


Informes i estudis tecnològics encarregats per l'Institut
Català d'Energia

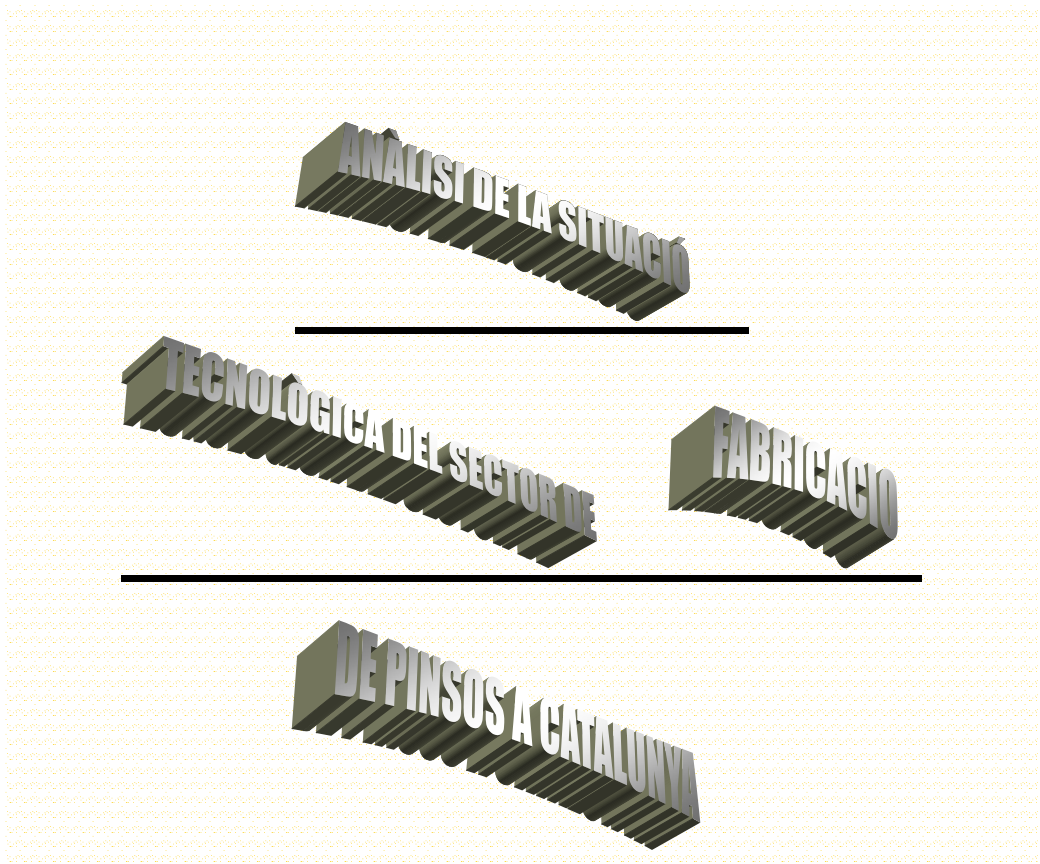


Eficiència energètica en el sector de fabricació de pinsos i Situació a Catalunya

Lorenzo Alvarez i Eduard Hernández

Departament d'Enginyeria
Agroalimentària i Biotecnologia de la
Universitat Politècnica de Catalunya i
Escola Superior d'Agricultura de
Barcelona.

Març 2005



Lorenzo Alvarez del Castillo
Dr. Veterinari

Eduard Hernández Yáñez
Enginyer Agrònom



**Departament d'Enginyeria
Agroalimentària i Biotecnologia**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ANÀLISI DE LA SITUACIÓ TECNOLÒGICA DEL SECTOR DE FABRICACIO DE PINSOS A CATALUNYA

1.- CONSIDERACIONS GENERALS

La indústria de fabricació de pinsos té unes característiques singulars que ajuden a explicar en gran part la seva estructura de costos.

El pinso es un producte basat en gran part en ingredients anomenats “Commodities”. Això implica dificultat en diferenciar els productes per tal d’obtenir una imatge de marca individual. Tot i que existeixen qualitats segons la empresa, el preu final marca les diferències entre fàbriques. A més, normalment els fabricants de pinsos formen part d’estructures més complexes (industrials o cooperatives) i la major part de la seva producció està destinada a la cabana ramadera del mateix conglomerat industrial o de la mateixa Cooperativa, segons diferents models d’integració. Per tant la comercialització basada en la mercadotècnia no te gaire sentit, i per tant els beneficis es busquen amb la millora dels resultats tècnics dels animals (index de conversió) i fonamentalment en la reducció de costos de fabricació. Es molt difícil la creació de valor afegit mitjançant noves tecnologies, disseny, etc...

El cost de producció del pinso està determinat fonamentalment pel preu de les matèries primeres. Degut a les oscil·lacions constants en el preu de les matèries primeres que s’utilitzen en el pinso, les fórmules canvien constantment. La decisió sobre el canvi de fórmula s’obte gràcies a l’utilització de software específic, amb elaboració de fórmules que respectant una composició nutritiva concreta, siguin més econòmiques. La modificació de la fórmula implica canvis en el tractament (molturació i condicionat) del pinso, doncs el comportament de les matèries primeres no es uniforme. De vegades el canvi es tradueix en més inputs energètics, al tractar-se de productes de difícil molturació o granulació. Aquests canvis de condicions de treball no es prenen en consideració en el moment de redissenyar una fórmula.

D’altra banda a casa nostra i en general en Europa, a les fórmules intervenen ingredients tipus subproductes agrícoles o de la indústria alimentària, que requereixen tractaments

específics de molturació i/o granulació. Es relativament freqüent que fins i tot dins de la mateixa empresa, es realitzin fórmules senzilles, amb pocs ingredients i de transformació senzilla, que no justifiquen tractaments enèrgics. Per tant, adequar el tractament a cada fórmula implica un evident estalvi d'energia.

Finalment apuntar que la producció d'un grànul d'alta qualitat física (duresa i durabilitat) té un elevat cost energètic, que no està clar pugui compensar el major rendiment ramader. Avaluar constantment la qualitat física requereix un equip relativament senzill i econòmic, que ha de permetre el seu ajust per tal d'evitar l'excés de consums energètics.

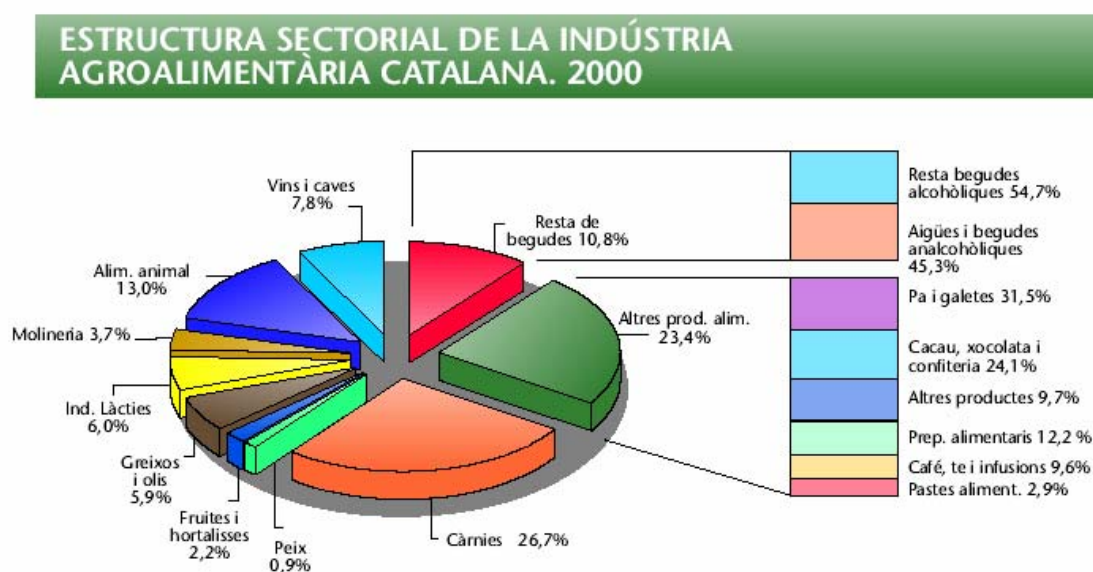
2.- SITUACIÓ DEL SECTOR DINS LA INDÚSTRIA ALIMENTÀRIA

