosa s'aconsegueix fent passar els grans per uns corròns de goma. Els teguments són succionats i conduïts a una tremuja on, una vegada secs, poden valoritzar-se.
- *Elaboració d'industrialitzats.* Els fruits de pela tenen diferents usos i es poden treballar de diferents formes (làmines, tires, cubs, picats, torrades, salades o bé farines). D'aquesta manera es condiciona el producte d'una manera més aprofitable per a la indústria alimentària. Es realitza amb màquines especials en funció del producte final que es vulga obtenir.
- *Conservació.* La conservació, qualsevol que siga la seua forma, ha de realitzar-se en càmeres de refrigeració, utilitzant entre 0º i 5ºC, i fins i tot arribar a 7º o 8ºC. La humitat ambiental s'ha de mantenir a uns nivells del 65%. La possibilitat de conservació del producte sense pela es pot perllongar quasi als dos anys i està en funció de les temperatures d'emmagatzematge (a menor temperatura, major temps de conservació). La deterioració de la qualitat es deu fonamentalment a l'oxidació dels lípids, que pot produir que el producte es torne ranci, florit o amb presència d'insectes.
- *Distribució i comercialització.* El producte final, una vegada envasat, etiquetat i embalat, és lliurat en les instal·lacions del client, tant nacional com a internacional, en el mínim temps possible de termini de lliurament, mitjançant els mitjans que permeten assegurar les condicions òptimes de manteniment i conservació en el seu transport.

Cal tenir en compte que no sempre es donen tots els processos anteriorment descrits. Així, per exemple, el calibrat posa fi al procés en el cas que només es pretenga obtenir producte en gra. En aquest cas es procediria a l'envasament i etiquetatge previ a l'emmagatzematge. El producte repelat també pot envasar-se i etiquetar-se. La figura 3.3 mostra un resum dels processos anteriorment descrits.

EL SECTOR AGROALIMENTARI

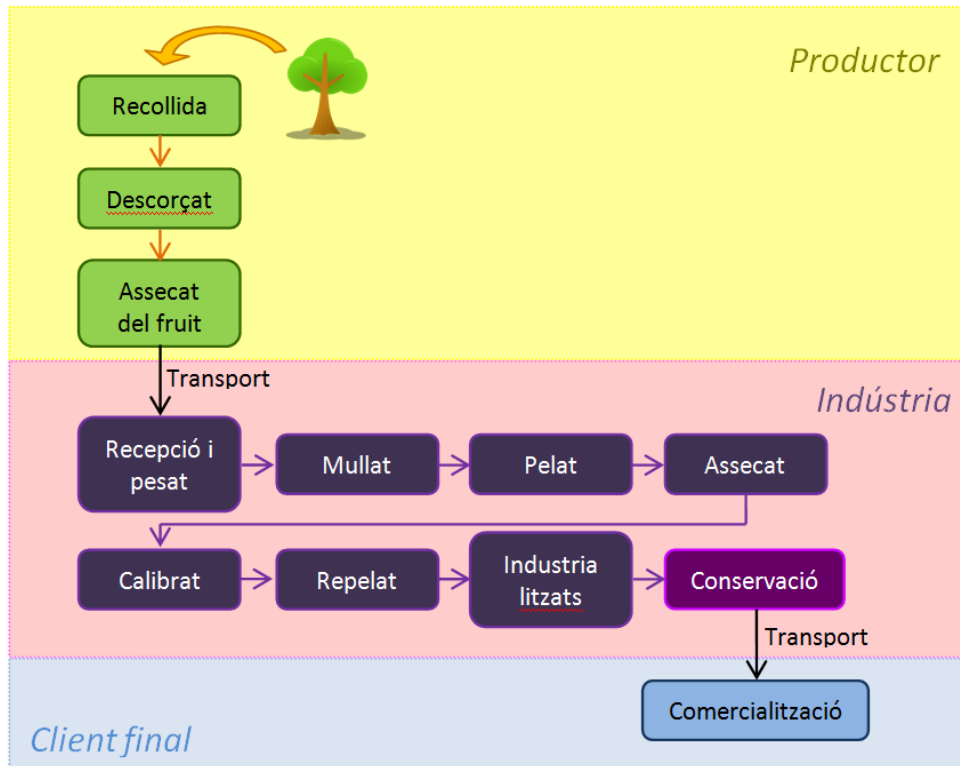


Figura 3.3: processos que es porten a terme al sector agroalimentari. **FONT:** pròpia.

A més d'aquests processos industrials, en l'empresa intervenen també uns processos horitzontals com ara la ventilació de les instal·lacions, instal·lació sanitària, recepció i eixida de vehicles, sistema de calefacció i aire condicionat, i les oficines. En aquest treball no s'han tingut en compte aquestes línies horitzontals, i només s'ha centrat en l'etapa industrial específica.

3.2.1. Diagrama de flux del sector agroalimentari

En la figura 3.4 es mostra el diagrama de flux del sector agroalimentari segons allò explicat a l'apartat anterior. Se suposa un aprofitament de la biomassa generada en tot el conjunt per a alimentar la caldera, tot i que és una simplificació.

Per descriure l'energia elèctrica s'utilitza la nomenclatura "E.e", i per indicar calor la lletra "Q".

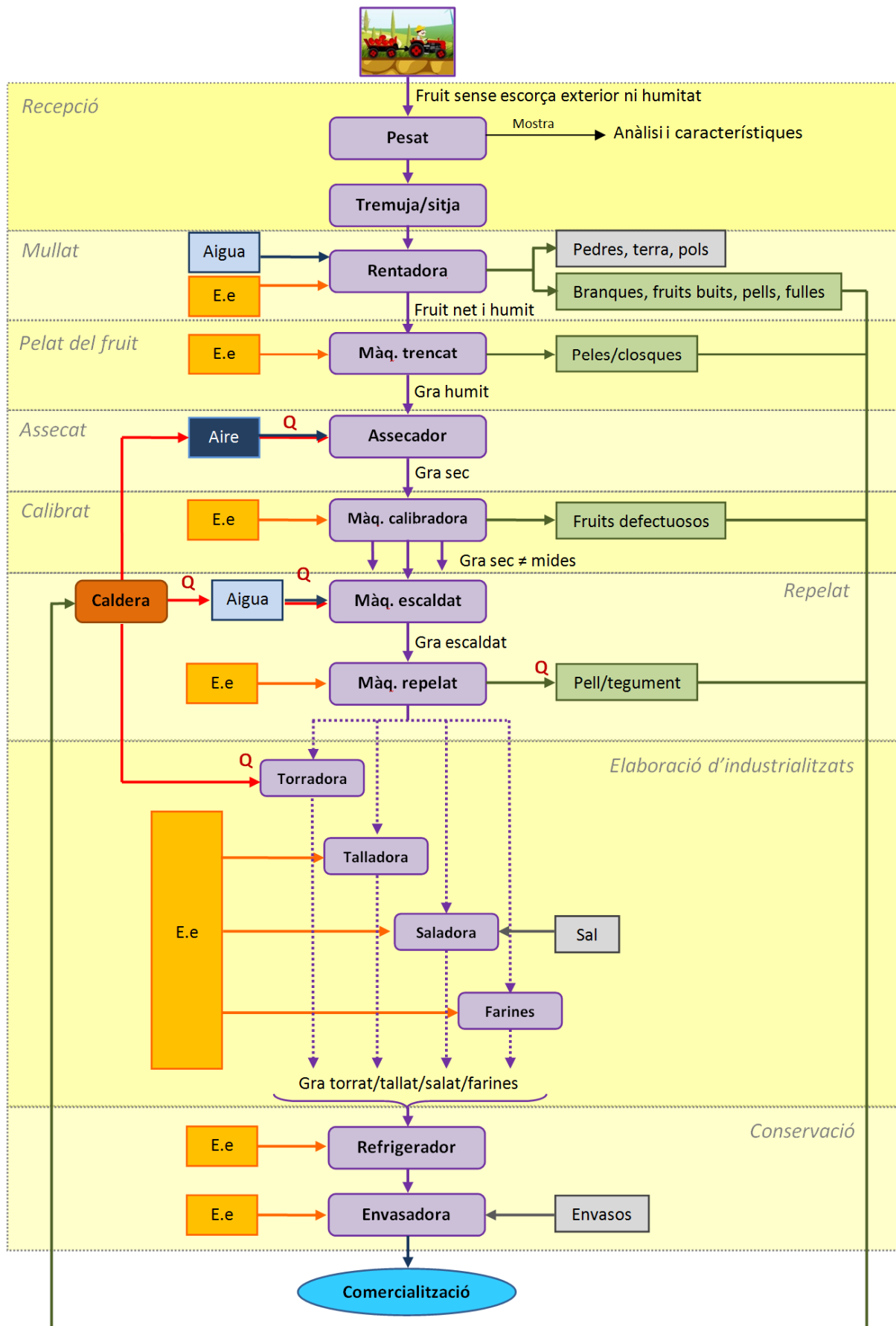


Figura 3.4: Diagrama de flux de processos del sector agroalimentari. FONT: pròpia.

EL SECTOR AGROALIMENTARI

3.2.2. Diagrama de flux del subsector seleccionat

Després de l'anàlisi del sector, el cas particular seleccionat dins del sector agroalimentari és la indústria de processat d'ametles fregides i torrades, i s'ha escollit aquesta degut a la informació trobada d'aquest subsector.

En la figura 3.5 es mostra el diagrama de flux particular per a aquest tipus d'indústria. S'han eliminat aquelles etapes respecte l'anterior que no intervenen, així com s'han afegit algunes especificacions. Cada un dels processos s'explicaran en apartats posteriors.

Com en el cas anterior, la nomenclatura "E.e" es refereix al consum d'energia elèctrica i "Q" per descriure calor.

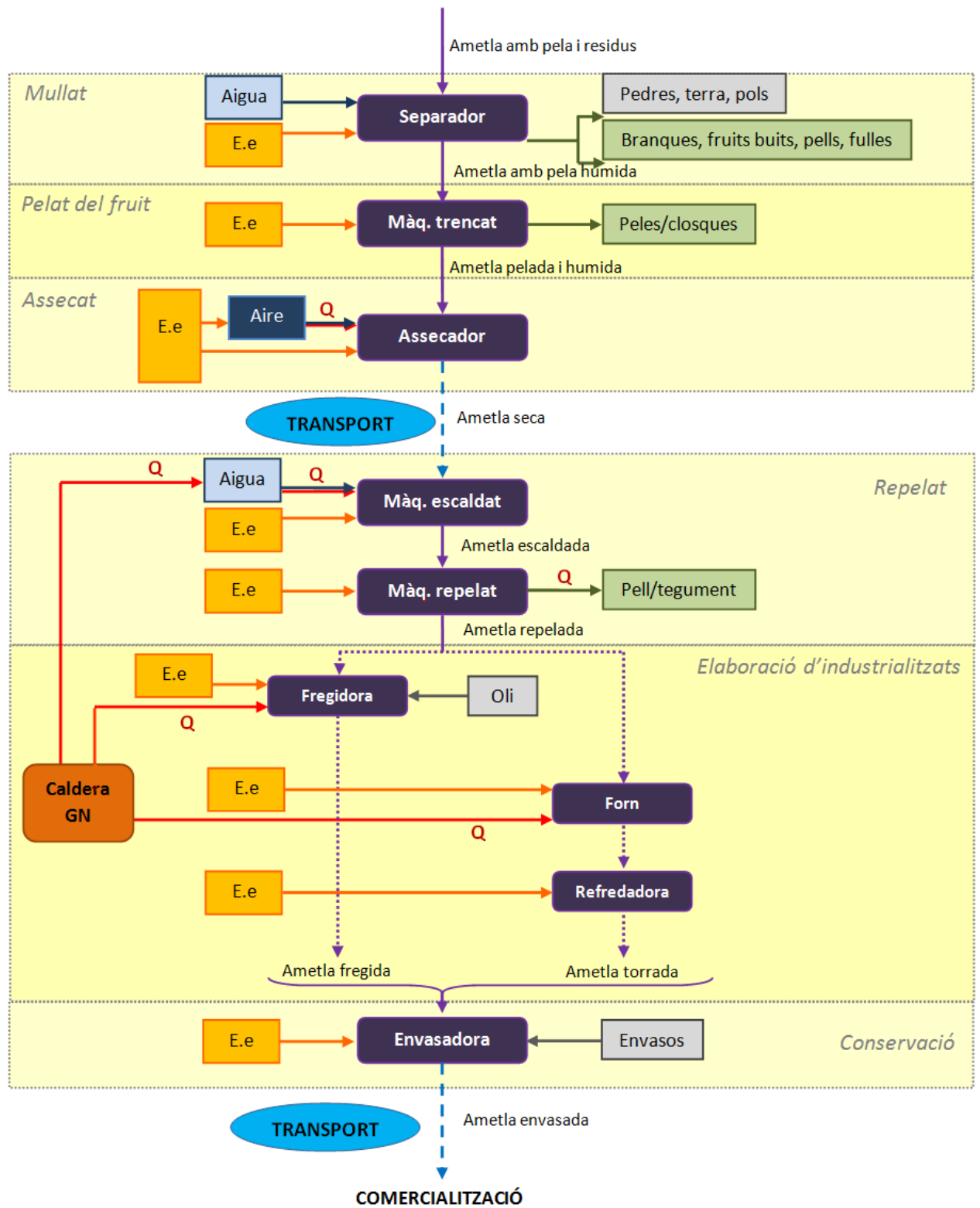


Figura 3.5: Diagrama de flux per al subsector de l'elaborat d'ametla fregida i torrada. FONT: pròpia.

3.3. Maquinària

En aquest apartat es descriu, en primer lloc, les màquines principals que utilitza el sector dels fruits secs en general i el consum energètic de la mateixa per tal de poder fer una tria adaptada al cas concret. Després, i a partir d'aquestes dades del mercat i de dades reals de consums, es construirà el procés industrial específic del treball, a partir del qual s'aplicaran les possibles millores i optimització dels processos.

No s'han tingut en compte les especificacions ni consums de les màquines transportadores o transvasadores del procés (cintes transportadores, cargols sense fi, elevadors, voltejadors, bàscules, etc.).

3.3.1. Màquines principals del sector dels fruits secs

Les dades obtingudes en aquesta secció s'han extret de diversos catàlegs d'empreses especialitzades en maquinària industrial, pensades i dissenyades per a la transformació de fruits secs. De l'ampli ventall d'oferta existent, s'han escollit aquelles que s'utilitzen en el processat d'ametles descartant les específiques d'altres fruits secs (cacauets, festucs, avellanes, etc.), per tal d'acotar el treball.

S'han classificat per processos, tot i que alguna d'elles serveix per més d'una etapa, o n'integra varies.


MULLAT¹¹: Separadors, raspalls, netejadores, aspiradores, màquines per separar varetes.	
<p>Màquina separadora de varetes.</p> <p>Màquina especialment dissenyada per a eliminar en continu varetes i partícules estranyes de grandària superior al producte. El seu funcionament mitjançant vibració sense salt evita que les impureses es colen pels forats, tenint una eficàcia de neteja superior a altres mètodes.</p> <p>Consta de dues zones de treball: la primera elimina els pals i altres impureses de major grandària i la segona zona elimina les impureses de grandària similar al producte. En aquesta segona fase es pot regular manualment la safata, permetent l'extracció de pals de diferents longituds.</p>	
<p>Bancs de selecció</p> <p>Utilitzats per a seleccionar i classificar manualment tot tipus de producte. Disposa de carrils de selecció en tots dos costats per a l'evacuació del producte rebutjat.</p> <p>Opcionalment equipat amb tremuja i dosificador electromagnètic i motor reductor-variador o variador electrònic per a l'avanç del producte. Pot construir-se amb un salt intermedi perquè el producte es voltege i pugui veure's per ambdues cares.</p> <p>Variant la longitud del banc s'obtenen diferents capacitats segons les necessitats.</p> <p>Producció de 500 a 1500 kg/h, i Potència de 0,7 CV.</p>	

¹¹ Catàlegs extrets de Maseto: www.maseto.com



EL SECTOR AGROALIMENTARI

<p>Separador safareig</p> <p>Fabricat amb un específic sistema que permet una doble funció: d'una banda rentar el producte, eliminant la brutícia de la superfície i, d'altra banda, separar les impureses pesades, eliminant els cossos estranys (pedres, partícules metàl·liques, vidres, etc.) barrejats amb el producte. Es tracta d'un extractor continu d'impureses amb separació d'aigua a través d'un cilindre escorredor.</p> <p>Aquesta màquina està especialment indicada per al tractament de l'ametlla i os d'albercoc abans del procés d'escaldat/repelat. També indicada per al rentat d'altres grans com a pinyons, etc.</p> <p>Producció de 600 a 200 kg/h i potència de 4 CV.</p>	
<p>Raspallador-netejador</p> <p>Màquina dissenyada per a eliminar la pols i les impureses per un sistema de freg entre els propis productes. Les impureses se separen per gravetat a través d'una xapa perforada i una infinitat transporta aquestes impureses cap a l'exterior.</p> <p>Equipada amb motor reductor-variador per al control de permanència en el seu interior i sistema dosificador d'alimentació.</p> <p>Producció de 600 a 200 kg/h i potència de 2,8 CV.</p>	
<p>Separador pneumàtic</p> <p>Màquina dissenyada per a la separació, neteja i selecció dels productes. El sistema està basat en un cabal d'aire regulable que separa el producte per la seua diferència de pes. Aquesta màquina es fabrica opcionalment amb dosificador electromagnètic, tremuja o depressor per a eliminar pols en l'ambient. Potència de 2,3 CV.</p>	
<p>Destxinadores (separador sense aigua)</p> <p>Dissenyada per a actuar com un separador densimètric del producte, classificant les partícules de major pes d'aquelles de menor pes. Aquest sistema remou les pedres aconseguint separar-les del producte.</p> <p>Està equipada amb diversos reguladors, la qual cosa permet l'adaptació del seu funcionament a una àmplia gamma de productes com a fruita seca, llavors, llegums i arròs. Entre els ajustos incorporats en la màquina cal destacar: regulació del flux del producte, regulació de velocitat de l'aire sobre la base de la densitat del producte a tractar, ajustos de l'angle d'inclinació de manera que facilita la separació per gravetat, control d'eixides de les pedres rebutjades per a evitar l'obstrucció, i ajust del moviment del sedàs. Gràcies a l'acceleració del seu moviment s'aconsegueix incrementar la producció.</p> <p>Producció per a uns 1000 kg/h i potència de 13 CV.</p>	

EL SECTOR AGROALIMENTARI

<p>Sistema d'aspiració (separador sense aigua)</p> <p>Dissenyat per a l'extracció de pells, pols i partícules que pesen menys que el producte. Una vegada les impureses estan separades, les transporta a un cicló depressor, el qual, opcionalment, pot incorporar una cel·la rotativa per al seu buidatge automàtic</p> <p>Característiques i produccions segons necessitats.</p>	
---	---

Taula 3.1: Màquines utilitzades en el procés de mullat. **FONT:** elaboració pròpia a partir de catàlegs.