El sector de l'alimentació animal té una important participació en el conjunt agroalimentari català. Aquest sector està molt relacionat amb el sector ramader al que proveeix. Les fàbriques de pinso han permès al ramader perdre la dependència enfront a certs productes pel bestiar que presenten inconvenients degut a la seva estacionalitat, com ara els cereals, les lleguminoses, els farratges o les pastures naturals.

Principals magnituds del sector

Vendes netes

El gràfic mostra l'estructura sectorial de la indústria agroalimentària a Catalunya l'any 2000.



Gràfic : Estructura sectorial de la Indústria agroalimentària a Catalunya , 2000.

Font: Informe anual de la Indústria Agroalimentària, Any 2000 (DARP, 2002).

La indústria de pinsos és el tercer sector amb més vendes netes realitzades (13%) dins el conjunt del sector agroalimentari català, només per darrera de sectors com el de les indústries càrnies (26.7%) o el sector d'altres productes alimentaris (23.0%).

Establiments

El sector de l'alimentació animal es caracteritza per la seva elevada concentració productiva. D'acord amb el DARP (1998) existeix un nombre relativament reduït d'indústries (un 27 % del total d'establiments amb més de 20 ocupats) que produeix la major part del pinso. El 73 % restant són petites empreses amb menys de 20 ocupats amb una reduïda producció. La major part de les empreses orienten la producció a l'alimentació del seu propi bestiar. És el cas de les integradores, empreses dedicades a la cria i engreix que gaudeixen de les seves pròpies instal·lacions productores el que facilita el control de la traçabilitat. També són importants les cooperatives que integren tots els passos de la cadena de producció d'aliments.

Quadre: Evolució de les magnituds de la indústria d'alimentació animal a Catalunya (milers €).

Principals magnituds	2002	2001	02/01 (%)
Ingressos d'explotació	1.606.921	2.003.521	-19,8
Vendes netes de productes	1.236.728	1.515.479	-18,4
Persones ocupades	2.757	3.227	-14,6
Nombre d'establiments	162	171	-5,3
Inversió en actius materials	34.895	35.440	-1,5
Consum de primeres matèries	920.538	1.186.221	-22,6
Despeses de personal	78.493	89.920	-12,7
Valor afegit brut (cost factors) ⁽¹⁾	150.012	201.512	-25,6

⁽¹⁾No descomptat IAE

Font: IDESCAT

Distribució territorial

A Catalunya la producció es localitza a prop de zones amb concentració d'explotacions ramaderes (Osona, Segrià, Plà d'Urgell) o bé es troben en zones pròximes a ports d'entrada (Barcelona i Tarragona) de les matèries primeres, donada la necessitat d'importar gran quantitat de cereal, soja i altres ingredients dels quals som deficitaris.

El quadre mostra la dimensió del sector per Comunitats Autònomes. Catalunya presenta la xifra més elevada a l'Estat, un 20,9 % del total, doblant gairebé les vendes de la Comunitat que ocupa el segon lloc (Castella-Lleó (15.9 %)).

Quadre: Indústria de Alimentació Animal per Comunitats Autònomes

Comunitats Autònomes	Vendes 2002 (milers €)	Vendes 2002 (%/Total)	Vendes 2002/01 (%)	Ocupats 2002 (unitats)	Ocupats 2002 (%Total)	Ocupats 2002/01 (%)
Andalusia	701.689	11,9	92,4	1.744	11,9	49,4
Aragó	581.223	9,8	-0,6	1.113	7,6	4,1
Astúries	79.870	1,4	-20,9	296	2,0	-15,7
Balears	36.694	0,6	-0,5	93	0,6	0,0
Canàries	69.787	1,2	33,7	300	2,0	31,0
Cantàbria	25.134	0,4	-46,0	175	1,2	32,6
Castella-Lleó	939.761	15,9	8,1	2.301	15,7	-9,2
Castella-la Manxa	312.116	5,3	-26,3	1.023	7,0	17,0
Catalunya	1.236.728	20,9	-18,4	2.757	18,8	-14,6
Extremadura	214.841	3,6	17,2	609	4,2	0,3
Galícia	561.300	9,5	-6,8	1.505	10,3	-5,8
Madrid	267.066	4,5	-6,6	977	6,7	4,6
Múrcia	346.339	5,9	10,2	645	4,4	6,6
Navarra	145.556	2,5	-15,5	330	2,3	-30,4
País Basc	71.888	1,2	16,6	225	1,5	3,7
La Rioja	22.663	0,4	0,0	41	0,3	0,0
País Valencià	299.562	5,1	0,0	529	3,6	0,0
Total	5.912.215	100,0	-0,4	14.664	100,0	-0,5

(*) Secret estadístic per ser dades referides a menys de 5 empreses

Font: INE i MAPA

Estructura subsectorial

Quadre: Destí de la producció estimada de pinsos.

Subsector	2002	(%) Total	02/01 (%)
Porcí	3.841.384	56,0	9,0
Aviram	1.566.683	22,8	-2,8
Boví	992.790	14,5	2,7
Conills	167.908	2,4	-10,8
Ovi	83.557	1,2	-37,0
Èquids	25.501	0,4	-3,6
Altres	186.123	2,7	-3,3
Total	6.863.946	100,0	3,3

Font: DARP

Directament relacionada amb la pròpia estructura de la cabana ramadera, ja que no existeix pràcticament comerç intercomunitari. Així, de les quasi 7 milions de Tm produïdes, més de la meitat (3,8) corresponent al porcí, seguit de l'Aviram (1,6) i Boví, fonamentalment vedell d'engreix (1).

Quadre: Principals matèries primeres emprades en la fabricació de pinsos.

Matèria primera utilitzada	2002	% Total	02/01(%)
Cereals	3.477.928	49,7	14,8
Subproductes agrícoles	1.154.507	16,5	14,5
Oleaginoses	925.625	13,2	-7,2
Substitutius del cereal	738.037	10,6	-9,2
Matèries d'origen animal	228.633	3,3	8,7
Altres matèries	213.922	3,1	-0,9
Lleguminoses en gra	125.403	1,8	-53,5
Farratges	89.916	1,3	-15,1
Premescles	27.189	0,4	-13,3
Altres productes	12.848	0,2	6,7
Total	6.994.008	100,0	4,5

Font: DARP

Els cereals són gairabé la meitat de les matèries primeres emprades. Al subgrup de subproductes agrícoles trobem el segò de blat i la polpa de remolatxa com més destacats. En oleaginoses és fonamental l'aportació de la soja com farina (76,3%) o les faves (13,4%), éssent menor l'aportació de gira-sol i colza. Els substituïts de cereals són fonamentalment la mandioca i el gluten de blat de moro que suposen ambdós el 90% del subgrup. Hem de destacar el fet que gran part d'aquest quatre subgrups són importacions entrades pels ports de Tarragona i Barcelona.

Característiques dels establiments

Els trets fonamentals són la heterogeneïtat en quant a dimensions amb tendència al petit tamany. Així un 71 % de les indústries tenen una quarta part dels treballadors, mentre el 30 % dels establiments amb més de 20 treballadors ocupen el 75 % de la mà d'obra (2.100). A la Segarra es concentra un 49 % de la ocupació catalana, centrada en només 5 establiments. Osona és la comoarca amb més establiments (23, seguida de Segrià, Barcelonès i Vallès Oriental.

Destaquen com a grans empreses Cargill Espanya SA (2º estatal); Corporació Alimentària Guissona SA (3ª) i el Grup Vall Companys (4ª). En Petfoods destaquen Affinity PetCare Group; Nestlé Petcare España SA i la Cooperativa Tècnica Agrop.

Estructura de costos

Es disposa de poca informació sobre la proporció que la Energia representa sobre el total del cost de fabricació de pinsos. Segons pla estratègic per a l'estalvi i l'eficiència energètica en el període 2004-2012, aprovat pel consell de ministres el 28 de Novembre del 2003 amb el nom de "Ahorro y Eficiencia Energética 2004-2012 (E4)".

<i>Any</i>	<i>Materies Primeres %</i>	<i>Personal %</i>	<i>Energia i altres aprovisionaments</i>	<i>Amortitzacions</i>	<i>Altres</i>
1995	71,56	5,33	3,33	1,38	18,40
1996	69,47	5,13	2,26	1,38	21,76
1997	70,28	5,15	3,52	1,52	19,52
1998	68,50	5,44	2,68	1,67	21,72
1999	64,94	5,90	3,99	1,79	23,39
2000	67,58	5,47	3,97	1,74	21,24
2001	65,77	5,45	4,44	1,68	22,67

En qualsevol cas la importància relativa no és molta i per tant ha estat un aspecte de la gestió encara no suficientment tractat.

D'acord amb aquest Plà, les fonts d'energia son:

<i>Any</i>	<i>Consum tèrmic (tep)</i>	<i>Consum elèctric (tep)</i>	<i>Consum Total (tep)</i>
1995	41.194	50.275	91.469
1996	41.081	48.715	89.796
1997	41.805	45.840	87.645
1998	43.745	44.315	88.056
1999	49.528	45.368	94.896
2000	52.385	46.384	98.769
2001	58.941	54.871	113.812

La proporció entre consum elèctric i tèrmic es aproximadament del 50 %.

3.- SITUACIÓ TECNOLÒGICA DEL SECTOR A CATALUNYA

La fabricació de pinsos té com objectiu produir aliments pels animals, fonamentalment destinats a les espècies ramaderes (boví, oví, conills, pollastres, porcs i d'altres espècies minoritàries). També es va fent significativa la producció d'aliments per espècies d'oci (gossos i gats) i peixos (aquicultura). És important fer aquesta diferència donat que pels primers, ramaderia, els processos d'elaboració són relativament senzills donant bàsicament dos productes:

- Farina: barreja de diferents ingredients molturats.
- Grànuls: les farines mencionades, sotmeses a un tractament variable de temperatura, pressió, i vapor durant diferents períodes de temps.
- Altres: Flocs, migajas, etc... menys importants

Mentre que pels segons, animals d'oci, la gamma és molt més àmplia (aliments secs, humits, semi-humits) i els tractaments hidrotèrmics molt més enèrgics (extrusió).

La producció de pinsos per aquicultura és molt poc important a Catalunya.

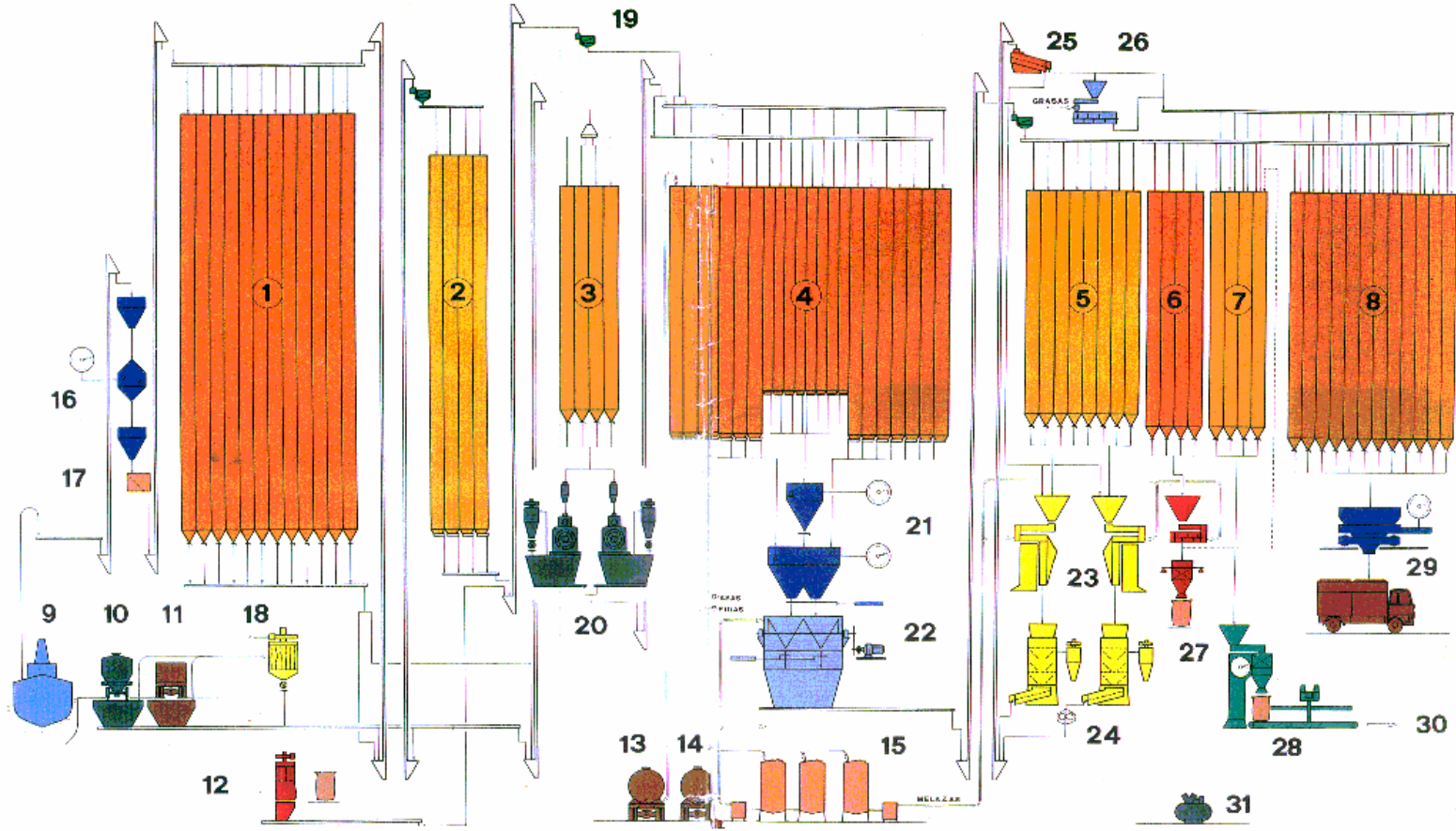
El present estudi es centra en la producció de pinsos per ramaderia.