PELAT DEL FRUIT: Màquines peladores específiques per a cada tipus de fruit.	
<p>Partidores/trencadores d'ametla¹²</p> <p>Es caracteritza per calibrar dues vegades el producte abans de traure la pela. L'ametla es parteix a través d'un sistema de martells destrossadors que es mouen entre si, separant així el gra de la pela.</p> <p>Capacitat per a 1000 kg/h i consum d'energia de 380v 6.75kw.</p>	
<p>Peladora d'Ametles¹³</p> <p>Màquina peladora amb corrans ajustables, adequada per a qualsevol varietat d'ametla.</p> <p>Necessita molt poc manteniment, no desprèn encenalls de goma. Alta eficiència i baix consum.</p> <p>Models per a diferents produccions: 1000 kg/h, 2000 kg/h i 4000 kg/h.</p>	

Taula 3.2: Màquines utilitzades en el procés del pelat. **FONT:** elaboració pròpia a partir de catàlegs.

¹² Catàleg Zhengzhou Thoyu Import & Export Trading CO. LTD

¹³ Catàleg extret de indústries jborrell: www.jborrell.es

ASSECAT¹⁴: Assecadors d'aire calent. El gra sec es pesa abans del començament de la següent etapa amb bàscules.	
<p>Assecador vertical</p> <p>Dissenyada per a reduir l'excés d'humitat de la fruita seca (ametla, avellana, cacauet i similars). Pel seu disseny, aquesta màquina redueix l'espai comparat amb altres assecador i, depenent del percentatge d'humitat a eliminar, realitzaria un assecat en continu o discontinu.</p> <p>El producte passa al cos superior per una petita tremuja, distribuint-se de llarg a llarg del assecador per mitjà d'una infinitat accionada intermitentment per un reductor de velocitat. D'aquesta manera s'aconsegueix l'homogeneïtat en el procés d'assecat.</p> <p>L'aire es calfa per aportació de calor d'un bescanviador, i la seua distribució es realitza a través de comandaments mecànics. Es poden adaptar diversos tipus de fonts calòriques. L'extractor d'eixida de gra és de cabal regulable.</p> <p>Produccions d'entre 400 i 600 kg/h i potències de 8 CV.</p>	
<p>Escalfador o assecador de fruita seca (modular i horitzontal)</p> <p>Sistema dissenyat per eliminar la humitat del producte.</p> <p>Un sistema de safates abatibles de disseny exclusiu i fàcilment desmuntables, s'encarreguen de transportar el producte al seu interior. El moviment de les safates es regula segons necessitats del producte. Les portes situades en tot el seu perímetre ofereixen la possibilitat d'accedir al seu interior per a la correcta neteja.</p> <p>Equipada amb un control automàtic de permanència de producte en el seu interior i de regulació de temperatura, amb l'objectiu d'adequar aquests paràmetres als diferents tipus de producte i necessitats. Aquesta màquina, en ser modular, inclou la possibilitat d'ampliar la seva producció.</p> <p>Produccions de 400 a 1800 kg/h i potències de 6,5 a 11 CV.</p>	
<p>"Calorífer"</p> <p>Dissenyat per a ser instal·lat en assecadors i torradores. La seua funció és la de calfar l'aire. Està totalment independitzat de la cambra de combustió. Pot treballar amb diferents fonts de combustió: amb productes sòlids, com la pela i amb productes líquids, com el gasoil. Usant gas, la combustió és directa i aprofita al màxim les calories.</p>	





Taula 3.3: Màquines utilitzades en el procés d'assecat. **FONT:** elaboració pròpia a partir de catàlegs.

¹⁴ Catàlegs extrets de Maseto: www.maseto.com

CALIBRAT¹⁵	
<p>Màquina garbelladora orbital</p> <p>Sistema de classificació d'alt rendiment per a tot tipus de producte amb una capacitat de producció i selecció per grandàries adaptada a les necessitats de cada client. Aquest silenciós sistema de garbellat incorpora, opcionalment, un dosificador i un vibrador electromagnètic que regulen l'entrada de producte a la màquina. A més està equipada amb tantes eixides de producte com siguen requerides per a la seua classificació en diferents grandàries. Potències de 2,9 i 3,4 CV.</p>	
<p>Garbelladora circular</p> <p>Sistema de garbellat d'alt rendiment per a separar els productes per diferència de grandària. Especialment dissenyada amb l'objectiu d'optimitzar el tractament de productes amb un alt grau d'humitat i grassa, tals com a glaçons d'ametla repelada, torrada o ensucrada per a gelats, i per a altres fruits secs com sèsam o llavors i altres grans similars. Existeixen diferents models adaptats als requisits del client, al voltant de 2 CV. Sistema d'auto neteja incorporat en els sedassos de menor grandària, amb la finalitat d'evitar l'obstrucció continua de la tela metàl·lica.</p>	
<p>Màquina calibradora per gruix (de corrons)</p> <p>El producte és alimentat mitjançant uns dosificadors electromagnètics que regulen la producció. La selecció es realitza mitjançant jocs de dos corrons espaiats per la distància corresponent al grossor definit. Aquest espai es pot graduar amb una excel·lent precisió de selecció de 0.1 mm, controlada per un micròmetre que incorpora la màquina. La màquina està estudiada per a funcionar amb un o amb fins a sis jocs de corrons, cadascun permetent una producció diferent. Produccions de 750 a 1200 kg/h i potències de 3,6 a 5,6 CV.</p>	
<p>Calibradora curt per llarg</p> <p>Màquina de classificació per longitud per a determinat tipus de productes com la mongeta i algunes varietats d'ametla. Es fabriquen diferents models en funció del nombre de seleccions requerides per cada client. Incorpora tremuja d'entrada amb dosificador de producte i un sistema de regulació dels canals que permet la selecció de diferents longituds del producte.</p>	

Taula 3.4: Màquines utilitzades en el procés de calibrat. **FONT:** elaboració pròpia a partir de catàlegs.

¹⁵ Catàlegs extrets de Maseto: www.maseto.com

REPELAT¹⁶	
<p>Escaldador continu</p> <p>La funció principal d'aquesta màquina és escaldar ametles, llavors d'albercoc i tot tipus de fruita seca similar en continu. Està dotat de sistemes electrònics d'ajust i control de temperatura i cabal d'aigua. Permet ajustar el temps d'escaldat en funció del producte.</p> <p>És l'equip indispensable per a incorporar abans del repelat. D'acer inoxidable, produccions de 400 a 1500 kg/h, i potències d'1,1 a 1,5 CV.</p>	
<p>Refredador vertical</p> <p>Dissenyada per al refredat de producte tractat prèviament a altes temperatures. Aquest procés aconseguix que el producte mantinga les seues condicions, evitant l'estovament per l'efecte de la calor. El sistema refreda a temperatura ambient a través d'un corrent d'aire. El producte s'emmagatzema en el seu interior mentre el flux d'aire va disminuint progressivament la temperatura adquirida. Ideal per a espais reduïts.</p>	
<p>Refredador de fruita seca (modular)</p> <p>Màquina dissenyada per al refredat de producte tractat prèviament amb altes temperatures. Aquest procés aconseguix que el producte mantinga les seues condicions, evitant l'estovament per l'efecte de la calor. El sistema convencional refreda a temperatura ambient a través d'un corrent d'aire. Una sèrie de safates inoxidable s'encarreguen de transportar el producte mentre el flux d'aire va disminuint progressivament la temperatura adquirida pel mateix en el seu procés d'assecat o torrat previ.</p>	
<p>Repeladora d'ametla, festuc i albercoc per fricció mecànica</p> <p>El producte, prèviament escaldat, és alimentat mitjançant un dosificador electromagnètic de vibració regulable. Seguidament, el producte passa per tres fases en les quals la finalitat és desprendre la pell al contacte amb un joc de corròns i evacuar-la per un sistema d'aire forçat.</p> <p>Opcionalment es pot incorporar a la màquina un quart tractament que consisteix en unes dutxes per blanquejar el fruit pelat i, així, aconseguir un millor aspecte.</p> <p>Les màquines són d'acer inoxidable i alumini i estan dotades d'un sistema de greixatge centralitzat. Opcionalment es poden subministrar amb sistema de rentat interior per evitar les parades de neteja.</p> <p>Producció de 600 a 1500 kg/h i potències de 8,7 a 16 CV.</p>	

Taula 3.5: Màquines utilitzades en el procés de repelat. **FONT:** elaboració pròpia a partir de catàlegs.

¹⁶ Catàlegs extrets de Maseto: www.maseto.com

ELABORACIÓ D'INDUSTRIALITZATS¹⁷: tallat, triturat (glaçons o cubs i farines), torrat i fregit	
<p>Elastificador tèrmic (tallat)</p> <p>Aquesta màquina, a través de l'aportació de calor en un temps reduït, és capaç de condicionar les ametles i altres fruits secs, donant-los la flexibilitat necessària, sense pèrdues d'humitat, per a evitar el trencament en tractaments posteriors.</p> <p>Dissenyat per a la seua instal·lació en continu en processos de tallat (làmines, meitats, palets, etc.), per a produccions de 500 a 2000 kg/h. El producte és dosat i transportat a una velocitat regulada per motor reductor buidador, mitjançant safates abatibles d'acer inoxidable. Durant el procés no es consumeix aigua, eliminant així, qualsevol risc de contaminació.</p>	
<p>Màquina de làmines (tallat)</p> <p>Dissenyada per a fabricar làmines de fruita seca (ametles, avellanes, cacauets, festucs i similars) a partir de grans, amb o sense pell, prèviament condicionats.</p> <p>L'espessor de tall està comprès entre 0.3 i 1.2 mm. Equipada amb un sistema de seguretat compost per uns imants que retenen les partícules ferroses, evitant danyar les fulles.</p> <p>Desmuntable, produccions de 400 a 600 kg/h i potència de 2,3 CV.</p>	
<p>Combinada de meitats i bastonets (tallat)</p> <p>Màquina de tall de fruits secs en forma de meitats i bastonets, tant amb pell com prèviament pelats.</p> <p>Formada per dos capçals talladors, un de bastonets i un altre de meitats, oferint l'avantatge d'una producció combinada de meitats o bastonets amb la incorporació de dos capçals diferents, segons necessitats de la demanda.</p> <p>Els capçals són abatibles per a facilitar la seua neteja i el seu manteniment. Capçals extra per a la fabricació de diferents gruixos de bastonets o meitats.</p> <p>Potències aproximades de 2,5 CV.</p>	
<p>Màquina de farina (tritadora refinadora de farina)</p> <p>Dosificador electromagnètic regulable. Opcionalment porta un capçal trossejador quan s'alimenta de productes sencers, aquest és totalment desmuntable per a facilitar la seua neteja i manteniment.</p> <p>A continuació passa pels corròns de refinat, fabricats en granit per la seua eficàcia i rendiment en el procés de transformació del producte. La separació entre aquests corròns és ajustable, amb produccions de 400 a 700 kg/h i potències de 5,75 CV.</p>	

¹⁷ Catàlegs extrets de Maseto: www.maseto.com

EL SECTOR AGROALIMENTARI

<p>Màquina de glaçons o cubs</p> <p>Elaborat per a l'ametla, l'avellana, el cacauet i tots els tipus de fruita seca. L'alimentació es realitza mitjançant un dosificador electromagnètic regulable. Els corrons, de fabricació específica, són intercanviables permetent la producció d'una infinitat de grandàries i mesures de glaçons.</p> <p>Incorpora, opcionalment, una garbelladora en la seua eixida que separa la farina adherida als glaçons i els trossos de major grandària, per una selecció uniforme.</p> <p>Producció de 600 a 800 kg/h i potències de 3 CV.</p>	
<p>Torradors de fruita seca (torradors modulars)</p> <p>El producte és introduït en la màquina i transportat mitjançant paletes, mentre que un corrent d'aire calent es mou a través de la massa del producte. La instal·lació del bescanviador de calor té com a funció principal l'escalfament del corrent d'aire que flueix a l'interior de la màquina, amb la finalitat d'eliminar fàcilment la humitat, aconseguint així el nivell de torrat desitjat.</p> <p>El torrador incorpora un control automàtic de temps i regulació de temperatura, amb l'objectiu d'adequar tots dos factors a les necessitats de producció de cada moment.</p> <p>Al ser modular, aquesta màquina pot augmentar la seua producció amb molt pocs canvis. Produccions de 400 a 1200 kg/h i potències de 9,5 a 10,3 CV.</p>	
<p>Fregidora de fruits secs¹⁸</p> <p>Màquina automàtica dissenyada per a ametlles, "panchitos", pipes i diferents fruits secs.</p> <p>Construïda en xapa d'Acer Inoxidable, de fàcil neteja i consums mínims. Capacitat aproximada entre 250-300 litres i una producció de fregit entre 600 Kg/h. Equip basculant i automàtic per a la sortida de producte fregit i escorregut, amb infinitat de pòsits.</p> <p>Incorpora un sistema automàtic de neteja d'oli, pòsits i impureses, i un quadre de comandaments centralitzat regulador de temps de fregit i temperatura que permet a l'usuari triar el grau d'automatització de la màquina.</p>	

Taula 3.6: Màquines utilitzades per al procés d'elaboració d'industrialitzats. **FONT:** elaboració pròpia a partir de catàlegs especialitzats.

3.3.2. Cas particular. Maquinaria, requeriments energètics i càlculs

A partir dels catàlegs consultats i de les condicions de partida, s'han seleccionat les màquines més adients per realitzar tot el procés productiu de l'elaboració de l'ametla, i s'han dut a terme les aproximacions adients per adequar la producció.

¹⁸ Catàleg extret de www.mafrigarlo.com

EL SECTOR AGROALIMENTARI

No s'han tingut en compte els consums de les refredadores per a la conservació del producte.

Les condicions inicials a partir de les quals s'han realitzat els càlculs de producció i consum energètic provenen d'un cas real¹⁹, i corresponen al procés de fregit i torrat de l'ametla abans d'envasar-se. Correspon, doncs, al procés d'elaboració d'industrialitzats. La producció i consum energètic del procés d'envasat també s'ha extret de dades reals.

Els horaris de referència a partir dels quals s'han obtingut les hores de funcionament anuals corresponen, de la mateixa manera, a aquest cas real, i són:

Horari productiu: de dilluns a divendres, de 6 a 22h. Això equival a 16 hores al dia, o bé a 4160 hores a l'any.

Horari no productiu: de dilluns a divendres, de 22 a 6h (8 hores al dia). Dissabtes i diumenges, de 00 a 24h, és a dir, 24 hores al dia.

a) Elaboració d'industrialitzats (dades inicials o reals)

FREGIDORA: AMETLA FREGIDA

Consums elèctrics: elements mecànics línia de fregits (50% d'us de la capacitat de producció).

Procés	Producte	Kg/hora	Wh
FREGIDORA	Ametla fregida	955	19.630,81

S'ha de tenir en compte que el temps de funcionament de la fregidora és un 50% respecte la capacitat de producció. D'aquesta manera, la producció anual serà:

$$\text{Producció de la fregidora} = \frac{955}{2} = 477,5 \text{ kg/h}$$

$$\text{Producció anual de la fregidora} = 477,5 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times 4160 \frac{\text{h}}{\text{any}} = 1.986.400 \text{ kg/any}$$

De la mateixa manera, el consum elèctric de la fregidora serà:

$$\text{Consum anual de la fregidora} = \frac{19630,81}{2 \times 1000} \times 4160 = 40.832,08 \text{ kWh/any}$$

Consum de gas natural: estimació anual per a la mateixa fregidora.

Procés	Consum anual gas natural (kWh)
FREGIDORA	450.000

Consum total fregidora (elèctrica + gas natural) = 40.832,08 + 450.000 = 490.832,08 kWh/a

¹⁹ Dades reals procedents de l'Institut Tecnològic de l'Energia, 2014.