3.1.- Descripció del procés de fabricació

Segons el diagrama adjunt, els processos a aplicar sobre les matèries primeres fins obtenir el pinso són:

- | | |
|---|--|
| 1 Sitges d'estock de cereals | 15 Tancs stock de greix, melassa i oleïnes |
| 2 Stges d'estock de farines | 16 Sistemes de pesatge continu automàtic |
| 3 Cel·les magatzematge espera molturació | 17 Neteja del cereal |
| 4 Cel·les farines per dosificació | 18 Sistemes d'aspiració de pols en tolves de recepció |
| 5 Cel·les pinso alimentació granuladores | 19 Neteja dels circuits de farines |
| 6 Cel·les pinso melassat | 20 Molins |
| 7 Cel·les pinso per ensacar | 21 Bàscules dosificadores |
| 8 Cel·les pinso a dojo | 22 Grup de barrejes |
| 9-10-11 Recepció de matèries primeres a dojo per diferents sistemes | 23-24 Granulació amb refredadors |
| 12 Recepció de matèries primeres ensacades | 25 Cribes classificadores del grànul |
| 13 Recepció de productes en camions cuba amb elevació automàtica | 26 Addició de greix al grànul |
| 14 Recepció de greix, melassa, etc | 28 Ensacat de farines i grànul |
| 27 Melassat i ensacat | 30 Magatzem producte ensacat |
| 29 Càrrega a dojo de pinso amb pesada per tolva mòvil | 31 Compressor per la instal·lació pneumàtica i accesoris |

PROCESO GENERAL



3.1.1.- Recepció de matèries primeres

Les matèries primeres arriben en camió. Aquest sistema és més car que en ferrocarril o vaixell, medis de transport no desenvolupats al nostre país per fàbriques de pinso.

El cost del transport és fonamental per la rendibilitat, marcant històricament l'emplaçament de moltes indústries per trobar-se ben comunicades amb els principals ports d'entrada de matèries primeres (Barcelona i Tarragona).

La presentació habitual és a granel per cereals i farines. També es reben productes líquids (greixos, melasses, additius, aminoàcids...) i poca quantitat d'envasats (additius sòlids, vitamines, medicaments...).

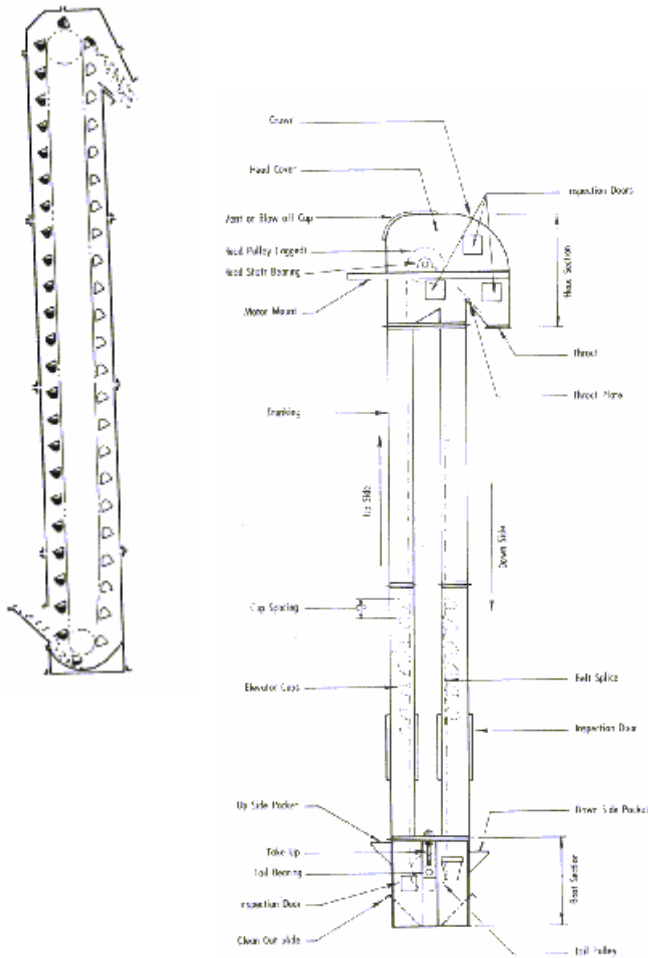
La descàrrega a granel es realitza en una tolva de recepció, normalment enterrada, amb enreixat per eliminar materials estranys. Pot se un cedas vibratori.

El pendent ha de ser major de 60° i al cono es disposa el sistema d'elevació (cangilons, visenfi) amb immans per evitar l'entrada de trossos metàl·lics amb risc d'explosió i fortament agresius amb els equips, fonamentalment granuladora. Altres punts de la fàbrica es dotaran amb immans, fonamentalment l'alimentador dels molins i de la granuladora.

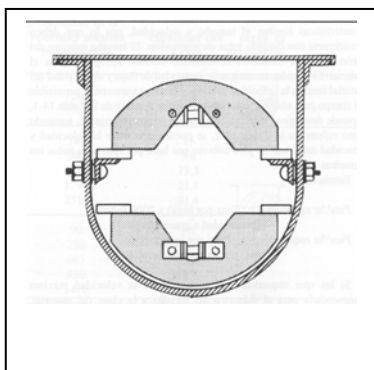
Des de la tolva el material es mou per diferents sistemes (Transportadors horitzontalment i elevadors en vertical) que circulen dins de tuberies, fins arribar a les sitges d'emmagatzematge.

Elevador de catúfols

L'elevador de catúfols és el més emprat per la seva capacitat i eficàcia. Es fa servir per materials secs no aglomerables. Els cangilons metàl·lics o de fibres van sent substituïts per materials plàstics. S'instal·len sistemes de ventilació i/o aspiració-recuperació de pols al braç ascendent així com als capçals de descàrrega i recepció, donat que són punts d'alt risc d'explosió.



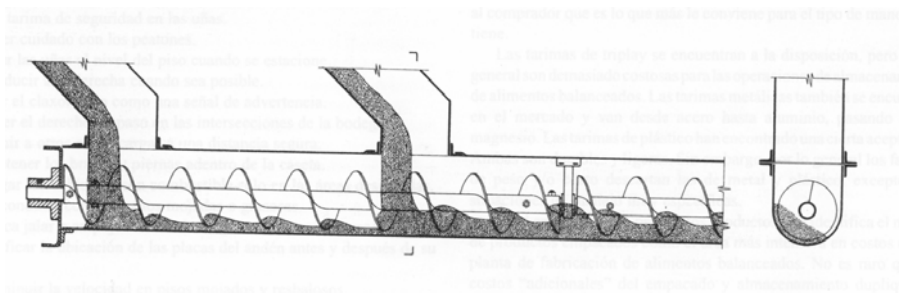
Transportador de cadena



El transportador de cadenes és molt emprat donat les seves qualitats higièniques al no deixar tants residus. Normalment és de paletes unides a una cadena sense fi que és mou en un cos estacionari en U encara que també pot ser fons plà. El material sol ser plàstic. Aquest transportador requereix meny potència pel mateix rendiment horari.

Transportador de rosca bisensfi

El transportador de rosca o bisensfi es el més clàsic. El moviment espiral d'una hèlix transporta el material. Aquest és també el sistema més emprat pels alimentadors de molins, barrejadors, acondicionadors, granuladores. El principal inconvenient és el major risc de residus, però és el de manteniment i cost d'instal.lació més reduït.



Transportador pneumàtic

El transportador – elevador pneumàtic és una solució energèticament molt costosa apte en determinades circumstàncies com ara magatzems amb difícil accés, aireació del gra o recorreguts amb canvis de direcció on no s'adaptenn els anteriors.