EL SECTOR AGROALIMENTARI

FORN: AMETLA TORRADA

Consums elèctrics: elements mecànics de la línia de fornejat + refredadora.

Producte	Kg/hora	Consum	Wh
AMETLA TORRADA	1.315,33	Consum elèctric forn	19.377,79
		Consum elèctric refredadora forn	63.209,86

$$\text{Producció anual del forn} = 1.315,33 \times 4160 \frac{\text{h}}{\text{any}} = 5.471.772,80 \text{ kg/any}$$

De la mateixa manera, el consum elèctric del forn serà:

$$\text{Consum anual del forn} = \frac{19630,81}{1000} \times 4160 = 80.611,61 \text{ kWh/any}$$

$$\text{Consum anual de la refredadora forn} = \frac{63.209,86}{1000} \times 4160 = 262.953,02 \text{ kWh/any}$$

Consum de gas natural: estimació anual per al mateix forn.

Procés	Consum anual gas natural (kWh)
FORN	1.800.000

$$\begin{aligned} \text{Consum total anual forn (elèctrica + gas natural)} &= 80.611,61 + 262.953,02 + 1.800.000 \\ &= 2.143.564,62 \text{ kWh/any} \end{aligned}$$

La producció d'ametles que entren i ixen d'aquest procés (fregidora i forn) és de 1.792,83 Kg/h. No es consideren les alteracions de pes produïdes pel fregit o torrat de l'ametla.

$$\text{Producció d'entrada i ixida del procés d'industrialitzats} = 477,5 + 1.315,33 = 1.792,83 \text{ kg/h}$$

b) Repelat

Aquest és el procés immediatament anterior al fregit o torrat, i consisteix en pelar l'ametla de la seua pell o tegument per deixar-la nua i blanca. Consta de dues parts: un escaldat previ per tal d'inflar el tegument, i el repelat en si mateix, on s'extreu la part desitjada.

El percentatge de tegument en el gra d'ametlla equival a un 3,7% en pes²⁰. Per tant el percentatge de gra és d'un 96,3% en pes. D'aquesta manera, i a sabent la quantitat d'ametles que ixen del procés:

$$\text{Quantitat d'ametles a l'entrada del procés de repelat} = \frac{1.792,83}{0,963} = 1.861,71 \text{ kg/h}$$

²⁰ Dada estreta a partir d'experiment propi. ANNEX 1

EL SECTOR AGROALIMENTARI

Quantitat de tegument extret en el procés de repelat = $1.861,71 - 1.792,83 = 68,88$ kg/h

Per a la primera part del procés (escaldat) s'ha adaptat un model d'escaldador continu estàndard del mercat per al cas concret. Les seues característiques de producció i consum són:

Consums elèctrics: elements mecànics de transport de l'escaldador.

Procés	Producte	Producció (kg/h)	Potència (kW)	Consum elèctric anual (kWh)
ESCALDADOR	Ametla escaldada	1.861,71	0,4	1.744,01

Consum de gas natural: consum anual de gas natural per tal d'escalfar l'aigua del procés.

Procés	Consum anual gas natural (kWh)
ESCALDADOR	4.589,51

Consum anual total escaldat (elèctrica + GN) = $1.744,01 + 4.589,51 = 6.333,53$ kWh/any

L'ametla una vegada escaldada entra en la repeladora per tal d'extreure-li la pell que l'envolta. Aquesta ametla no ha de superar mai un contingut d'humitat del 6%²¹. Així doncs, s'ha considerat un contingut en humitat del 4%.

Quantitat d'ametles escaldades (en pes) = $1861,71 + (1861,71 \times 0,04) = 1.936,18$ kg/h

L'últim pas es realitza mitjançant una màquina de repelat dissenyada per desprendre la pell del fruit mitjançant una fricció mecànica. Les seues característiques, extretes i adaptades a partir d'una repeladora estàndard del mercat són:

Procés	Producció (kg/h)	Potència (kW)	Consum elèctric anual (kWh)
REPELADORA	1.936,18	11,8	48.954,80

A l'eixida de la màquina escaldadora l'ametlla sense pell es deixa assecar i refredar fins que perd la humitat guanyada en l'escaldat. Una vegada seca passarà al procés d'industrialitzats (Fregida o fornejada).

²¹ Associació de fabricants de Torró, Derivats y Xocolata de la Comunitat Valenciana. Pàgina web: www.tdc.es

EL SECTOR AGROALIMENTARI

c) Assecat

L'assecat és l'etapa compresa entre el pelat del fruit i el repelat, i és el procés pel qual l'ametla sense pela o corfa perd gran part de la seua humitat per poder conservar-se i transportar-se millor, mitjançant aire calent.

Les ametles després del pelat de la corfa presenten una humitat aproximada d'entre el 15 i el 25%, i convé assecar-les fins una humitat inferior al 7%²². S'ha suposat una humitat d'entrada del 20% i una humitat del 5% una vegada assecades (diferència d'humitat entre entrada i eixida de 15%). Així, les condicions per a aquest procés són (a partir de la quantitat d'ametles d'eixida procedent del repelat):

$$\text{Quantitat d'ametles a l'entrada de l'assecat} = 1.861,71 + (1.861,71 \times 0,15) = 2.140,97 \text{ kg/h}$$

Per a portar a terme aquesta acció, s'ha escollit un assecador horitzontal tipus i s'ha adaptat per al cas concret, les característiques del qual són:

Consum elèctric: elements mecànics de la línia de l'assecat i procés de calfar l'aire.

Procés	Producció (kg/h)	Potència (kW)	Consum elèctric anual (kWh)
ASSECAT	2.140,97	8,1	33.656,42

d) Pelat del fruit

Aquest procés consisteix en extreure el gra d'ametla de la corfa exterior que el protegeix. L'ametla amb pela entra al procés mullada per tal d'evitar trencaments excessius del gra, i és en l'etapa posterior (assecat) on se li extraurà l'excés d'humitat.

L'ametla té un rendiment mig del gra del 27%²³ (mitjana realitzada a partir de les varietats de Marcona, Llangueta i Comuna). D'aquesta manera, les dades d'entrada per a aquest procés són (a partir de les dades d'eixida procedent de l'assecat):

$$\text{Quantitat d'ametles a l'entrada del pelat del fruit} = \frac{2.140,97}{0,27} = 7.929,52 \text{ kg/h}$$

$$\begin{aligned} \text{Quantitat de closca extreta en el procés de pelat del fruit} &= 7.929,52 - 2.140,97 \\ &= 5.788,55 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

Per a l'execució d'aquest procés s'ha utilitzat una màquina de trencat que separa el gra de la pela a través d'un sistema de martells destrossadors que es mouen entre si. Les seues característiques són:

²² Castro, J; Castro T; Sotomayor C. Situación Actual y Perspectivas Tecnológicas del Almendro, 1998. Colección de extensión, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Universidad de Chile.

²³ Vargas García, Francisco J.; Romero Romero, Miguel A. Varietats d'ametller IRTA: "Masbovera", "Glorieta" i "Francolí". Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA). 1998.

EL SECTOR AGROALIMENTARI

Consum elèctric: elements mecànics de la línia de pelat del fruit. S'instal·len 6 aparells per fer front a la producció (cada un dels aparells utilitzats pot processar una producció d'entre 1000 i 1400 Kg/hora).

Per a cada aparell:

Procés	Producció (kg/h)	Potència (kW)	Consum elèctric per aparell (kWh)
PELAT FRUIT	1.321,59	6,75	28.080

Per al total del procés:

Procés	Producció (kg/h)	Consum elèctric total anual (kWh)
PELAT FRUIT	7.929,52	168.480

e) Mullat

Aquest és el primer procés pel qual passa l'ametla bruta mesclada amb terra, pedres, branques o similars. El producte passa per una cadena de llavat, on es renta el producte, eliminant la brutícia de la superfície i se separa les impureses pesades, eliminant els cossos estranys barrejats amb el producte. Després d'aquesta etapa, l'ametla llavada i mullada passarà al procés de pelat o trencat del fruit.

Per al cas concret, suposem una entrada d'impureses d'un 15% en pes. Així, les condicions d'entrada al mullat, a partir de la dada d'eixida coneguda procedent del pelat del fruit, són:

$$\text{Quantitat d'ametles a l'entrada del mullat} = \frac{7.929,52}{1 - 0,15} = 9.328,85 \text{ kg/h}$$

S'ha escollit un separador industrial de safareig per tal de realitzar aquest procés de mullat i rentat del fruit amb una producció de 600-2000 Kg/h, de manera que s'han instal·lat 5 aparells per poder fer front a la producció. Es tracta d'un extractor continu d'impureses amb separació d'aigua a través d'un cilindre escorredor.

Consum elèctric: elements mecànics de la línia de mullat.

Per a cada aparell:

Procés	Producció (kg/h)	Potència (kW)	Consum elèctric per aparell (kWh)
MULLAT	1.865,77	2,9	12.238,70

Per al total del procés:

Procés	Producció (kg/h)	Consum elèctric total anual (kWh)
SEPARADOR	9.328,85	61.193,50

f) Envasat i Conservació

Aquesta és l'última etapa del procés de producció, on entren les ametlles procedents del procés d'industrialitzats (fregidora i forn) i s'envasen per tal de poder-se comercialitzar.

EL SECTOR AGROALIMENTARI

Els valors de producció i consum corresponen, com ja s'ha especificat anteriorment, a dades reals. Així, els consums elèctrics de la línia d'envasat són:

Procés	Producte	Producció (kg/h)	Envasos/hora	Consum Wh
ENVASADORA	Ametla	755,4	3793,50	19630,81

La quantitat d'ametles que entren al procés corresponen a les de l'eixida de l'etapa d'industrialitzats, calculat anteriorment. Així mateix, l'eixida del procés té la mateixa quantitat d'ametles, ja que no es té en compte el pes dels envasos.

Quantitat d'ametles que entren a l'envasat = Quantitat d'eixida = 1.792,83 kg/h

Com que la producció entrant és molt més elevada que l'assumible per la màquina envasadora, es col·loquen 3 aparells per fer front a la demanda, però aquestes no treballaran al seu màxim rendiment, produint cada una 597,61 kg/h.

$$\text{Producció de cada màquina} = \frac{1.792,83}{3} = 597,61 \text{ kg/h}$$

$$\text{Rendiment de cada una de les 3 màquines} = \frac{597,61}{755,4} \times 100 = 79,11\%$$

Per a cada aparell:

Procés	Producció (kg/h)	Envasos/hora	Consum elèctric per aparell (Wh)
ENVASAT	597,61	3.001,10	15.530,27

Per al total del procés d'envasat:

Procés	Producció (kg/h)	Envasos/hora	Wh	Consum elèctric total anual (kWh)
ENVASAT	1792,83	9.003,31	46.590,82	193.817,81

La taula 3.7 mostra el resum dels valors calculats de consums energètics i de producció, ordenats per processos.

Amb totes aquestes dades, s'ha completat el diagrama de flux del procés industrial amb els valors de les entrades i eixides d'energia i producció (matèries primeres i residus). En aquest balanç, però, no s'han considerat els consums per a la conservació, consum d'aigua i l'oli necessari per al procés de fregit, cenyint-se només als valors objecte d'estudi. Aquest diagrama de flux es representa en la figura 3.6.

EL SECTOR AGROALIMENTARI

		PRODUCCIÓ:		CONSUM:		
				ELÈCTRIC	GAS NATURAL	TOTAL
MULLAT	MULLAT en total 5 màquines					
	Per hora:	9328,85 Kg/h	Consum anual	61.193,50 kWh	61.193,50 kWh	
	Per any:	38808003,86 Kg/any				
	dels quals	1399,33 Kg impureses/h				
PELAT DEL FRUIT	PELAT DEL FRUIT en total 6 màquines					
	Per hora:	7929,52 Kg/h	Consum anual	168.480,00 kWh	168.480,00 kWh	
	dels quals	5788,55 Kg closca/h				
ASSECAT	ASSECAT					
	Per hora:	2140,97 Kg/h	Consum anual	33.656,42 kWh	33.656,42 kWh	
REPELAT	ESCALDAT					
	Per hora:	1861,71 Kg/h	Consum anual	1.744,01 kWh	4.589,51 kWh	
	dels quals	68,88 Kg tegument/h				
	REPELAT 4% H					
	Per hora:	1936,18 Kg/h	Consum anual	48.954,80 kWh	48.954,80 kWh	
INDUSTRIALITZATS: CONDICIONS INICIALS	FREGIDORA: AMETLA FREGIDA					
	Per hora:	477,50 Kg/h	Consum anual	40.832,08 kWh	450.000 kWh	
	Per any:	1986400,00 Kg/any			490.832,08 kWh	
	FORN: AMETLA TORRADA					
	Per hora:	1315,33 Kg/h	Consum anual	80.611,61 kWh	1.800.000 kWh	
	Per any:	5471772,80 Kg/any	refredadora:	262.953,02 kWh	2.143.564,62 kWh	
ENVASAT I CONSERVACIÓ	ENVASAT en total 3 màquines					
	Per hora:	1792,83 Kg/h	Consum anual	193.817,81 kWh	193.817,81 kWh	
	Envas/h:	9.003,31				

Taula 3.7: Resum dels consums energètics i de producció per al cas estudiat. FONT: pròpia.

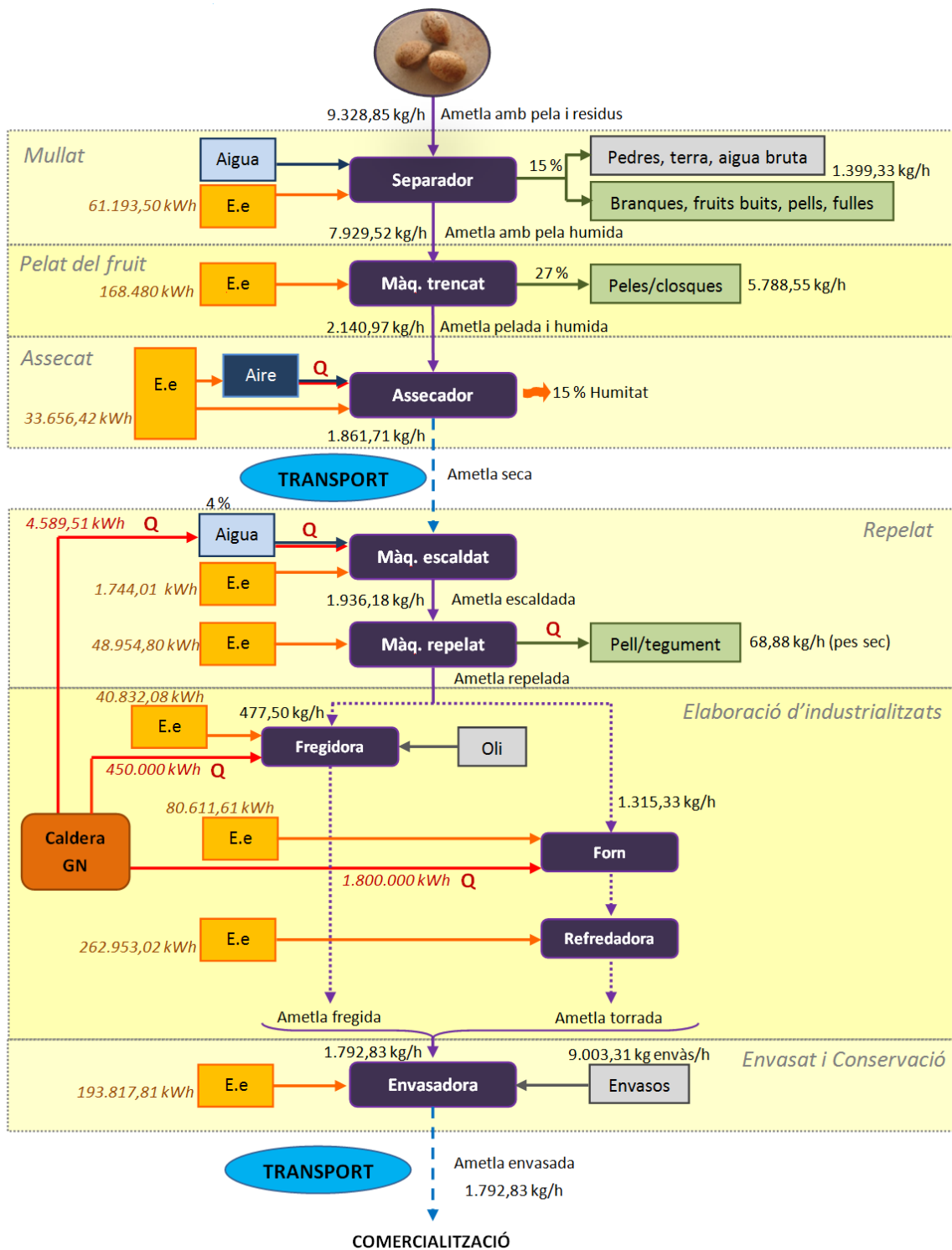


Figura 3.6: Diagrama de flux amb dades per al cas estudiat de l'elaborat d'ametla fregida i torrada.

FONT: pròpia.

4. MILLORA ENERGÈTICA I AMBIENTAL

Aquest apartat de l'estudi pretén definir aquells aspectes ambientals significatius als quals és susceptible el procés industrial seleccionat i, una vegada fet, definir totes aquelles mesures que es poden dur a terme per disminuir, pal·liar o evitar-los.

L'aprofitament de la biomassa generada en la mateixa cadena de valor, part fonamental del present treball, es tractarà en el següent punt del treball i de manera específica.

4.1. Aspectes ambientals

Per tal de poder localitzar i definir aquells punts de millora ambiental en l'empresa, cal definir prèviament quins seran els aspectes ambientals susceptibles de produir impacte associats amb el sector²⁴:

- *Consum d'aigua.* En la indústria agroalimentària l'aigua és una matèria primera imprescindible per al desenvolupament de la seva activitat. Són nombroses les fases de producció i les operacions que utilitzen aigua: mullat o rentat de matèries primeres, escaldat, equips auxiliars (producció de vapor, generació de fred, etc.), neteja, etc. A més, l'aigua també es consumeix en les operacions horitzontals com el servei sanitari.
- *Consum d'energia.* Cal destacar que el sector de transformats vegetals no es troba entre els sectors més consumidors d'energia. La calor es produeix a partir de combustibles sòlids (com per exemple llenya), combustibles líquids (com el gasoil), combustibles gasosos (com el gas natural) i energia elèctrica (generada a partir de fonts renovables i no renovables). La selecció de la font de calor depèn no només de consideracions econòmiques sinó també dels efectes del combustible i els seus subproductes sobre els aliments o el medi ambient.
El vapor d'aigua necessari per a moltes de les operacions de transformació dels vegetals es genera mitjançant calderes de vapor. El combustible consumit en la caldera suposa la major part de la despesa energètica total de l'empresa arribant, en el cas que ens ocupa, a més d'un 70 % del consum energètic.
- *Aigües residuals.* La generació d'aigües residuals en el aquest tipus d'indústria és important com a conseqüència de l'elevat consum d'aigua, sobretot pel seu volum o cabal.
La càrrega contaminant d'aquests abocaments es deu principalment al contingut de matèria orgànica i sòlids en suspensió, que es tradueixen analíticament en paràmetres com la DBO (Demanda Bioquímica d'Oxigen), DQO (Demanda Química d'Oxigen) i sòlids en suspensió (SST), i en ocasions en abocaments amb alta conductivitat i pHs variables en funció del procés.
El punt d'abocament de les aigües residuals són els col·lectors municipal o a llera pública, generalment amb algun tipus de pretractament previ.

²⁴ Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España del sector de los transformados vegetales. Ministerio de Medi Ambient. 2006.

MILLORA ENERGÈTICA I AMBIENTAL

- *Emissions atmosfèriques.* Es generen principalment per efecte del funcionament de les calderes de producció de vapor (el combustible cremat per escalfar l'aigua genera fums).

El combustible per tal de fer funcionar la caldera és el gas natural, el qual presenta els següents contaminants²⁵:

- Òxids de nitrogen (NOx): mitjana d'anàlisi de 60 ppm. Rang [50-98] ppm.
 - Òxids de carboni (CO₂ i CO): mitjana de 14,7 ppm de CO. Rang [4-65] ppm.
 - Hidrocarburs no cremats.
 - Partícules.
- Restes sòlides. Tenen importància pel que fa al seu volum o quantitat, i es diferencien segons siguin residus orgànics, inerts i perillosos. De les dades obtingudes del sector es pot concloure que la gran majoria dels residus generats (un 83 %) són orgànics, el 16 % està format per residus inerts (com cartró, plàstic, ferralla, vidre, etc.) i un 1 % restant que pertany a residus perillosos (procedents d'envasos de productes químics, olis de maquinària usats o fluorescents, etc.) i altres residus com llots de depuradora. Les restes orgàniques, com a contrapartida a la seva elevada quantitat, presenten la característica de ser valoritzables com a subproducte i a més, són reciclables.
 - *Altres: soroll i vibracions.* Des del punt de vista mediambiental, el soroll que cal considerar és el que es genera en les instal·lacions industrials i arriba a receptors externs (habitatges, comerços, altres empreses...). Aquest impacte depèn de molts factors molt particulars tals com la ubicació de l'empresa, horari de treball, tipus de construccions que hi hagi als voltants i distància de les mateixes, etc. Altres aspectes ambientals com les olors no són rellevants en el sector que ens ocupa, tot i que sempre han de complir la normativa vigent referent a qualitat de l'aire.

Degut a la falta de dades concretes, l'estudi dels aspectes ambientals significatius s'ha basat en l'estudi fet pel Ministeri de Medi Ambient (actual Ministeri d'Agricultura, Alimentació i Medi Ambient) i que s'han plasmat en la Guia de Millors Tècniques Disponibles a Espanya del sector dels transformats vegetals publicada per aquest organisme. Per a l'elaboració del mateix, s'han tingut en compte diverses fonts d'informació, entre les quals destaquen:

- Les pròpies indústries que formen part del sector a través d'una enquesta elaborada pels Centres Tècnics, enviada a un número determinat d'empreses del sector (mitjanes i grans).
- Informació dels Centres Tècnics extreta de diferents estudis i projectes realitzats en els últims 5 anys en empreses del sector.
- El Document BREF de referència Europeu sobre Millors Tècniques Disponibles²⁶.
- Bibliografia específica.

²⁵ CNTA. Centro Nacional de Tecnología y Seguridad Alimentaria

²⁶ Integrated Pollution Prevention and Control. Draft Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk Industry. May, 2003

MILLORA ENERGÈTICA I AMBIENTAL

En la taula 4.1 es defineix per a les diferents etapes del procés amb major impacte, l'aspecte ambiental al que afecten. S'ha considerat que el soroll generat en totes les etapes del procés es produeix a l'interior de l'empresa i que ningun d'ells té una valoració significativa pel que fa a impacte ambiental que provoca. No s'ha considerat l'etapa de conservació però sí l'envasat.

Procés	Consum aigua	Consum energia	Aigua residual	Emissió atmosfèrica	Residu sòlid
Mullat	x		x		x
Pelat del fruit		x			x
Assecat				x	
Repelat	x		x	x	x
Elaboració industrialitzats		x		x	
Envasat		x			

Taula 8: Aspecte ambiental significatiu segons procés per l'elaborat d'ametla fregida i torrada.

FONT: Ministeri de Medi Ambient, 2006.

4.2. Mesures per reduir els impactes ambientals: Sistemes de Gestió Ambiental, bones pràctiques i integració de les Millors Tècniques Disponibles (MTD) en els processos productius

Tot i que en aquest treball no s'han valorat ni definit els cabals d'aigua (degut a que s'ha focalitzat des d'un punt de vista purament energètic), en aquest apartat es definiran de manera general aquelles mesures que poden contribuir a disminuir l'impacte provocat per aquest factor.

Una primera mesura per tal de minimitzar i racionalitzar aquests impactes ambientals en el seu conjunt és mitjançant la implantació d'un *Sistema de Gestió Mediambiental (SGM)*. L'adopció d'aquests sistemes (generalment EMAS o ISO 14001) com a instrument de prevenció i reducció de la contaminació, és una tendència cada vegada més acceptada per les empreses del sector.

Els SGM basen la seva efectivitat en la idea que la qualitat ambiental dels productes i dels processos d'elaboració no són només deguts a la implantació de controls eficients i mesures correctores sinó que és molt important l'operativitat adequada de l'organització en el seu conjunt i l'aplicació de mesures preventives; per això s'apliquen a l'empresa en tots els seus nivells (administració, producció, vendes, etc) i no als productes ni als processos d'elaboració únicament.

Un altre instrument a tenir en compte per tal de reduir impacte és mitjançant el Sistema de Gestió Energètica, que és la part del sistema de gestió d'una organització dedicada a desenvolupar i implantar la seua política energètica, així com a gestionar aquells elements de les seues activitats, productes o serveis que interactuen amb l'ús de l'energia (aspectes energètics).

MILLORA ENERGÈTICA I AMBIENTAL

La norma UNE-EN ISO 50001 estableix els requisits que ha de posseir un Sistema de Gestió Energètica, amb la finalitat de realitzar millores contínues i sistemàtiques del rendiment energètic de les organitzacions.

La certificació d'un sistema de gestió energètica assegura el control i seguiment sistemàtic dels aspectes energètics i la millora contínua de l'acompliment energètic. Açò contribueix a un ús de l'energia més eficient i més sostenible, atorgant confiança en el sistema de gestió.

La realització d'*auditories energètiques* també pot contribuir a l'estalvi i eficiència energètica de l'empresa. A més, aquestes auditories analitzen el sistema tarifari i estudien la possibilitat de contractar una tarifa que presente més avantatges, considerant, sempre que siga possible, traslladar aquelles operacions que consumeixen més energia fora de les hores punta. D'aquesta manera s'aconsegueix, a més, un estalvi econòmic.

A més d'aquesta mesura de caràcter voluntari, cal la implantació de *bones pràctiques ambientals* en tot el procés productiu per tal de reduir consums. Les bones pràctiques mediambientals són petites mesures que es poden realitzar gairebé sense esforços i inversions, però que influeixen de manera molt positiva en l'acompliment energètic de l'entorn en el qual s'apliquin, en aquest cas la indústria.

S'ha focalitzat la descripció de les bones pràctiques per al procés industrial, i no s'han descrit aquelles destinades a oficines o processos horitzontals (il·luminació, serveis sanitaris, etc). Així, les bones pràctiques a adoptar de manera genèrica són²⁷:

- Pel que fa a l'aprovisionament de matèries primeres i materials, tenir en compte aquells més respectuosos amb el medi ambient (olis amb contingut mineral, refrigerants, etc.). Pel que fa a l'adquisició de nova maquinària, convé tenir en compte els consums energètics i comparar les diferents opcions del mercat actual.
- Compra de productes o matèries primeres a granel o en envasos de gran tamany. També cal considerar la possibilitat de contactar amb proveïdors que admeten la devolució dels envasos per tal de reutilitzar-los.
- Implantar normes i periodicitat en el manteniment i neteja de la maquinària.
- Utilitzar productes químics per a neteja de màquines el menys agressius possible.
- Adaptar els temps de funcionament a exigències del mercat.
- Apagar aquells aparells que no estiguen en funcionament.
- Realitzar una correcta separació dels residus generats per a facilitar el seu reciclatge o valorització.
- Mantenir una bona gestió d'estocs i de magatzem.
- Formació del personal.

Per últim, l'empresa pot reduir els impactes ambientals que genera mitjançant les *Millors Tècniques Disponibles (MTD)*, que segons la Llei 16/2002 d'1 de juliol sobre prevenció i control integrats de la contaminació (transposició de la Directiva 96/61/CE) són "La fase més eficaç i avançada de desenvolupament de les activitats i de les seues modalitats d'explotació, que

²⁷Buenas prácticas medioambientales en la industria. Conselleria de Medi Ambient. Generalitat Valenciana, 2004

MILLORA ENERGÈTICA I AMBIENTAL

demostren la capacitat pràctica de determinades tècniques per a constituir, en principi, la base dels valors límit d'emissió destinats a evitar o, quan açò no siga possible, reduir en general les emissions i l'impacte en el conjunt del medi ambient i de la salut de les persones”.

A aquests efectes, s'entendrà per:

- *Millors*: les tècniques més eficaces per a aconseguir un alt nivell general de protecció del medi ambient en el seu conjunt i de la salut de les persones.
- *Tècniques*: la tecnologia utilitzada, juntament amb la forma en què la instal·lació està dissenyada, construïda, mantinguda, explotada o paralitzada.
- *Disponibles*: les tècniques desenvolupades a una escala que permeta la seua aplicació en el context del corresponent sector industrial, en condicions econòmiques i tècnicament viables, prenent en consideració els costos i els beneficis, tant si les tècniques s'utilitzen o produeixen a Espanya, com si no, sempre que el titular pugua tenir accés a elles en condicions raonables.

Les MTDs més significatives per al sector agroalimentari dels fruits secs es descriuen a continuació, classificades per processos:

Mullat

Els principals aspectes a tenir en compte en aquest procés és el consum d'aigua, la generació d'aigua residual amb una elevada càrrega orgànica procedent de les impureses que transporta (terra, pols, restes vegetals, etc.) i la generació de residus sòlids (per exemple pedres o residus vegetals).

El rentat de l'ametla que arriba a la indústria es realitza, com ja s'ha comentat, mitjançant aigua amb una combinació de dutxa, immersió i agitació, i té una doble funció: per una banda netejar l'ametlla procedent de l'exterior i separar els residus sòlids i per altra banda mullar l'ametla, ja que és necessari per a la següent etapa.

Les opcions de millora de les Millors Tècniques Disponibles aniran encaminades a:

- Reduir el consum d'aigua mitjançant diverses accions: dutxes, reutilització o rentat en sec.
- Reduir el cabal d'abocament, de manera que el volum d'aigües a tractar sigui menor encara que la càrrega contaminant sigui més elevada (com a conseqüència de la reducció del cabal augmenta la càrrega).
- Reduir la càrrega contaminant de l'abocament en aquest punt mitjançant filtració o separació de sòlids prèvia a l'abocament de les aigües residuals del rentat. D'aquesta manera, es minimitza en el total d'aigües residuals del procés la càrrega contaminant de les mateixes.
- Gestionar de manera adequada els residus orgànics generats: utilització com a subproductes, alimentació animal, gestors autoritzats, etc.

MILLORA ENERGÈTICA I AMBIENTAL

Com a proposta d'opció de millora per a MTD es planteja la reutilització de l'aigua residual amb una filtració i tamisat previ per retirar els sòlids presents i aprofitament dels residus vegetals separats.

Pelat del fruit

En aquesta etapa s'ha de tenir en compte el consum energètic i el residu orgànic generat (closca o pela de l'ametla).

Les opcions de millora de les Millors Tècniques Disponibles aniran encaminades a:

- Gestionar de manera adequada els residus orgànics generats: utilització com a subproductes, alimentació animal, gestors autoritzats, etc.

Així, l'opció de millora en aquest procés passa per l'aplicació de bones pràctiques ambientals i l'aprofitament d'aquest residu valoritzant-lo energèticament (transformació en subproducte).

Repelat

Per tal d'extreure el tegument de l'ametla es procedeix a l'escaldat d'aquesta per mitjà d'aigua calenta i per vapor d'aigua com ja s'ha descrit anteriorment. Així, els principals aspectes a tenir en compte en aquesta etapa són el consum d'aigua i la consegüent producció d'aigua residual, l'aparició de residus sòlids i les emissions a l'atmosfera procedents de la caldera de gas natural.

D'aquesta manera, les opcions de millora de les MTD aniran encaminades a:

- Reduir el consum d'aigua mitjançant diverses accions: recirculació, reutilització.
- Reduir les pèrdues energètiques mitjançant recuperació de condensats de vapor, evitar pèrdues de calor, etc.
- Reduir el cabal d'abocament, de manera que el volum d'aigües a tractar sigui menor encara que la càrrega contaminant sigui més elevada (com a conseqüència de la reducció del cabal augmenta la càrrega).
- Reduir la càrrega contaminant de l'abocament mitjançant canvi de la tècnica empleada, operacions complementàries: filtració, separació de sòlids, etc, previ a l'abocament de les aigües residuals de l'escaldat o mitjançant depuració de l'abocament final. D'aquesta manera es minimitza en el total d'aigües residuals del procés la càrrega contaminant.
- Gestionar de manera adequada els residus orgànics generats: utilització com a subproductes, alimentació animal, gestors autoritzats, etc.
- Utilitzar combustibles amb menor impacte ambiental per a la caldera per reduir les emissions. Tot i que el gas natural genera menys impacte que altres combustibles fòssils, s'ha de considerar la possibilitat de generar el calor a partir de combustibles més nets com la biomassa.

Les opcions de millora proposades són:

- Augment de l'eficiència energètica: Mitjançant la utilització de sistemes d'escaldat amb vapor i sistemes avançats com l'Individual Quick Blanching (IQB)²⁸. Aquest sistema es basa en sotmetre les ametles, durant un temps relativament curt, a un ambient de

²⁸ Lazar, Lund, D.B. i Dietrich, W. (1971). IQB: A new concept in blanching. Food Tech.

vapor d'aigua i després acumular en un jaç profund sense aplicació posterior de calor fins que té lloc l'equilibri de la temperatura. D'aquesta manera, es pot considerar que l'aliment és sotmès a un escaldat de dues etapes: la primera d'escalfament i després una etapa de retenció. L'escalfament és realitzat en una unitat de condensació de vapor on s'afegeix la calor necessària per a elevar la temperatura mitjana de la massa de producte a la corresponent per a la desactivació enzimàtica.

- Reducció de les pèrdues energètiques: Mitjançant calorifugació o aïllament de canonades de conducció del vapor, recuperació de condensats, etc.
- Depuració de l'abocament: La depuració de les aigües residuals pot realitzar-se sobre l'abocament final de l'empresa (compost per la suma de tots els abocaments puntuals realitzats en les diverses etapes del procés) o, després de realitzar un estudi complet de caracterització dels abocaments per etapes, poden realitzar-se tractaments específics sobre aquells abocaments puntuals que representen la major càrrega contaminant de l'abocament final.
- Substitució de la caldera de gas natural per una de biomassa, alimentada pels residus generats en l'empresa o en l'empresa subministradora.

A més d'aquestes tècniques, es pot realitzar l'escaldat mitjançant microones (tècnica emergent). La principal diferència entre l'escaldat tradicional i l'escaldat per microones és que s'utilitza l'escalfament del producte per radiació en lloc de per convecció i/o conducció.