Matèries primeres líquides

La recepció de materies primeres líquides es realitza mitjançant la connexió d'una motobomba de fàbrica a la manguera de descàrrega del dipòsit del vehicle o bé amb el propi sistema d'extracció d'aquest. Es disposen filtres per eliminar les impureses. La major part dels líquids han de ser calents pel seu maneig i per tant s'instal.len calefactores per tal de fluidificar-los. També es convenient proporcionar pendent al camió.

L'emmagatzematge de materies líquides es realitza en dipòsits normalment cilindres verticals recoberts amb material anticorrosiu o polièster. Per facilitar-ne la circulació han de disposar de sistemes d'escalfament normalment una camisa o serpentí amb circulació tancada d'aigua calenta, més segur i eficient que les resistències elèctriques.

Per tal de millorar l'eficiència energètica es pot calentar només la zona propera a la boca de sortida.

Els greixos tenen un punt de fusió de 30 °C – 45°C i no convé emmagatzemar-los per sobre de 60 °C encara que per curts períodes puguin arribar a 120 °C , per sobre d'aquest valor hi trobem perill d'inflamació.

Materies primeres sòlides

Tot i que existeixen molts dissenys, la major part dels fabricants a Catalunya han instal·lat sitges quadrades metàl·liques. El disseny de la tolva ha de ser molt acurat per evitar interrupcions del fluxe de buidat i retencions en les parets i toves. Les sitges es poden agrupar en estructures compactes combinant dissenys circulars i quadrats.

A banda de les sitges d'emmagatzematge de materies primeres, de gran capacitat, ens trobem amb sitges de fabricació de petita capacitat per emmagatzemar farines en fluxes diaris, el disseny de les mateixes ha d'evitar les interrupcions que paralitzin el procés de fabricació. També sitges de producte acabat que han d'evitar la segregació de les diferents matèries que componen el pinso quan és en farina.

Entre els factors que condicionen l'emmagatzematge en sitges el més important la humitat: Per controlar-la es signen contractes de garantia de manera que les matèries amb excés d'humitat són rebutgades abans d'entrar a la fàbrica. En cas de cooperatives i altres situacions particulars (compra als productors locals) es pot assecar el grà per tal de mantenir-lo per sota de 15 % mitjançant:

Altres factors a controlar són la temperatura, rotació de l'estoc, presència de matèries extanyes i la qualitat de les matèries primeres.

3.1.2.- Dosificació

Es el procés per pesar les diferents matèries primeres que componen la fórmula del pinso. Els dos sistemes, dosificació en gra o dosificació en pre-molta, definiran l'equipament i dimensions de la fàbrica.

Sistemes de dosificació

En la *dosificació en gra* (sistema pre-mescla) els ingredients es dosifiquen i, tots plegats es molturen. La seva principal avantatge es que requereix menys espai i sitges per emmagatzemar els productes molturats. El principal defecte és el caràcter discontinu de la molturació i el fet de no poder fer grans partides de molturació deslligades del ritme de fabricació per tal d'aprofitar períodes de facturació elèctrica més favorables. És un sistema que es va imposant actualment per aprofitar un gran nombre de matèries primeres que d'aquesta manera no necessiten una sitga duplicada (sitga de matèria primera i sitga una vegada mòlta) i també donat que moltes d'aquestes matèries són coproductes de difícil mòlta en solitari i per tant s'han de moldre conjuntament amb d'altres com ara cereals.

En la *dosificació en farina* (sistema pre-molturació) els ingredients es molturen i emmagatzemen en forma de farina independentment del ritme de fabricació. Al moment de fer un pinso es dosifiquen les farines corresponents.

Enèrgeticament la millora es pot produir si s'instal·len transportadors que condueixen els ingredients que ja estan en forma de farina, per que així s'han adquirit, fins a un recipient de dosificació posterior al molí. D'aquesta manera només es molturen els productes que ho requereixen. També es poden instal·lar cribes que separin el material en farina del que és necessari molturar.

Tipus de bàscula

Normalment són dosificadores de pes en continu i, pels ingredients líquids, dosificació volumètrica en discontinu.

Es pot disposar d'una bàscula per dosificar els productes que no s'han de moldre i una altra pels que sí ho requereixen en la configuració de dosificació en premescla.

Una tercera bàscula, aquesta de precisió, és necessària pels productes que entre a formar part del pinso en una petita proporció (menys del 0,5 %; vitamines, additius, etc...)

3.1.3.- Incorporació de líquids

Els líquids, sobre tot greixos, com a ingredients de la fórmula, es poden incorporar en diferents moments del procés.

A la barrejadora amb boquillas pulveritzadores en “spray”; al condicionador previ a la granuladora; a la matriu de la pròpia granuladora i sobre el grànul mitjançant un “spray” sobre els grànuls circulant per un transportador amb volteig o en un tambor giratori.

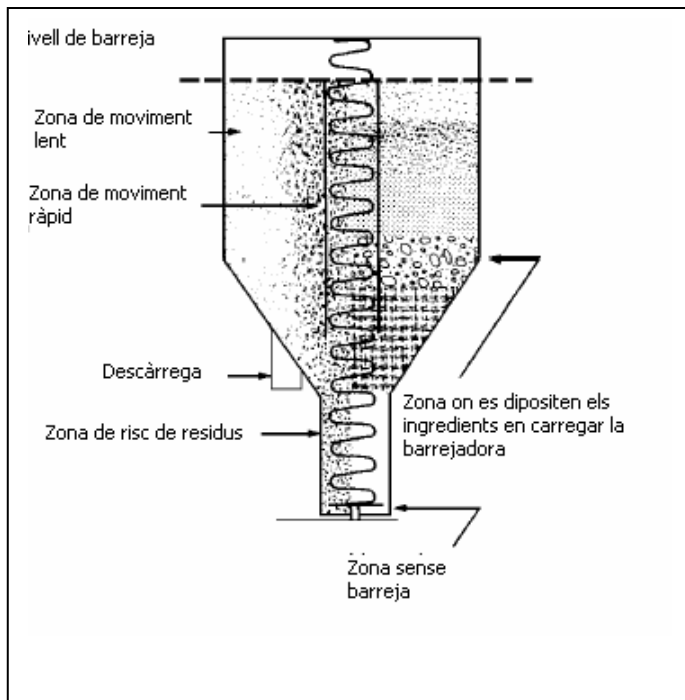
Les melasses s’incorporen amb un equip especial (melassadora) normalment abans del condicionador previ a la granulació.

3.1.4.- Barreja

L’objectiu és produir pinsos on els nutrients i additius estiguin uniformement distribuïts.

Normalment s’instal·la una barrejadora per la fàbrica encara que altres disposicions poden ser dues en paral·lel per disminuir els temps o també una barrejadora de precisió pels productes que intervenen en petita quantitat que són barrejats prèviament amb una part del pinso per millorar-ne la homogeneïtat. És important assenyalar que el ritme de la barrejadora és el que marca el ritme de fabricació, és el veritable coll d’ampolla de la producció.