L'escalfament per microones consisteix en l'excitació de les molècules carregades o amb dipols, presents en la matèria prima, amb radiació electromagnètica d'alta freqüència (915-22125 MHz), la qual cosa es tradueix en un augment de la temperatura del producte irradiat.

El principal avantatge de l'escaldat per microones es deu a que l'escalfament es produeix en tot el volum del vegetal, en lloc de l'escalfament superficial i posterior conducció de fora a dins que es dona en el tractament convencional. Açò implica temps d'operació menors. A més, no es consumeix recurs hídric pel que quasi no es generen abocaments en aquesta operació. D'altra banda, el valor nutritiu del vegetal (ametla, en aquest cas) es conserva millor que amb l'escaldat tradicional.

L'ús d'energia és més racional en aplicar-se directament, mentre que en l'escaldat convencional es perd energia en els intercanvis de calor que es requereixen fins a arribar al producte.

Pel que fa als inconvenients, segons informació bibliogràfica, el consum d'energia és alt i els costos d'instal·lació elevats²⁹.

Elaboració d'industrialitzats: fregit i fornejat

Ambdós processos funcionen a partir d'un elevat consum energètic i de la calor produïda per la caldera de gas natural, que allibera emissions a l'atmosfera.

²⁹ Ruiz de Ojeda, L.M., Peñas F.J. (2004). Escaldado de Vegetales mediante microondas. Aplicación a la judía verde.

MILLORA ENERGÈTICA I AMBIENTAL

Així, les opcions de millora de les Millors Tècniques Disponibles aniran encaminades a:

- Reduir les pèrdues energètiques mitjançant millors aïllaments.
- Utilitzar combustibles amb menor impacte ambiental per a la caldera per reduir les emissions. Tot i que el gas natural genera menys impacte que altres combustibles fòssils, s'ha de considerar la possibilitat de generar el calor a partir de combustibles més nets com la biomassa.

Les opcions de millora proposades són la reducció de les pèrdues d'energia a partir de la calorifugació o aïllament de canonades de conducció del calor, recuperació de condensats de vapor, evitant pèrdues de calor, etc; i la substitució de la caldera de gas natural per una de biomassa, alimentada pels residus generats en l'empresa o en l'empresa subministradora de la matèria prima. La substitució dels aparells per altres més eficients pot reduir el consum energètic, però poden comportar una despesa econòmica elevada.

5. ESTUDI D'APROFITAMENT DE LA BIOMASSA RESIDUAL

5.1. Combustible seleccionat

Els residus biomàssics generats en el procés industrial d'elaborat d'ametla estudiat són:

- Branques, fruits buits, pells, fulles i altres *impureses* separades en la primera etapa del procés (mullat). D'aquesta classificació s'obtenen 1.399,33 kg d'impureses humides a l'hora, i cal considerar que en la mescla s'inclouen, també, pedres i terra (materials no biomàssics).
- *Closques d'ametla* separades al pelat. En aquesta etapa es produeixen 5.788,55 kg de pela a l'hora.
- *Teguments d'ametla* extrets en el procés de repelat. En aquesta operació s'extrauen 68,88 kg de tegument sec a l'hora.

Per a la realització de la simulació, s'ha seleccionat com a combustible la pela d'ametla extreta del procés industrial, degut al l'homogeneïtat de la mescla, l'elevat poder calorífic (3.690 Kcal/Kg, a 15% d'humitat) i la quantitat generada. S'han descartat les impureses de la primera etapa degut, principalment, a l'elevada heterogeneïtat i per tant complexitat de la mescla. A més, la baixa quantitat en pes de tegument separat al procés de repelat fa que siga negligible respecte el total de pela extreta.

5.2. Tecnologia de conversió escollida

Per tal d'aprofitar els residus orgànics produïts, s'ha seleccionat la combustió com a tecnologia de tractament de la biomassa residual. Amb la finalitat d'aprofitar al màxim possible aquesta energia emmagatzemada en la biomassa, s'ha combinat aquesta combustió amb un procés de cogeneració. És a dir, es generarà de manera simultània energia elèctrica i calor útil mitjançant el funcionament d'una màquina tèrmica a partir de biomassa residual.

S'ha triat aquesta tecnologia de combustió pel fet que la biomassa residual emprada s'adequa totalment a les característiques del procés (material orgànic, heterogeni i amb baixa humitat), el seu cost és menor que altres tecnologies, no té dependència combustibles fòssils com seria el cas de la co-combustió, i no necessita maquinària molt específica i complexa.

El segon principi de la termodinàmica restringeix la màxima conversió de calor en treball (màquines tèrmiques). Tot i les tecnologies avançades, no es poden superar aquestes limitacions termodinàmiques, és a dir, no és possible convertir més energia tèrmica en electricitat (energia útil), però es pot fer un millor aprofitament de l'energia que s'ha de dissipar, de manera que el calor que es perd en la generació d'electricitat s'aprofita per a ús industrial. Aquest és el fonament de la cogeneració, que permet rendiments globals superiors al 80%³⁰.

³⁰ Gestió energètica. Apunts de classe. Universitat Politècnica de València i Universitat de València, 2013.

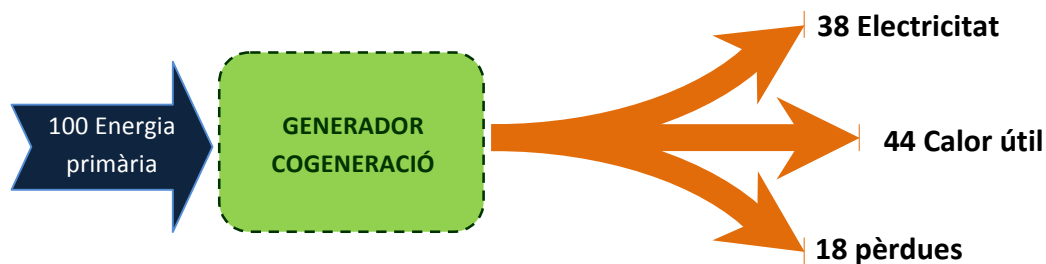


Figura 5.1: Generació elèctrica i de calor a partir de cogeneració. **FONT:** pròpia a partir de *Rugero, J.*

La maquinària utilitzada en la combustió es mostra en la figura 5.2, on s'aprecien les diferents etapes del procés.

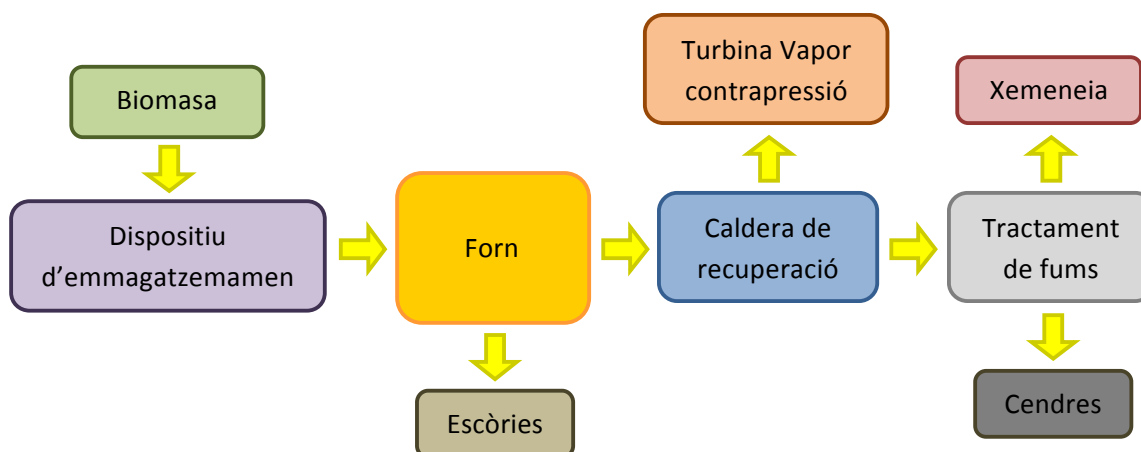


Figura 5.2: Etapes del procés de combustió seleccionat. **FONT:** pròpia a partir de ITE

En la primera fase la biomassa és emmagatzemada a l'espera de ser utilitzada com a combustible. Des d'aquest lloc és transportada mitjançant tremuja fins al conducte d'alimentació del forn.

Existeixen diversos tipus de forns que es classifiquen en:

- *Forns de funcionament continu.* Totes les funcions es realitzen d'una forma continuada i automàtica, podent aconseguir produccions de 50 t/h.
 - o *Forns de graella.* Solen ser els més utilitzats en les noves instal·lacions. Aquests forns estan formats per graelles situades horitzontalment formant una escala i inclinades, on la injecció d'aire primari es realitza per sota d'aquestes.
 - o *Forns rotatius.* Consten d'un cilindre inclinat que gira sobre si mateix. L'aire de combustió s'injecta per l'extrem oposat, d'aquesta manera arrossega els gasos fins a la cambra de combustió. Aquest tipus de forns exigeix un combustible auxiliar i es construeixen per a petites capacitats.
 - o *Forns mixtos.* Combinen el sistema de graelles amb el sistema rotatiu per a combustió completa.

ESTUDI D'APROFITAMENT DE LA BIOMASSA RESIDUAL

- *Forns de jaç fluiditzat.* Consten d'un cilindre vertical d'acer, folrat de maons refractaris, un jaç de sorra o calcària, una placa d'enreixat de suport i unes toveres d'injecció d'aire. Quan es força aire a través de les toveres, el jaç es fluiditza i s'expandeix fins a dues vegades el volum en repòs inicial. L'acció d'aquest jaç provoca turbulències, afavorint la mescla i transmetent calor al combustible.
- *Forns de plasmes.*
- *Forns de funcionament discontinu.* Exigeixen la utilització de combustible auxiliar. Solen utilitzar-se en processos on es necessita un cremat més perfecte.

Després del procés de combustió es produeix l'extracció i evacuació d'escòries. Per tal d'aconseguir-ho es refreda mitjançant immersió en aigua produint-se emissió de vapor, o extraient-los mantenint l'estanqueïtat del forn. Per a això s'utilitzen extractors de cadenes o de paletes, i aquest és el sistema triat en el cas concret estudiat.

Després del forn, la fase de recuperació de calor consta d'una caldera. Les calderes que s'utilitzen per a aquest sistema consten de parets d'aigua, on es troben uns tubs per on circula l'aigua i es vaporitza. Els tubs no han d'estar en contacte amb les flames, y han de trobar-se o ben allunyades d'elles o ben recobertes per material refractari. En elles es troben dos dipòsits, el superior que és el regulador de vapor, i l'inferior, que rep el vapor ja condensat i introdueix l'aigua necessària per reposar les pèrdues.

Per obtenir l'energia s'utilitza una turbina de vapor. En aquestes turbines, l'energia mecànica es produeix per l'expansió del vapor d'alta pressió procedent d'una caldera convencional o bé de l'aprofitament del calor residual. Històricament, aquest fou el primer cicle que s'utilitzà en cogeneració. Actualment, la seva aplicació pràcticament només s'utilitza com a complement per a cicles combinats o en instal·lacions que utilitzen combustibles residuals, com biomassa o residus³¹. Poden ser de dos tipus segons la pressió del vapor a la sortida de la turbina:

- *Turbines de contrapressió.* Quan el vapor a la sortida es troba a pressió superior a l'atmosfera, de manera que pot ser emprat en un procés industrial.
- *Turbines de condensació.* Quan la pressió a la sortida és inferior a l'atmosfèrica i per tant el vapor es dirigeix directament al condensador.

La turbina seleccionada és la turbina de vapor de contrapressió, ja que, com ja s'ha dit, són les que s'utilitzen en processos industrials.

En la fase de tractaments de fums es troba la xemeneia, que evacua els gasos gràcies al seu tir natural, dispersant els gasos en l'atmosfera i disminuint la seva concentració a nivell del sòl. Aquestes es constitueixen de formigó armat i recoberta interiorment de material refractari, deixant entre ambdues superfícies una cambra d'aire.

Abans d'evacuar els gasos, però, s'ha de realitzar el correcte tractament d'aquests. En el procés de combustió de biomassa procedent de la pela de fruits secs es generen majoritàriament partícules i monòxid de carboni (CO). Les emissions de SO₂ i NO_x no solen ser importants i els valors d'emissió per a aquest tipus de planta i combustible solen trobar-se dins

³¹ Guía de la Cogeneración. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, 2010.

ESTUDI D'APROFITAMENT DE LA BIOMASSA RESIDUAL

dels límits que estableix la legislació³². Per contra, sí és necessària la utilització de precipitadors electrostàtics per a eliminar les partícules sòlides presents en els gasos de fuita abans de l'eixida dels mateixos per la xemeneia.

Aquests aparells tenen la forma d'una o diverses càmeres de xapa, en la part baixa de la qual porten tremuges per a recollir la pols. En el filtre multiciclònic s'extrauen els incremats i les partícules més grans que es troben en els gasos de fuita i es retornen al forn per a la seua combustió. La combustió d'aquestes cendres assegura un increment del rendiment en un 2 o 3 %. La biomassa és un combustible amb un molt baix contingut en cendres, i el seu valor normal es troba entorn el 0,6 %. La producció d'escòries i cendres volants, per tant, és mínima.

El seu interior està dividit en compartiments, mitjançant un cert nombre de plaques uniformement espaiades en el sentit de la circulació dels gasos, connectades a massa i entre elles travessen paral·lelament uns fils o barres connectats a una font d'alta tensió contínua (10.000 a 50.000 volts).

Els gasos passen pel camp elèctric creat entre els fils i les plaques. La pols és rebutjada sobre les plaques o elèctrodes col·lectors i cau en la tremuja, d'on és evacuat mitjançant un sistema apropiat. La pols que roman adherit a les plaques s'evacua mitjançant una percussió periòdica. L'eliminació de la pols que s'adhereix als fils es fa igualment colpejant-los amb freqüència uniforme.

Les variables que es controlen a través del procés se centren principalment en les dues màquines que formen el procés de combustió.

Així, les variables que es controlen en el forn:

- La temperatura en diferents parts del circuit de gasos
- La temperatura de l'aire
- La pressió en la cambra de combustió
- La pressió en els eliminadors de pols
- L'excés d'aire, en funció de l'oxigen present en els gasos

I les variables que es controlen en la caldera:

- La temperatura, pressió i cabal d'aigua
- El nivell d'aigua i pressió en la caldera
- La pressió, temperatura i producció de vapor sobreescalfat

El rendiment global de tot el procés, amb cogeneració, aconsegueix valors del 80-90%, com ja s'ha dit anteriorment.

³² Romero Risalde, F. J. (2005). Central tècnica de biomassa de 5MW de potencia. Proyecto Fin de Carrera. Escuela de Ingenieros Agrónomos, Universidad de Castilla-la Mancha

5.3. Dimensionament de la planta de Cogeneració

Necessitats d'energia tèrmica de la planta

Per tal d'instal·lar el nou sistema tèrmic s'ha de tenir en compte el consum energètic total de la indústria i el rendiment global del procés, que se suposa d'un 80 % (taula 5.1)

Procés	Elèctric (kWh)	Gas Natural (kWh)	TOTAL (kWh)
Mullat	61.193,50		61.193,50
Pelat del fruit	168.480		168.480
Assecat	33.656,42		33.656,42
Escaldat	1.744,01	4.589,51	6.333,53
Repelat	48.954,80		48.954,80
Fregidora	40.832,08	450.000	490.832,08
Forn	80.611,61	1.800,00	2.143.564,62
	262.953,02		
Envasat	193.817,81		193.817,81
TOTAL	892.243,25	2.254.589,51	3.146.832,76
CONSUM GLOBAL (rendiment 80%):			3.933.540,95

Taula 5.1: necessitats d'energia a la planta

Així, les necessitats d'energia són de quasi 3.933.541 kWh a l'any només per al consum industrial, ja que no es tindran en compte les necessitats calorífiques dels processos horitzontals com podria ser l'aigua calenta sanitària o la calefacció.

Una vegada determinada el tipus de caldera que s'utilitzarà, definit en l'apartat anterior, se selecciona una caldera que subministre una potència superior a la necessària en l'actualitat, degut al possible augment de producció en un futur.

A partir de l'energia consumida anualment i de les hores en funcionament de la indústria es pot estimar la potència de la caldera, que serà igual a 945,56 kW o bé 815.140,28 kcal/h. S'han de tenir en compte algunes pèrdues en el procés de combustió i en la caldera, per la qual cosa es considerarà un rendiment del 80%. A més, s'afegirà un factor de seguretat d'1,5 per cobrir possibles errors, així com variacions puntuals i augments de la demanda al futur.

$$\text{Potència Mín. Caldera (kW)} = \frac{\text{Neces. E}}{\text{h. funcionament}} = \frac{3.933.540,95 \text{ kWh/a}}{4160 \text{ h/a}} = 945,56 \text{ kW}$$

$$\text{Potència mín. Caldera (kcal/h)} = 945,56 \text{ kW} \frac{1 \text{ kcal}}{1,16 \times 10^{-3} \text{ kWh}} = 815.140,28 \text{ kcal/h}$$

$$\text{Potència Caldera} = \frac{945,56 \text{ kW}}{0,8} \times 1,5 = 1.772,93 \text{ kW} = 1.528.388,03 \text{ kcal/h}$$

Tenint en compte tots aquests factors, la potència demandada pel procés industrial serà de 1.772,93 kW (1.528.388,03 kcal/h).