Barrejadora vertical:

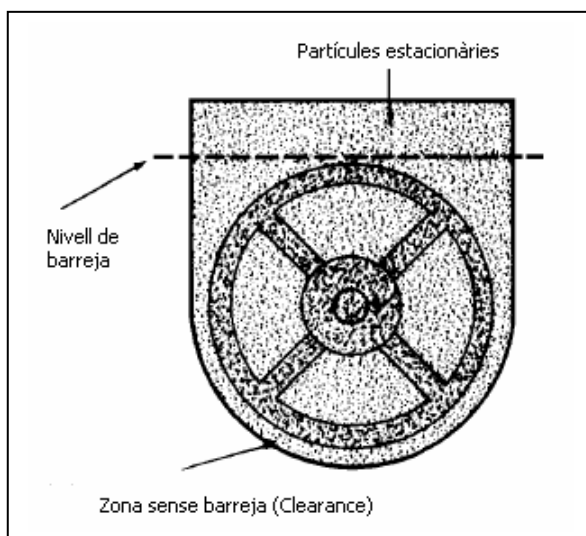


Una hèlix, normalment única encara que pot ser doble connectada a un rotor, que gira a l'interior d'una carcassa. La barreja es dona per elevació i caiguda de les matèries primeres. No es molt extesa degut al llarg temps de barreja, encara que els models actuals l'han escurçat molt.

Barrejadora horitzontal:

Una carcassa de fons en U on diferents estructures (hèlix simples o dobles; pales) connectades a un rotor originen fluxos contraris en la barreja. És el sistema més emprat sobretot per la rapidesa i per permetre elevades addicions de líquids.

Normalment són de fluxe discontinu (per lots) encara que es podria aconseguir un cert estalvi energètic i de temps en cas de barrejadores de flux continu.



El buidat es realitza amb apertura pneumàtica del fons de la barrejadora a una cel·la d'espera sobredimensionada per encabir l'augment de pressió. Mentre es realitza una nova barrejada, aquesta cel·la es buida mitjançant un transportador normalment de vi sense fi.

Altres barrejadores molt poc emprades són les de tambor rotatori, massa lentes

però que presenten consums energètics molt baixos.

3.1.5.- Molturació

És un procés molt intensiu en consum energètic i que té com a objectiu reduir el tamany de partícula dels ingredients de forma que siguin fàcilment digerits i absorbits per l'animal a banda de millorar-ne tecnològicament tant la barreja com la granulació.

En la fabricació de pinsos compostos la operació de molturació o trituració té gran importància, ja que es una de les fases amb major consum energètic, i pel fet que condiona la capacitat i característiques de la producció. Generalment s'utilitzen els molins de martells i també els molins de rodets.

Per a la correcta elecció cal valorar els següents aspectes:

CARACTERÍSTICA	MOLI DE MARTELLS	MOLI DE RODETS
Cost inversió	Baix	Alt
Capacitat	Alta	Mitjana
Flexibilitat	Alta	Baixa
Consum energètic	Alt	Baix
Distribució granulometria	Ample	Estreta
Increment temperatura	Apreciable	Nul
Nivel sonor	Alt	Baix

Les matèries primeres tenen una forta influència tant en la qualitat de la molta com en el rendiment i en el desgast de les peces , la qual cosa afecta indirectament al consum elèctric.

Característiques del producte	Cohesió interna	Humitat	Fibra	Midó	Sílice
Rendiment	+	-	-	+	-
Desgast	=	+	+	-	+

Degut al baix cost d'inversió, elevada capacitat de producció i la seva flexibilitat, el molí de martells, es el que més s'ha extés en la indústria de fabricació de pinsos compostos a casa nostra. En el molí de martells hi ha una sèrie de característiques constructives i de funcionament que tenen influència sobre el rendiment. A la taula adjunta es recullen les més importants.

Característica creixent	Aspiració	Velocitat rpm	Superfícies tamis/cambra	Diàmetre forat (mm)	Distància martell-tamis	% forats tamís	Desgast tamis i martells
Rendiment	PUJA	PUJA	PUJA	PUJA	BAIXA	PUJA	BAIXA
Granulometria mitja	PUJA	BAIXA	PUJA	PUJA	BAIXA	PUJA	BAIXA
Dispersió	BAIXA	PUJA	BAIXA	BAIXA	PUJA	BAIXA	BAIXA

Altres aspectes per millorar el rendiment dels molins de martells podrien ser:

- alimentadors automàtics de velocitat variable, en funció del consum del motor del molí, que garanteixin un aport uniforme de producte
- sensors de temperatura a la entrada i sortida del producte. Un escalfament anormal ($\Delta T > 5^{\circ}\text{C}$) indica mal aprofitament de l'energia mecànica, desgast de martells o avaries degudes a sobreescalfament
- canviar periòdicament (10 h o un cop al dia) el sentit de gir del motor per millorar el desgast de martells i tamís
- matèries amb alts percentatges de greix o fibres, cal molturarles barrejades amb altres matèries de fàcil molturació com ara el blat de moro

Rendiments i consums energètics

S'adjunta taula amb els rendiments (kgs/kWh) que s'obtenen en molins de martells horitzontals, moderns i correctament instal·lats per a cereals amb una humitat del 12 %, segons el diàmetre del tamís (Font: Rosal Instalaciones Agroindustriales S.A)

Ø tamís (mm)	2,5	3	4	5
Blat de moro	100/120	115/140	150/180	175/210
Ordi	65/75	75/85	105/120	

L'Institut Swiss of Feed Technology proposa una sèrie d'expressions matemàtiques per determinar els principals paràmetres en el procés de molturació.

$$\dot{m} = P \cdot \varnothing \cdot JKW = \text{kg/h} \quad m: \text{capacitat molí (kg/h)}$$

$$P = \frac{\dot{m}}{\varnothing \cdot JKW} = \text{kW} \quad P: \text{potència motor (kW)}$$

$$w = \frac{1000}{JKW \cdot \varnothing} = \text{kWh/t} \quad w: \text{consum específic (kWh/t)}$$

$$JKW = \frac{\dot{m}}{P \cdot \varnothing} = \text{factor} \quad JKW: \text{factor de molturació}$$

Ø : diàmetre tamís

Les expressions son vàlides per molturació de matèries individualment (sistema premolturació) i per molins de martells.

Si es molturen les matèries prèviament dosificades (premescla), amb diferents components (n), les expressions que es proposen son les següents :

$$m = \frac{100 \cdot P \cdot \varnothing}{(x_1/JKW_1) + (x_2/JKW_2) + \dots + (x_n/JKW_n)} \quad x_i : \text{percentatge del producte en la barrega}$$

$$P = \frac{M \cdot [(x_1/JKW_1) + (x_2/JKW_2) + \dots + (x_n/JKW_n)]}{100 \cdot \varnothing} \quad JKWi: \text{factor molturació cada producte}$$

Factors de molturació de diferents productes (JKW)

- Blat de moro	55	- Arròs	49
- Ordi	27	- Segó de blat	33
- Civada	14	- Pulpa remolatxa	11
- Mill	55	- Farratge sec	9
- Sorgo	45	- Sal comú	75
- Blat	40	- Soja extractada	70
- Sègol	29		

Per tal de millorar-ne l'eficiència energètica al molí és important :