ESTUDI D'APROFITAMENT DE LA BIOMASSA RESIDUAL

Potencial energètic disponible

Com ja s'ha explicat en apartats anteriors, el combustible utilitzat prové dels residus generats en el procés del pelat del fruit, on se separa la pela o closca del gra d'ametla comestible. Així, la pela d'ametla serà el subproducte emprat com a combustible de la caldera. Així, es produeixen un total de 5.788,55 kg de pela d'ametla a l'hora, el poder calorífic de la qual és de 3.690 kcal/h a una humitat del 15 %. El potencial energètic del combustible, així, és de 21.359.748,07 kcal/h o bé de 24.777,31 kW, molt més elevat del necessari.

$$\begin{aligned}\text{Potencial Energètic Combustible} &= \text{Producció} \times \text{PCI} = 5.788,55 \text{ kg/h} \times 3.690 \text{ kcal/kg} \\ &= 21.359.748,07 \text{ kcal/h}\end{aligned}$$

D'aquesta manera no serà necessari emprar tot el cabal de combustible disponible en la combustió. Per tal de calcular-lo, s'ha de considerar el rendiment de la caldera del 80 % i el dels intercanviadors i canalitzacions, que s'ha suposat del 85 %. Amb totes aquestes dades s'ha estimat el cabal de combustible utilitzat en 609,11 kg de closca d'ametla a l'hora.

$$\mathbf{Q. combustible} = \frac{\text{Potència Caldera}}{\text{PCI} \times R} = \frac{1.528.388,03 \text{ kcal/h}}{3.690 \text{ kcal/kg} \times 0,8 \times 0,85} = 609,11 \text{ kg/h}$$

Producció d'energia elèctrica

Per tal d'aprofitar aquesta energia tèrmica amb la cogeneració, s'ha escollit un cicle de Rankine amb turbina de vapor d'una etapa, per tal de simplificar els càlculs, com es mostra a la figura 5.3. El cicle de Rankine és un cicle termodinàmic ideal constituït per les següents transformacions: absorció de calor a pressió constant fins a obtenir un vapor sobreescalfat, expansió adiabàtica del vapor, refredament, refredament del vapor a pressió constant fins a la seua condensació i compressió adiabàtica del fluid fins a la pressió de la caldera. La màquina de vapor segueix aquest esquema aproximadament³³.

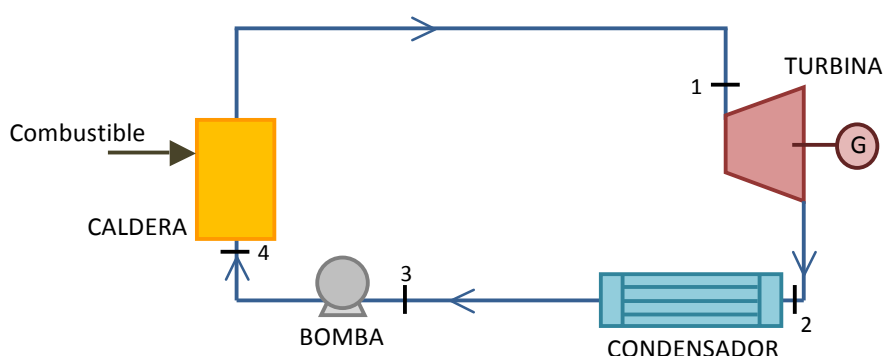


Figura 5.3: Esquema de la instal·lació amb cicle de Rankine. **FONT:** pròpia a partir de *Lucas et al.*

³³ Lucas Martínez, A; Villaseñor Camacho, J; Lobato Bajo, J. Termotecnia bàsica para ingenieros químicos: procesos termodinámicos y máquinas. Ediciones de la Universidad de Catilla-La Mancha. Cuenca, 2007.

ESTUDI D'APROFITAMENT DE LA BIOMASSA RESIDUAL

El rendiment de l'alternador serà del 95 %, i els equips de la planta es dimensionen per als següents valors del cicle de Rankine³⁴:

	1	2	3	4
P (bar)	130	0,1	0,1	130
T (°C)	340	45,8	45,8	46,2
h (kJ/kg)	2.737	1.757	191,7	205

Taula 5.2: Valors per al dimensionament del Cicle de Rankine aplicat al cas d'estudi. **FONT:** Lucas et al.

Per tal de realitzar el correcte dimensionat de la planta, s'ha de conèixer en primer lloc quina és l'energia disponible anual a partir de la potència de la caldera:

$$\begin{aligned} \text{Energia disponible a l'any} &= \frac{\text{Potència caldera} \times \text{h. funcionament}}{1000} = \frac{1.772,93 \text{ kW} \times 4.160 \text{ h/a}}{1000} \\ &= 7.375,39 \text{ MWh/a} \end{aligned}$$

A partir dels valors de la taula 5.2, el cabal de vapor produït a la caldera serà:

$$\begin{aligned} \text{Cabal de vapor a la caldera} &= \frac{\text{Potència caldera}}{h_1 - h_4} = \frac{1.772,93 \text{ kW}}{2.737 - 205} \times 3600 = 2.520,75 \text{ kg/h} \\ &= 0,7 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

Aquest cabal de vapor serà el que farà girar la turbina, la producció d'energia elèctrica de la qual serà:

$$\begin{aligned} \text{Potència de la turbina} &= \text{Cabal de vapor} \times (h_1 - h_2) = 0,70 \text{ kg/s} \times (2.737 - 1.757) \\ &= 686,21 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\text{Potència a l'alternador} = \text{Pot. turbina} \times \text{Rendiment} = 686,21 \text{ kW} \times 0,95 = 651,89 \text{ kW}$$

El calor que anirà a parar al condensador serà:

$$\begin{aligned} \text{Potència del Condensador} &= \text{Cabal de vapor a la caldera} \times (h_2 - h_3) \\ &= 0,7 \times (1.757 - 191,7) = 1.096,04 \text{ kW} \end{aligned}$$

El càlcul de producció d'energia neta es realitza a partir de la potència neta, que és aquella generada a l'alternador, pel total de les hores de funcionament de la planta. De manera:

$$\begin{aligned} \text{Energia elèctrica neta anual} &= \frac{\text{Potència neta} \times \text{h. funcionament}}{1000} \\ &= \frac{651,89 \text{ kW} \times 4.160 \text{ h/any}}{1000} = 2.711,88 \text{ MWh/any} \end{aligned}$$

Els rendiments del procés seran:

$$\eta \text{ elèctric} = \frac{\text{E. elèctrica neta}}{\text{E. disponible}} = \frac{2.711,88 \text{ MWh/a}}{7.375,39 \text{ MWh/a}} = 36,8 \%$$

³⁴ Lucas Martínez, A; Villaseñor Camacho, J; Lobato Bajo, J. Termotecnia bàsica para ingenieros químicos: bases de termodinàmica aplicada. Ediciones de la Universidad de Catilla-La Mancha. Cuenca, 2004.

ESTUDI D'APROFITAMENT DE LA BIOMASSA RESIDUAL

$$\begin{aligned} \text{Potència a Cicle de Rankine} &= \text{Caudal de vapor} \times (h_1 - h_2) = 0,70 \times (2.737 - 1.757) \\ &= 686,21 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\eta_{\text{Rankine}} = \frac{\text{Pot. a Cicle Rankine}}{\text{Pot. Caldera}} \times 100 = \frac{3686,21 \text{ kW}}{1.772,93 \text{ kW}} \times 100 = 38,7 \%$$

Aquest rendiment per al Cicle de Rankine, de 38,7 % serà el de la turbina. En aquest càlcul no s'ha tingut en compte el condensador, però s'hagués pogut realitzar afegint, a la potència a Rankine, la potència d'aquest condensador.

Segons la bibliografia consultada, els valors obtinguts s'adapten als esperats en una planta de cogeneració, si bé el rendiment de calor útil és una mica baix³⁵. Així els rendiments elèctrics es troben al voltant del 30-38 %, mentre que els obtinguts per a calor giren al voltant del 43-55 %. Les pèrdues solen tenir valors d'entre el 15 i el 19 %, mentre que en aquest cas particular han aconseguit un 24,5 %.

Aquests valors de rendiment obtinguts es troben dins dels valors d'eficiència en cogeneració a Espanya, on tenen un rendiment medi global de l'energia superior al 73 %, la qual cosa implica un rendiment del combustible quasi un 50 % superior al que aconseguirien en una central tèrmica convencional moderna, i on s'hauria d'afegir l'eliminació de pèrdues d'electricitat en transport i distribució³⁶.

5.4. Maquinària

Al mercat existeixen una gran varietat de solucions específiques que permeten portar a terme els càlculs realitzats. S'han escollit i explicat algunes d'aquestes solucions que podrien instal·lar-se a la planta de cogeneració exposada.

Pel que fa a la *caldera de biomassa*, s'ha escollit un model que disposa de potències de 93 a 5800 kW, i per tant, dins del rang, per a la producció d'aigua calenta, aigua sobreescalfada o vapor saturat. La seva principal característica és la combustió de combustibles heterogenis amb elevada humitat i granulometria variable³⁷.

Les seues principals característiques són:

- Forn de graella i torn sense fi d'alimentació per a combustibles amb humitat màxima del 45 % i granulometria fins a 3 cm.

³⁵ Gestió energètica. Apunts de classe. Universitat Politècnica de València i Universitat de València, 2013; *Rugero, J.* Instalaciones de cogeneración. MWM. Sevilla, junio de 2014; *Fraile, D.* Gestión eficiente de la Energía. Cogeneración: aspectos tecnológicos. EOI, 2007.

³⁶ Cogeneración en la Industria Española de Alimentación y Bebidas. Informe ACOGEN. Octubre 2011.

³⁷ Caldera biotec/F. Grupo Nova Energia. www.gruponovaenergia.com

ESTUDI D'APROFITAMENT DE LA BIOMASSA RESIDUAL

- Quatre passes de fums per tal d'augmentar al màxim la transferència de calor dels fums a l'interior de la caldera, amb elevats temps de permanència a elevada temperatura per tal de permetre una combustió completa i minimitzar les emissions.
- Revestiment de la cambra de combustió amb material refractari de gran espessor.
- Software senzill que permet una gestió global del procés de combustió.
- Construcció modular que permet mantenir la cambra de combustió i substituir l'intercanviador de calor superior, de manera que es pot obtenir la producció d'aigua calenta a 95 °C 2 bar, aigua sobreescalfada a 110 °C 2 bar o vapor saturat a 0,7 bar.

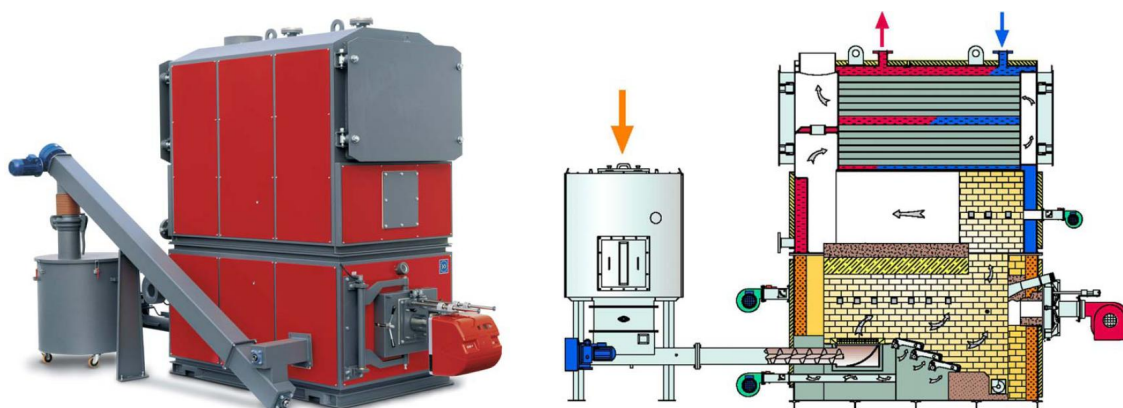


Figura 5.4: Caldera escollida per al cas d'estudi i esquema del seu funcionament. **FONT:** Grupo Nova Energia

La *turbina de vapor* seleccionada correspon a un model compacte predissenyat que, gràcies a les múltiples possibilitats de combinació dels mòduls individuals, es pot adaptar flexiblement a les necessitats específiques individuals, possibilitant així una optimització de la potència en les respectives aplicacions. La seva construcció és robusta i té una especial disposició del rodet que fa que es puguin efectuar amb extrema rapidesa arrencades a plena potència, fins i tot en fred. A més, es pot subministrar la turbina com a màquina completa, incloent el generador i els sistemes d'instrumentació i control, així com sistemes auxiliars i secundaris necessaris³⁸.

Les seves dades tècniques són:

- Potència: des d'uns 350 kW fins a 6 MW.
- Pressió del vapor viu: fins a 131 bar.
- Temperatura del vapor viu: vapor saturat sec fins a 530 °C.
- Velocitat: segons la màquina accionada.
- Pressió del vapor d'eixida: contrapressió fins a 29 bar o condensació.
- Dimensions típiques (només turbina): longitud 1,5 m; amplària 2,5 m; altura: 2,5 m.

Principals característiques

- Execució com a turbina de condensació o contrapressió i en paquet.

³⁸ Turbinas de vapor prediseñadas SIEMENS. Turbinas de vapor compactas para la gama de potencia de hasta 12 megavatios. Disponible a www.siemens.com. Model SST-060.

ESTUDI D'APROFITAMENT DE LA BIOMASSA RESIDUAL

- Regulació del grup de toveres disponible
- Arrencament ràpid sense preescalfament.
- Apropiadada, també, per a ORC (Organic Rankine Cycle) i per a l'expansió de gas natural.



Figura 5.5: Turbina de vapor per al cas d'estudi. **FONT:** SIEMENS

El *condensador* és un bescanviador tèrmic, en qual es pretén que el fluid que el recorre canvie a fase líquida des de la seua fase gasosa mitjançant l'intercanvi de calor (cessió de calor a l'exterior, que es perd sense possibilitat d'aprofitament) amb un altre mitjà³⁹.

La condensació es pot produir utilitzant aire mitjançant l'ús d'un ventilador (aerocondensadors) o amb aigua (aquesta última sol ser en circuit semitancat amb torre de refrigeració, o en circuit obert provinent d'un riu o del mar). Al mercat existeixen nombroses marques que subministren solucions específiques per a cada cas particular⁴⁰.

El propòsit del condensador termodinàmic és doncs provocar el canvi d'estat del vapor a l'eixida de la turbina per a així obtenir màxima eficiència i igualment obtenir el vapor condensat en forma d'aigua de retorn al tren de generació de vapor.

Les raons per a condensar el vapor són tres:

- S'aprofita el vapor a l'eixida de la turbina, tancant el cicle de l'aigua.
- Es redueix la pressió a l'eixida, fins i tot per sota de l'atmosfèrica, amb el que el salt de pressió és major i per tant el rendiment i la potència de la turbina augmenten.
- El posterior augment de pressió del fluid pot realitzar-se en una bomba hidràulica, amb un consum energètic menor que si es realitza en una caldera o en un compressor.

³⁹ Renovetec. Ciclo agua- vapor: www.cicloaguavapor.com.

⁴⁰ Catàleg FRIMETAL, 2012 (www.frimetal.es); Diferents catàlegs EQUIREPSA (www.equirepsa.com); Condensadors remots THERMO-COIL (www.thermocoil.com)

6. PLA ECONÒMIC

6.1. Estructura de costos.

A l'intentar plantejar quin cost econòmic suposaria l'optimització energètica de l'empresa s'han de tenir en compte diversos factors. D'una banda, la majoria de les propostes suggerides (sistemes de gestió ambiental, bones pràctiques i millors tècniques disponibles) no presenten un desemborsament important i solen estar amortitzades en un any o menys temps⁴¹. Una bona gestió de tot el procés, l'estalvi i reutilització de matèries primes com l'aigua i els aïllaments per evitar pèrdues energètiques són la base per a la rendibilitat d'aquesta optimització.

D'altra banda, en afrontar un projecte de cogeneració, és molt important calcular l'estructura de costos durant la vida útil del projecte. El primer cost que apareix és la pròpia *inversió*, que ve a suposar habitualment entre un cinc i un quinze per cent dels costos totals del projecte⁴². Aquesta contempla la inversió necessària per a implantar la instal·lació: compra de terrenys o adequació dels existents, enginyeria, obra civil, i compra d'equips i instal·lacions. Donada la impossibilitat de realitzar un pressupost tan detallat s'han pres dades de la indústria amb instal·lacions de similars característiques a la projectada en aquest treball. Així, la inversió inicial segons la bibliografia consultada varia de 1.200 €/kW⁴³ a 2.200 €/kW⁴⁴, el que suposaria, sent moderats, uns 1,4 milions d'euros, amb una vida útil de 15 anys.

Durant la vida útil, el cost més important que existeix és el del combustible, que representa habitualment més d'un 80% dels costos totals, i més del noranta per cent dels costos d'operació. En el cas d'estudi, però, aquest combustible és un subproducte del procés industrial, i per tant no suposarà cap despesa per a l'empresa.

El cost en enginyeria se suposa del 5 % del total de la inversió inicial⁴⁵, és a dir, en uns 71.700 euros.