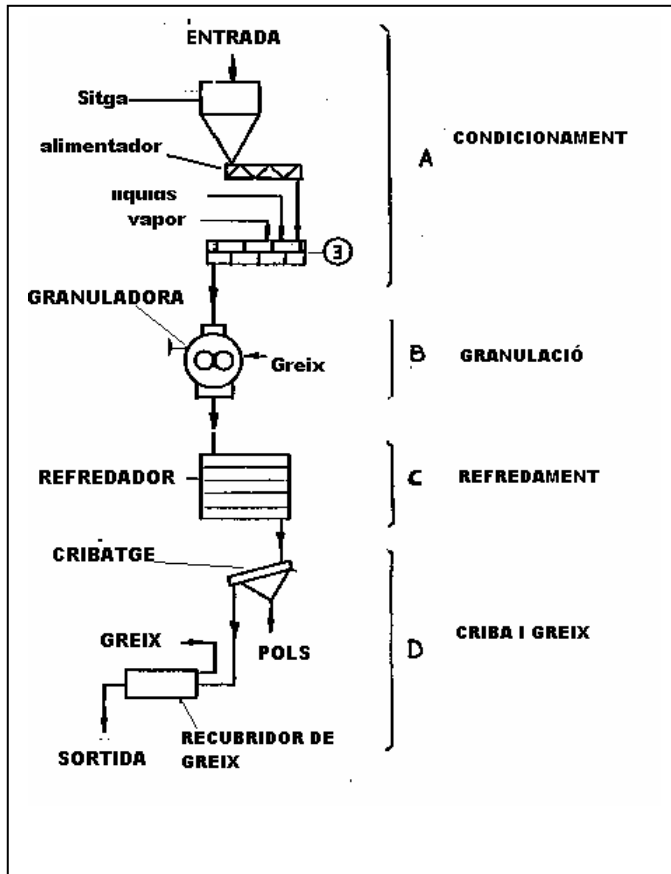
- Plà de manteniment i substitucions de material basat en inspeccions
- Control de la granulometria per tal d'evitar-ne els valors massa baixos que, sense presentar avantatges significatives, augmenten el consum elèctric
- Tenir en consideració el diferent comportament de les matèries primeres en la molturació en cada canvi de la fórmula del pinso.
- Evitar el funcionament buit
- Tamissatge previ o conducció diferenciada pels productes en farina que no s'han de moldre

3.1.6.- Granulació

El pinso molturat en forma de farina i barrejat ja és apte per moltes de les produccions ramaderes. De fet el 40 % de la producció es comercialitza en aquesta forma. Per tal de millorar-ne diferents aspectes qualitius la farina es pot sotmetre a diferents tractaments hidrotèrmics i de pressió entre els quals el més extès és la granulació.

En la granulació intervenen la fricció, la pressió, l'extrusió i la temperatura sobre la matèria sòlida farinosa obtenint-ne un estat d'agregació de la matèria més o menys estable (durable). Al mateix temps es modifiquen les qualitats nutritives del aliment amb especial incidència en la digestibilitat dels midons dels cereals que es veu augmentada sobretot pels animals monogàstrics. També s'aconsegueix un augment de la

higiene així com de l'acceptació del pinso per part de l'animal. El principal desavantatge és la gran quantitat d'energia que requereix aquest procés així com la forta inversió inicial i de manteniment. Tot i això es considera que el 60 % del pinso produït ho és en forma de grànul i sembla que aquesta proporció pot veure's incrementada en el futur.



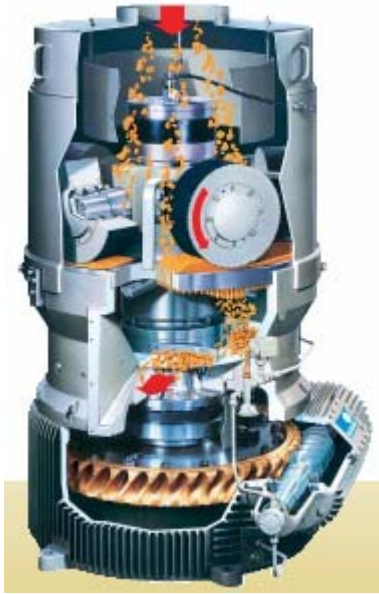
La producció de pinsos europea caracteritzada per l'ús de gran nombre d'ingredients molts d'ells coproductes de la indústria alimentària així com pel continu canvi de les formulacions requereix equips de granulació cada vegada més potents i amb tecnologies més sofisticades – expandir, doble granulació – amb capacitat per processar materials de difícil granulació i amb gran flexibilitat, però a un cost energètic cada cop més alt.

La granulació és un procés triple: condicionament; granulació i post granulació.

a) *Condicionament.* Consisteix en la preparació del pinso pel procés de compressió-extrusió al que es veurà sotmés posteriorment. En aquesta fase es poden afegir líquids i sobre tot vapor d'aigua per obtenir un increment de temperatura. Una possible classificació dels condicionadors podria ser:

- a. *Condicionador standard.* Consisteix en un cos cilíndric, que incorpora un eix amb pales de posició variable per tal de realitzar una bona barreja de vapor i líquids (melassa 4%, greix 3%), amb un temps de retenció de 10-15 s, a temperatura entre 70-80°C
- b. *Condicionadors de llarga durada.* Mateixes característiques que el convencional, amb un temps de retenció entre 40-50 s, millorant el rendiment en granuladora fins el 15 % segons fórmules.

- c. *Condicionador tèrmic.* Variant dels anteriors, amb un temps de retenció al voltant 60 s, a temperatura fins 90°C segons fórmules. El grup motriu va accionat per un variador de freqüència, per tal de controlar la velocitat òptima de treball. Una cambra de vapor, aporta una temperatura addicional a les farines. Es poden assolir increments de rendiments fins el 20 % i una certa reducció de microorganismes.
 - d. *Maduradors.* Condicionador de gran capacitat on la farina i líquids estan en contacte durant uns 20 min, a tª entre 60-70°C, afegint el vapor en el condicionador abans d'entrada a premsa granuladora. Ocupen molt espai i per tant la seva implantació en fàbriques existents és difícil, apart de tenir un cost elevat.
 - e. *Doble granulació.* Es tracta de dues granuladores connectades en sèrie. La primera treballa a baixa compressió i realitza una pre-compressió per entrar en la segona on es realitza la compressió adequada. Com avantatges d'aquest sistema es descriuen les següents: permet major incorporació de líquids en el condicionador; granular pinsos amb alt contingut en fibra; es pot treballar amb matèries primeres més econòmiques. Entre els inconvenients: major inversió i despesa energètica.
 - f. *Expander.* En aquest equip el producte es tractat simultàniament s pressions (20-30 bar) i temperatures (100-130°C) elevades, durant 5 s. Les seves principals avantatges son: eliminació o reducció de contaminació microbiana, permet major incorporació de líquids i finalment incrementa el rendiment de la premsa granuladora. Principals inconvenients: elevat cost inicial i de manteniment; alta despesa energètica
- b) *Granuladora.* Les premses granuladores estan formades per una matriu cilíndrica amb dos o tres rodets interiors. Existeixen diferents models: matriu vertical, matriu horitzontal (plana). Tant la matriu com els rodets poden girar. El funcionament és el següent: el pinso en farina s'introdueix en la zona de compressió, sigui per gravetat, o per dispositiu alimentador. El pinso es obligat a passar a través dels forats de la matriu per la força de compressió dels rodets, de forma que a dins dels forats de la matriu es produeix un fenomen d'extrusió. A la sortida de la matriu, es tallen els grànuls gràcies a unes fulles de tall.



Rendiment de la premsa granuladora

La potència absorvida (P) per una granuladora es funció del rendiment de la matriu, de la força d'extrusió i de l'estat de funcionament del sistema.