A l'hora de realitzar la planificació inicial, s'han de tenir en consideració, també, els següents aspectes:

- Previsions de producció i necessitats energètiques.
- Futurs canvis en la normativa legal. Els que es previnguen.
- Evolució del preu de l'electricitat.
- Manteniments generals.
- Noves inversions en la central de cogeneració.

Capítol apart mereixen els contractes de subministrament d'aigua, aire comprimit, depuració d'aigües, lloguers, vigilància, serveis de manteniment, etc. En aquest cas se sol arribar a acords per a interioritzar aquests costos en les tarifes energètiques.

⁴¹ Mejores Técnicas Disponibles en la Industria de Elaborados Vegetales. Ainia, 2005

⁴² Guía de la Cogeneración. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, 2010.

⁴³ Valentín Botija, S. Proyecto de una central eléctrica de biomasa. Proyecto fin de carrera, Universidad Carlos III de Madrid, 2011.

⁴⁴ Dades aportades per l'Institut Tecnològic de l'Energia per a cogeneració amb Cicle Rankine.

⁴⁵ Ruiz Almazán, A. Diseño de una planta para aprovechamiento térmico de la biomasa en la Sierra de Albarracín mediante la tecnología de gasificación. Trabajo final de máster, Universitat de València, 2012.

PLA ECONÒMIC

Quan es realitzen els pressupostos per a l'operació d'una cogeneració, existeixen certes partides bastant ajustades a la realitat, com són els diferents contractes de manteniment. Els pressupostos inicials han de basar-se en l'experiència (si el propietari posseeix altres plantes) i en ofertes concretes que s'hauran sol·licitat durant el temps d'estudi i construcció de la planta. No obstant açò, quan s'afronta l'operació real, sorgeixen possibilitats per a reduir costos o per a distribuir-los d'una manera menys costosa per al propietari. Els punts en els quals s'ha d'incidir són els següents⁴⁶:

- Gradualment es procedirà a ajustar la manera de funcionament per a reduir el consum de combustible establint, per exemple, consignes de control de la pressió del vapor a valors inferiors, sempre que el procés no es veja afectat; o establint temperatures el més ajustades possibles; o modificant els paràmetres de funcionament de la turbina de vapor. En definitiva, existeixen oportunitats per a aconseguir un cicle més eficient.
- Ajustar les rutines de manteniment a les necessitats reals de la instal·lació. En principi, s'establirà el calendari de manteniments i verificació d'acord amb les especificacions dels fabricants i de l'experiència. El dia a dia indicarà quines activitats necessiten enfortir-se i quines necessiten espaiar-se amb el temps.
- Controlar les pèrdues d'eficiència. Aquestes indicaran una deterioració de l'equip o poden ser causades per una fallada menor. Es deu, per tant, conèixer en quin punt de la vida útil es troba l'equip i si la pèrdua d'eficiència és normal. En cas contrari, se cercarà l'origen del problema i s'esmenarà convenientment. A voltes, són indicatives de l'inici d'avaries que poden provocar grans fallades en els equips (problemes en els àleps de la turbina, deterioració dels tubs de la caldera, etc.)
- Control exhaustiu de fugides. Quan en una planta es perden fluids tèrmics s'està perdent calor i diners. S'ha d'estar atent a qualsevol principi de fugida per a esmenar-ho, a la qualitat del condensador o a possibles pèrdues de calor per les vàlvules del sistema.
-

Pel que fa als *beneficis* lligats a la producció neta, el nou Reial decret de renovables dificulta el creixement de les mateixes ja que suposa la desaparició de l'antic sistema d'ajudes a la producció.

Aquest nou sistema elimina l'anomenat complement de retribució d'operació estesa, pel qual es continuava pagant a aquelles tecnologies amb costos d'operació superior als preus de comprat - cogeneració, biomassa i alguns residus - una retribució per aquest concepte independentment de la vida útil de la planta fixada en 20 anys. Encara que a canvi s'ha ampliat la vida útil per a aquestes tecnologies.

D'altra banda, donarà el dret a les instal·lacions afectades a una retribució per la seua inversió i costos d'operació amb una rendibilitat de quasi el 7,5% que regirà per a tota la vida útil de la planta (20 anys per a l'eòlica, 30 anys per a la fotovoltaica i 25 per a la resta). Açò significa que les instal·lacions que hagen superat la seua vida útil no rebran retribució⁴⁷.

⁴⁶ Guía de la Cogeneración. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, 2010.

⁴⁷ Fundación Vida Sostenible: www.vidasostenible.org

PLA ECONÒMIC

A més, només rebran retribució regulada, cridada “retribució específica”, aquelles instal·lacions per a les quals el preu de mercat no siga suficient per a aconseguir la rendibilitat raonable lligada al nivell de risc de l'activitat.

La norma defineix també els trets generals de el “sistema de retribució específic” de tals instal·lacions, si bé per a la concreció d'aquest sistema caldrà que el Ministeri d'Indústria, Comerç i Turisme (MINETUR) dicte una Ordre ministerial que classifiqui les “instal·lacions tipus” en funció de la potència instal·lada, antiguitat, tecnologia o qualsevol altre factor que estime rellevant.

A més, ja en la nova Llei del Sector Elèctric es parlava d'un sistema de “peatges de respall” per a la producció i també per a l'autoconsum, tot i que encara no ha sorgit cap norma posterior que desenvolupi i detalle aquest cobrament addicional en autoconsum.

A més de tots aquests canvis, aquest passat juliol l'Associació d'Empreses d'Energies Renovables (APPA) ha interposat davant el Tribunal Suprem sengles recursos contenciós-administratius contra el Reial decret 413/2014 i l'Ordre IET/1045/2014 (que estableix els paràmetres retributius de les “Instal·lacions Tipus” aplicables a determinades instal·lacions de producció d'energia elèctrica a partir d'aquestes fonts). Aquesta associació ha hagut de recórrer a la via judicial després que el Ministeri d'Energia, Indústria i Turisme haja desoït totes i cadascuna de les al·legacions realitzades per l'Associació.

A la presentació d'aquest projecte, a falta de models o experiències prèvies que desenvolupen tota aquesta normativa en el sector biomàssic, s'ha considerat, des de la prudència, que no existeix retribució ninguna en la planta estudiada, tot i que això implique que el projecte no siga rendible des del punt de vista econòmic.

Així, el benefici associat a la nova instal·lació vindrà donat per l'estalvi produït: la despesa elèctrica lligada al procés industrial s'elimina.

A partir d'exemples d'indústries semblants i de dades de facturació a preus de 2014, s'ha estimat un consum d'energia elèctrica degut al procés industrial d'uns 76.000 € anuals⁴⁸, on s'inclouen els imports elèctric i de potència, penalitzacions per reactiva, lloguers i IVA, només per al procés estudiat.

Tot i que aquest treball s'ha basat en el procés industrial, cal tenir en compte el benefici associat a la caldera de biomassa pel que fa al sistema d'aigua calenta i climatització de l'empresa. La caldera proporciona calor, també, per a la fase del repelat. Segons la bibliografia consultada⁴⁹, aquest estalvi de combustible per a generar calor gràcies a la introducció d'una caldera per a cogeneració s'estima en 5,4 €/hora, el que suposa un estalvi de 22.464 € a l'any.

Per últim i com ja s'ha comentat, l'empresa no haurà de comprar el combustible necessari per fer funcionar la instal·lació de cogeneració, ja que aquest és un subproducte de la indústria. El preu de venda al públic per a la pela d'ametla sencera oscil·la d'entre 0,182 €/kg a 0,157 €/kg⁵⁰, de manera que l'empresa s'estalviarà uns 400.000 € a l'any.

⁴⁸ Exemples proporcionats a l'assignatura de Gestió Energètica. Càlculs per a l'import elèctric i de potència a partir de preus del període de gener regulats d'Iberdrola per a 2014.

⁴⁹ Preestudios en instalaciones de cogeneración. Jornadas formación AQUALIA, 2014

⁵⁰ Dades extretes de l'Observatori de la Biomassa, Bioalmendra i Nature Biomasa.

PLA ECONÒMIC

Les *despeses* principals són aquelles destinades a operació i manteniment, que engloben els costos de personal, els costos del manteniment de la instal·lació i costos d'operació de la mateixa. El sou del personal nou a contractar per la instal·lació d'aprofitament de biomassa es fixa en 20.000 €/any bruts⁵¹, suposant 2 operaris i un cap de planta (amb el doble de sou), que implicarien un total de 80.000 euros a l'any. Els costos d'operació i manteniment es fixen en 70 €/any⁵².

L'empresa, actualment, ven la pela d'ametla no utilitzada en el procés a una empresa comercialitzadora de biomassa: la indústria genera 5.788,55 kg a l'hora de pela d'ametla dels quals només n'aprofitarà 609,11 kg a l'hora. Així, s'estima que els 5.179,44 kg a l'hora restants es venen a l'empresa comercialitzadora a un preu de 0,08 €/Kg per tal de donar-li eixida, el que suposaria, venent-la tota, uns 1,7 milions d'euros a l'any. Per al transport i subministrament d'aquest combustible, l'empresa compradora disposa de camions cisterna per a biomassa, amb contenidors tipus "Lugger-Box". Aquests camions poden utilitzar-se tant per a diferents tipus i granulometries de biomassa (peles, pellets i estelles), per a açò empen diferents jocs de mànegues⁵³.

Si no s'hagués realitzat el projecte d'instal·lació de cogeneració, l'empresa ingressaria uns 1,9 milions d'euros per la venda de biomassa, de manera que la infraestructura té un cost associat de 200.000 € a l'any produït per biomassa no venuda.

A la Taula 6.1 s'observa un resum de totes les despeses (inclosa la inversió inicial) i beneficis associats a la instal·lació de la planta de cogeneració amb caldera de biomassa.

Inversió inicial	Inversió i enginyeria:	1.505.877,27	€
	Estalvi factura elèctrica:	76.000	€/any
Beneficis	Estalvi per producció de Calor:	22.464	€/any
	Compra estalviada de combustible:	400.000	€/any
Despeses	Venda perduda de biomassa:	200.000	€/any
	Manteniment i personal:	80.070	€/any

Taula 6.1: Resum de Costos i Beneficis associats a la instal·lació de la caldera de biomassa amb cogeneració. **FONT:** Pròpia

6.2. Balanç i rendibilitat econòmica

La viabilitat econòmica del projecte a desenvolupar s'estudia a partir d'una sèrie d'indicadors. Considerant la inestabilitat jurídica i el baix rendiment de la cogeneració a partir de combustió, s'han pres valors moderats pel càlcul d'aquests indicadors.

⁵¹ Aldomà Peña, G. (2010). Diseño de una central de biomasa de 1MW ampliable a 2MW. Projecte final de carrera, Universitat Rovira i Virgili.

⁵² Càlculs a partir de Ruiz Almazán, A.

⁵³ Dades extretes de BioDieselSpain i Transmanut constructor.

PLA ECONÒMIC

En primer lloc, cal extreure el Flux Net de Caixa o Flux de Caixa Diferencial, que s'estima restant els costos anuals als ingressos anuals. Segons els càlculs realitzats en l'apartat anterior, aquest estalvi anual es considera de 218.394 €/any.

6.2.1. Període de Retorn de la Inversió (PRI)

Es defineix com el temps necessari per a recuperar la inversió inicial mitjançant els estalvis anuals.

$$\text{PRI} = \frac{\text{Inversió Realitzada}}{\text{Flux net de Caixa}} = \frac{1.505.877,27 \text{ €}}{218.394 \text{ €/any}} = 6,90 \text{ anys}$$

Segons les dades calculades, el PRI de la instal·lació és de 6,90 anys, o de 6 anys, 10 mesos i 22 dies.

Es considera que una inversió és econòmicament viable si el PRI és inferior a 3 anys; si està comprès entre 3 i 10 anys cal estudiar i valorar en més detall el projecte, i si el PRI és superior a 10 anys és una inversió econòmicament poc interessant.

6.2.2. Valor Actual Net (VAN)

El Valor Actual Net és el valor actualitzat dels beneficis diferencials que es generen cada any, és a dir, la suma dels valors actualitzats de tots els fluxos nets de caixa esperats del projecte, deduint d'aquests el valor de la inversió inicial. Perquè el projecte siga viable, el valor del VAN ha de ser positiu. La fórmula que ens permet calcular el VAN és:

$$\text{VAN} = \sum_{i=0}^n \left[\frac{\text{Beneficis diferencials (i)}}{(1+r)^i} \right] - \text{Inversió} = 650.301,70 \text{ €}$$

On r és el tipus d'interès i n és la vida útil de la inversió analitzada.

Suposem uns beneficis diferencials de 218.394 €, la inversió de 1.505.877,27 €, la vida útil n són 15 anys i el tipus d'interès r es fixa en 5.75 %, segons dades del diari econòmic Expansión per a Espanya en 2012 per a tipus d'interès de renda fixa a 15 anys. Amb aquestes dades obtenim un VAN per a un període de 15 anys de 650.301,70 €, la qual cosa ho fa un projecte viable quant a rendibilitat.

6.2.3. Taxa Interna de Rendibilitat (TIR)

La Taxa Interna de Rendibilitat o Retorn, és l'interès al qual el VAN iguala el valor de la inversió realitzada, és a dir, fa que el VAN d'una inversió siga 0. Representa el tipus d'interès compost que es percep, durant la vida de la inversió, per la immobilització del capital invertit. Per a calcular la TIR:

$$0 = \sum_{i=0}^n \left[\frac{\text{Beneficis diferencials (i)}}{(1+TIR)^i} \right] - \text{Inversió} = 12 \%$$

PLA ECONÒMIC

Segons les dades disponibles, la TIR de la instal·lació se situa en un 12 %, valor moderat però que revela la viabilitat econòmica d'aquesta instal·lació.

7. CONCLUSIONS

CONCLUSIONS

El present treball ha intentat fer una explicació teòrica general de la font renovable d'interès i del sector industrial estudiat contextualitzant-ho en el marc europeu actual, més enllà d'intentar realitzar un projecte tècnic detallat. Caldria realitzar, si es pretengués, un estudi més acurat de l'enginyeria necessària per portar a terme l'estudi. El treball a més s'ha centrat exclusivament en el procés industrial, i no s'han valorat les línies horitzontals de l'empresa, si bé s'han considerat en els punts on s'ha considerat important.

El projecte és interessant per tal d'aprofitar un residu que l'empresa genera, valoritzant-lo i donant-li sortida. Actualment i per limitacions termodinàmiques, la cogeneració a partir de combustió de biomassa no té un rendiment elèctric elevat i és per aquest motiu que des del punt de vista pràctic no siga habitual trobar empreses que utilitzin aquesta tecnologia. Aquesta enginyeria és molt interessant per tal d'aprofitar la calor produïda per a A.C.S., calefacció i refrigeració, tot i que en el treball no s'haja fet l'estudi detallat del benefici que implicaria (el treball està acotat a l'estudi del procés industrial, com ja s'ha explicat).

El sector renovable espanyol en general i de la biomassa en particular no gaudeixen del seu millor moment pel que fa a les ajudes institucionals. La legislació actual és molt nova i encara està incompleta, ja que falta desenvolupar totalment la Llei 24/2013, de 26 de desembre, del Sector Elèctric, i aplicar d'una banda el Reial Decret 413/2014 de 6 de juny, pel qual es regula l'activitat de producció d'energia elèctrica a partir de fonts d'energia renovables, cogeneració i residus, i també l'Ordre IET/1045/2014, que estableix els paràmetres retributius de les "Instal·lacions Tipus" aplicables a determinades instal·lacions de producció d'energia elèctrica a partir d'aquestes fonts. Així, com ja s'ha comentat en el treball, l'anomenada Reforma Energètica impulsada pel govern poc ha afavorit al sector de les energies renovables, que per la seva inversió, ocupació important en zones rurals, projecció internacional i aposta decidida per l'I+D+i es mereixedor d'un tractament especial i diferenciat (com ho fan altres sectors). En canvi, ha sofert un bombardeig continu de traves jurídiques i mesures fiscals que amenacen amb la seva paralització total tot i que ha sigut un dels sectors econòmics punters al nostre país. El sector de la biomassa encara no s'havia desenvolupat completament, però tot indica que no ho farà, almenys, fins que la situació política i judicial milloren. D'aquesta manera, i en el context actual, és impensable realitzar el projecte de manera real.

Enfront d'aquests canvis normatius ja s'han interposat recursos contenciosos administratius davant el Tribunal Suprem; reclamacions de responsabilitat patrimonial i es podrien interposar també, fins i tot, demandes d'arbitratge a l'empara del Tractat sobre la Carta de l'Energia. La Comissió Europea ha advertit, també, que no es compliran els objectius marcats per la Unió en el sector d'eficiència energètica i renovables. El temps dirà si totes aquestes accions legals prosperen i estan fundades en arguments per a invalidar o almenys modificar tots aquests canvis normatius.

A conseqüència, en part, per tota aquesta inestabilitat i falta d'experiències en el nou funcionament legal el treball ha sofert algunes limitacions en el seu pla econòmic. S'han realitzat, a més, algunes aproximacions generals que s'han d'estudiar amb més detall. Caldria incloure, si fos el cas, els beneficis derivats de les millores proposades i que no afecten exclusivament al procés industrial, com són l'aigua calenta sanitària, calefacció i els efectes en la depuració de les aigües.

CONCLUSIONS

En la memòria, s'ha valorat majoritàriament els beneficis i despeses provocades per la introducció de la cogeneració a la línia industrial, però no s'ha fet de manera exhaustiva les altres mesures proposades per a la millora energètica i ambiental, ja que la majoria d'aquestes no suposaven un cost tecnològic ni econòmic elevat. Si es volgués desenvolupar el projecte, caldria entrar en aquests detalls.

Al preu actual del mercat i enfront els resultats obtinguts, una primera lectura fa pensar que és més factible vendre tota la biomassa generada i no invertir-la en la pròpia empresa, ja que el Període de Retorn de la Inversió igual que els altres indicadors econòmics indiquen que, si bé la instal·lació és rendible, no ho és a curt termini. Però en el context inestable i on cada vegada l'energia és més cara, proveir-se un mateix i no dependre energèticament de tercers (és a dir, ser independent energèticament) pot provocar a mig o llarg termini un avantatge respecte la competència, a més de tots els beneficis ambientals derivats de la regeneració de l'energia consumida i la no contaminació de l'entorn.

8. BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- *Aldomà Peña, G.* (2010). Diseño de una central de biomasa de 1MW ampliable a 2MW. Projecte final de carrera, Universitat Rovira i Virgili.
- ALINE. Alianza por la Investigación y la Innovación Energéticas. Pàgina web: www.alinne.es.
- *Artigues, A; Puy, N; Bartrolí, J; Fàbregas, E* (2014). Comparative Assessment of Internal Standards for Quantitative Analysis of Bio-oil Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry Using Statistical Criteria. *Energy and Fuels Journal*.
- Associació de fabricants de Torró, Derivats y Xocolata de la Comunitat Valenciana. Pàgina web: www.tdc.es
- Best Available Techniques Reference Document in the Food, Drink and Milk. Draft 2. August 2006.
- Bioalmendra: www.bioalmendra.com
- BioDieselSpain. Centro de debate y Marketplace de biocombustibles: www.biodieselspain.com
- BORELL. Máquinas y líneas completas para almendras, avellanas y otros frutos secos: www.jborrell.es
- Buenas prácticas medioambientales en la industria. Conselleria de Medi Ambient. Generalitat Valenciana, 2004.
- Catálogo general FRIMETAL, 2012. Disponible a www.frimetal.es
- *Castro, J; Castro T; Sotomayor C.* Situación Actual y Perspectivas Tecnológicas del Almendro (1998). Colección de extensión, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Universidad de Chile.
- CNTA. Centro Nacional de Tecnología y Seguridad Alimentaria: www.cnta.es
- Cogeneración en la Industria Española de Alimentación y Bebidas. Informe ACOGEN. Octubre 2011.
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (Conuee) de México. <http://www.conuee.gob.mx>
- Diario Expansión. Dades per a tipus d'interès de renda fixa. www.expansion.com
- Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.
- Donor Committee for Enterprise Development (DCED): www.value-chains.org
- El Diario.es: www.eldiario.es
- Energetica XXI: www.energetica21.com
- EQUIREPSA. Tecnología de vacío-vacuum systems: www.equirepsa.com
- Estudio del sector de frutos de cáscara. Coordinadora de Organizaciones de Agricultores y Ganaderos, 2011.

BIBLIOGRAFIA

- Fabregat Perulles Sales. Abogados. www.fabregat-perulles-sales.com
- *Fraille, D.* Gestión eficiente de la Energía. Cogeneración: aspectos tecnológicos. EOI, 2007.
- Fundación Vida Sostenible: www.vidasostenible.org
- Gestió energètica. Apunts de classe. Universitat Politècnica de València i Universitat de València, 2013
- Gold Boutique abogados. Resums, comentaris i interpretacions de normes jurídiques. Pàgina web: goldabogados.com
- *González Gómez-Platero, J; Carreras Arroyo, N.; Cuadros García, S.; Maíllo Sánchez, A.* Módulo III Biomasa. Instituto Tecnológico de la Energía (ITE). València, 2008
- *González Velasco, J.* Energías renovables. Editorial Reverté. Barcelona, 2009.
- Grupo Nova Energia. www.gruponovaenergia.com
- Guía de la Cogeneración. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, 2010.
- Horizon 2020. European Commission: ec.europa.eu/programmes/horizon2020
- Iberdrola. Precios regulados 2014 electricidad y gas
- Industrias Garriga: www.industriasmgarriga.com
- Integrated Pollution Prevention and Control. Draft Reference Document on Best Available Techniques in the FDM Industry. May, 2003
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE):
 - o Biomasa. Industria. Madrid, 2008.
 - o Biomasa. Producción eléctrica y cogeneración. Madrid, 2007.
 - o Energía de la biomasa. Madrid, 2007.
 - o Plan de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020. IDAE. Madrid, 2011.
 - o Plan de Energías Renovables (PER) 2011-2020. IDAE. Madrid, 2011.
 - o Resumen PER 2011-2020. IDAE, 2011.
- Implicación de la Biomasa Residual Industrial como fuente de Energía Renovable (proyecto BIOMER). Informe E-2.2 y E-3.2. Instituto Tecnológico de la Energía (ITE), 2012
- *Lazar, Lund, D.B. i Dietrich, W.* (1971). IQB: A new concept in blanching. Food Tech.
- Ley 16/2002 de 1 de julio sobre prevención y control integrados de la contaminación.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- *Lucas Martínez, A; Villaseñor Camacho, J; Lobato Bajo, J.* Termotecnia bàsica para ingenieros químicos: bases de termodinàmica aplicada. Ediciones de la Universidad de Catilla-La Mancha. Cuenca, 2004.

BIBLIOGRAFIA

- *Lucas Martínez, A; Villaseñor Camacho, J; Lobato Bajo, J.* Termotecnia bàsica para ingenieros químicos: procesos termodinámicos y máquinas. Ediciones de la Universidad de Catilla-La Mancha. Cuenca, 2007.
- Mafrigarlo S.L: www.mafrigarlo.com
- Maseto technologies: www.maseto.com
- Mejores Técnicas Disponibles en la Industria de Elaborados Vegetales. Ainia, 2005
- Ministeri de Indústria, Energia i Turisme. www.minetur.gob.es
- Nature Biomasa. Productos ecológicos: www.naturebiomasa.com
- Observatori de la Biomassa. Pàgina web: observatoribiomassa.forestal.cat
- Preestudios en instalaciones de cogeneración. Jornadas formación AQUALIA, 2014
- Previsió de la Contaminació Industrial. Apunts de classe. Universitat Politècnica de València i Universitat de València, 2013
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Renovetec. Ciclo agua- vapor: www.cicloaguavapor.com
- *Richert W.* Posición de Greenpeace sobre la bioenergía, 2008. Disponible en www.greenpeace.org/espana/es
- *Romero Risalde, F. J.* Central tèmica de biomasa de 5MW de potencia. Proyecto Fin de Carrera. Escuela de Ingenieros Agrónomos, Universidad de Castilla-la Mancha, 2005
- *Rugero, J.* Instalaciones de cogeneración. MWM. Sevilla, junio de 2014.
- *Ruiz Almazán, A.* Diseño de una planta para aprovechamiento tèrmico de la biomasa en la Sierra de Albarracín mediante la tecnología de gasificación. Trabajo final de máster, Universitat de València, 2012.
- *Ruiz de Ojeda, L.M., Peñas F.J.* (2004). Escaldado de vegetales mediante microondas. Aplicación a la judía verde.
- *Sanhotello, M; Orchillés, A. V.* Transmissió de calor. Universitat de València, 2007.
- *Sigalés, B.* Transferencia de calor tècnica. Editorial Reverté. Barcelona, 2003.
- THERMO-COIL. Condensadors remots: www.thermocoil.com
- Transmanut constructeur. Catàlegs de carrosseries i camions per al transport de biomassa: www.transmanut.com
- Turbinas de vapor prediseñadas SIEMENS. Turbinas de vapor compactas para la gama de potencia de hasta 12 megavatios. Disponible a www.siemens.com.
- Universidad de los Andes (Colombia): www.uniandes.edu.co
- *Valentín Botija, S.* Proyecto de una central eléctrica de biomasa. Proyecto fin de carrera, Universidad Carlos III de Madrid, 2011.

BIBLIOGRAFIA

- *Vargas García, Francisco J.; Romero Romero, Miguel A.* (1998) Varietats d'ametller IRTA: "Masbovera", "Glorieta" i "Francolí". Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA).
- *Villares Martín, M.* Cogeneración. Fundación Confemetal, 2003.
- Waste Heat Recovery with Organic Rankine Cycle Technology. Power Generation with the Siemens ORC-Module, 2014. Disponible a www.siemens.com.
- Zhengzhou Thoyu Import & Export Trading CO. LTD. Pàgina web: www.thoyu.co

ANNEX 1: CÀLCUL DEL PES DEL TEGUMENT DE L'AMETLA

CÀLCUL DEL PES DEL TEGUMENT DE L'AMETLA

Per al càlcul del % en pes del tegument del gra d'ametla s'ha procedit, a partir d'una bossa de compra de 200 grams d'ametla al natural amb pell (figura A.1.):

Pes de les ametles amb tegument

Per tal de saber amb exactitud el pes de les ametles aconseguides, s'han pesat 3 vegades i de manera fraccionada amb una balança de precisió 100g/0.0001g com la de la figura A.2.

L'objectiu de fraccionar cada una de les pesades (en 3 fraccions) es degut a que la balança no pesa més enllà dels 100 grams. Així, la suma de les tres fraccions ens donarà el pes total de les ametles.

Aquest procediment es repeteix 3 vegades.



Figura A.1: Ametles utilitzades per al càlcul.
FONT: pròpia



Figura A.2: Balança analítica. **FONT:** Tecnylab

Una vegada fetes les tres mesures, s'ha realitzat la mitjana aritmètica per calcular el pes real de les ametles objecte d'estudi, i s'ha calculat l'error.

Els resultats obtinguts es mostren a la figura A.3, i són:

$$\text{Medició 1} = 73,7877 + 71,3866 + 49,9966 = 195,1709\text{g}$$

$$\text{Medició 2} = 64,6240 + 63,5052 + 67,0339 = 195,1631\text{g}$$

$$\text{Medició 3} = 74,7580 + 51,8366 + 68,5618 = 195,1564\text{g}$$

$$\text{Mitjana aritmètica} = \frac{195,1709 + 195,1631 + 195,1564}{3} = 195,1635 \pm 0,0073 \text{ g}$$

D'aquesta manera, les ametles amb tegument sobre les quals es realitzarà aquest experiment pesen un total de $195,164 \pm 0,007$ grams. L'error associat als càlculs, calculat a partir de la desviació típica, no és significatiu ja que apareix en l'ordre dels mil·ligrams.

CÀLCUL DEL PES DEL TEGUMENT DE L'AMETLA

Pes amb tegument		
Medició 1:	73,7877	g
	71,3866	g
	49,9966	g
Total:	195,1709	g
Medició 2:	64,6240	g
	63,5052	g
	67,0339	g
Total:	195,1631	g
Medició 3:	74,7580	g
	51,8366	g
	68,5618	g
Total:	195,1564	g
Mitjana:	195,1635	g
Desviació típica:	0,0073	g

Figura A.3: Resultats obtinguts per a la mesura de les ametles amb tegument. **FONT:** elaboració pròpia.

Després d'aquesta mesura, s'ha procedit a separar el gra d'ametla del tegument mitjançant un escaldat. Per tal de realitzar-ho, s'ha posat a bullir un recipient suficientment gran per a que càpiguen les ametles amb aigua. Una vegada l'aigua ha arrancat la bullició, s'ha apagat el foc i s'han afegit les ametles amb pell.

Al cap d'uns 30 segons aproximadament s'han extret les ametles, ja hidratades, i s'ha separat el gra del tegument. Per fer-ho, se subjecta l'ametla calenta entre els dits i s'extreu la pell fàcilment.

Una vegada separat (gra i tegument) es disposen en recipients separats i s'introdueixen en una estufa a més de 40°C per tal d'assecar-los. És important que la temperatura no sigui massa elevada per a no cuinar les ametles.

Una vegada seques (1,5 hores, aproximadament), es procedeix a pesar per separat del gra d'ametla i del tegument. Per al pes del gra, se segueix el mateix procés que en l'ametla sencera. És a dir, es pesen 3 vegades els grans i de manera fraccionada. El resultat final vindrà donat per la mitjana aritmètica.

Els resultats obtinguts es mostren en la figura A.4, i són:

$$\text{Medició 1} = 53,1089 + 66,7814 + 69,7686 = 189,5689\text{g}$$

$$\text{Medició 2} = 64,4704 + 68,0367 + 57,0276 = 189,5347\text{g}$$

$$\text{Medició 3} = 65,1081 + 66,1323 + 58,2694 = 189,5098\text{g}$$

$$\text{Mitjana aritmètica} = \frac{189,5689 + 189,5347 + 189,5098}{3} = 189,5678 \pm 0,0799\text{g}$$

CÀLCUL DEL PES DEL TEGUMENT DE L'AMETLA

El pes de l'ametla sense tegument és $189,57 \pm 0,08$ grams. En aquest cas, també, es pot depreciar l'error associat a la mesura, ja que té ordre de centigrams.

Pes sense tegument		
Medició 1:	53,1089 g	Mitjana: 189,5678 g Desviació típica: 0,0799 g
	66,7814 g	
	69,7686 g	
Total:	189,6589 g	
Medició 2:	64,4704 g	
	68,0367 g	
	57,0276 g	
Total:	189,5347 g	
Medició 3:	65,1081 g	
	66,1323 g	
	58,2694 g	
Total:	189,5098 g	

Figura A.4: Resultats obtinguts per a la mesura de les ametles sense tegument. FONT: elaboració pròpia.

Per al pes de la pell d'ametla seca, s'han pesat el total del teguments per triplicat, i s'ha calculat la mitjana aritmètica i l'error a partir de la desviació típica. Els resultats obtinguts es mostren a la figura A.5.

$$\text{Mitjana aritmètica tegument} = \frac{7,2841 + 7,2865 + 7,2942}{3} = 7,2883 \pm 0,0053\text{g}$$

El pes del tegument és de $7,288 \pm 0,005$ grams. L'error associat al càlcul és, de nou, menyspreable ja que és de l'ordre dels mil·ligrams.

Pes tegument		
Medició 1:	7,2841 g	Mitjana: 7,2883 g Desviació típica: 0,0053 g
Medició 2:	7,2865 g	
Medició 3:	7,2942 g	

Figura A.5: Resultats obtinguts per a la mesura del tegument. FONT: elaboració pròpia.

CÀLCUL DEL PES DEL TEGUMENT DE L'AMETLA

Una vegada pesada l'ametla amb pell i per separat, s'ha realitzat una petita comprovació per assegurar-se que no existeix una diferència significativa entre l'inici (ametles amb pell) i després de separar el tegument. Aquesta diferència vindria donada per la humitat del gra.

Per fer-ho, es calcula la diferència entre la suma del gra més la pell, entre les ametles senceres pesades a l'inici, de la següent manera:

$$\text{Diferència de pes} = (189,57 + 7,29) - 195,16 = 1,69\text{g}$$

No es considera significativa la diferència de pes d'1,69 grams. L'error, en aquest cas, no s'ha considerat ja que en tots els casos anteriors era menyspreable.

Per últim, s'ha calculat el tant per cent en pes que representa el tegument respecte l'ametla. Aquest càlcul, per tal de comparar resultats, s'ha calculat a partir de l'ametla amb pell pesada a l'inici, i a partir de l'ametla pelada pesada a continuació. Els resultats es poden apreciar en la figura A.6, i són:

$$\% \text{ pes}_1 (\text{ametla en tegument}) = \frac{\text{Pes tegument}}{\text{Pes ametla sencera}} \times 100 = \frac{7,29}{195,16} \times 100 = 3,73\%$$

$$\% \text{ pes}_2 (\text{ametla sense tegument}) = \frac{\text{Pes tegument}}{(\text{Pes gra} + \text{Pes teg.})} \times 100 = \frac{7,29}{(198,57 + 7,29)} = 3,70\%$$

A partir d'aquests càlculs, es pot afirmar que el tant per cent en pes del tegument respecte l'ametla és d'un 3,7 %.

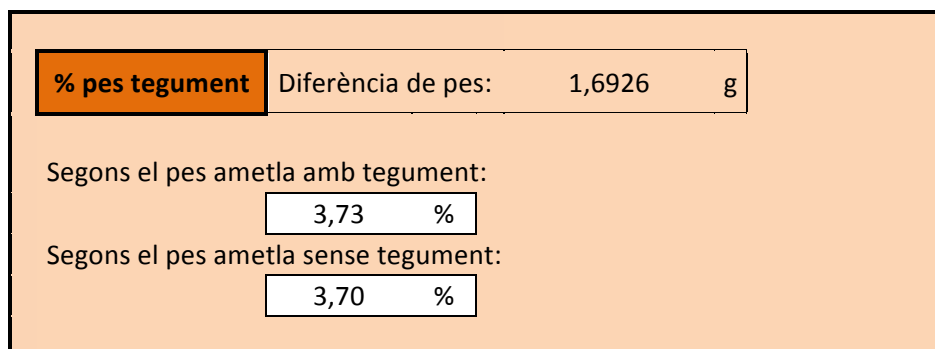


Figura A.6: Resultats obtinguts per a la mesura del % en pes del tegument. **FONT:** elaboració pròpia.