Es una expressió del tipus:

$$P = K \cdot Q \cdot F$$

K: constant per a cada equip segons condicions de treball

Q: rendiment matriu

F: força d'extrusió, funció longitud compressió, es a dir del gruix matriu

Granuladora matriu horitzontal

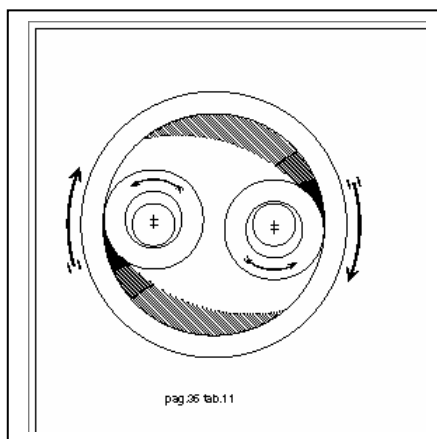
Per un gruix de matriu determinat, el rendiment de la matriu Q s'obté de la següent expressió:

$$Q \text{ (t/h)} = 0,004 \cdot N \cdot G/t$$

N: nombre de canals útils de la matriu
t: temps de trànsit (s)

G: pes d'un grànul de longitud el gruix de la matriu i del mateix diàmetre (g)

Per tant els factors que afecten el rendiment son: nombre de canals de la matriu que depen de la **superfície de treball** i del % de perforació; **temps de trànsit**.



La majoria de models en el mercat ofereixen una relació entre superfície de treball i potència nominal del motor que oscil·la entre 0,15 i 0,30 dm²/kW. La tendència es anar incrementant la superfície cap a valors de 0,35 dm²/kW. En el

Matriu vertical i rodets granuladora

procès d'increment de la superfície de treball, es tendeix en primer lloc a l'increment del diàmetre, que alhora permet un millor repartiment del producte en la superfície i un angle de compressió més petit.

RELACION PRODUCCION SUPERFICIE

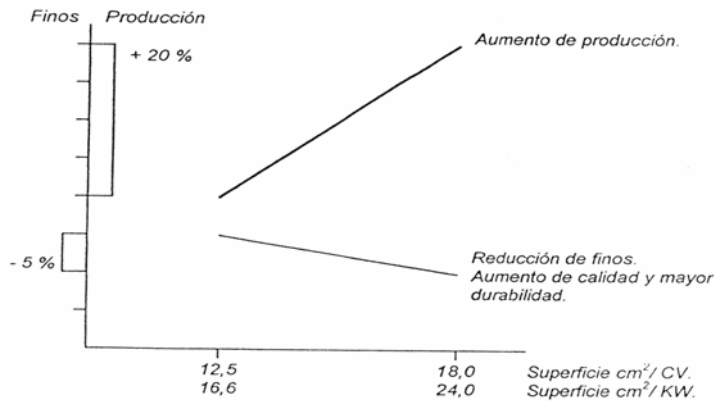


DIAGRAMA 2

Pel que fa al temps de trànsit depen finalment de la velocitat de rotació de la matriu. Les velocitats de gir de matriu de la majoria de premses estàn entre 100 i 400 rpm, amb velocitats linials de 2 a 8 m/s. Quan més alta sigui la temperatura major elevació de temperatura del grànul amb perjudici de la qualitat. Segons la velocitat linial podem establir una classificació en tres productes bàsics a granular:

- pinsos per avicultura amb alts continguts en cereal, que admeten elevades temperatures, velocitats 7-8 m/s
- pinsos per a porcs, conills i vaques amb alts nivells de fibra amb incorporació de melasses i altres líquids, velocitats 6-7 m/s
- productes altament fibrosos, baixa densitat (afals, palla), velocitats 5,5-6 m/s

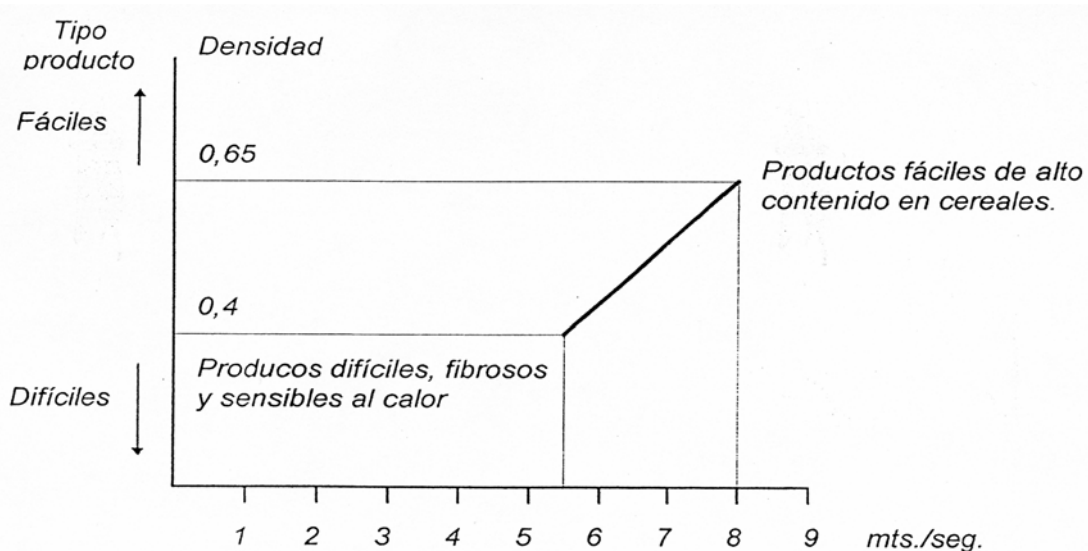


DIAGRAMA 3

El rendiment de la granulació també està influenciat per les condicions de treball de l'equip, entre les quals podem esmentar les següents:

- la granulació amb vapor d'aigua doble el rendiment de la granulació en fred
- ajustament dels rodets (distància rodet-matriu)
- desgast dels rodets
- manteniment de l'equip

Longitud i diàmetre forat matriu. A major longitud forat, major compactació del grànul. Quan més gran sigui el diàmetre del forat menor compactació. Els diàmetres més freqüents dels forats de les matrius son:

- pinso iniciació porcs : 3 mm
- resta pinsos porc, aus i conills : 3,5-4 mm
- pinso remugants: > 4,5 mm

Consum energètic

El consum energètic d'aquest procés està molt influenciat pel tipus de condicionament previ que es realitzi.

• *Energia elèctrica*

En els sistemes de condicionament convencionals i segons el tipus de pinso, el consum específic d'energia elèctrica es en termes generals el següent (Font: Sprout-Matador)

- Pinso per porcs: 6-12 kWh/t
- Pinso avicultura: 6-12 kWh/t
- Pinso vacú: 8-18 kWh/t
- Pinso acuicultura: 10-15 kWh/t

Els sistemes de producció amb doble granulació tenen un sobrecost energètic de aproximadament 6 kWh/t d'energia elèctrica, respecte els sistemes convencionals de simple granulació.

En els expanders el consum d'energia elèctrica es situa entre 8-15 kWh/t.

• *Energia tèrmica*

En el procés de granulació es necessita energia tèrmica en forma de vapor sec (títol 1) a baixa pressió (1-2 kg/cm²). La demanda de vapor de les granuladores depend tant de la quantitat de pinso a fabricar (kgs/h), com del tipus de pinso i temperatures de procés. En general es considera vàlida la següent expressió per al càlcul de la demanda de vapor:

$$Q = \frac{P \bullet Ce \bullet (t_2 - t_1)}{i - t_2}$$

Q: quantitat vapor (kgs/h)

P: producció horària pinso (kgs/h)

Ce: calor específic producte (0,45

kcal/kg°C)

t₂ : temperatura final producte (°C)

t₁ : temperatura inicial farina (°C)

i : entalpia del vapor, de forma general 660 kcal/kg (pressió manomètrica 6 bar)

D'acord amb la expressió anterior, per una producció de 10 t/h de pinso amb una temperatura inicial 10°C i final 80°C, caldrien uns 543 kg vapor/h. Aquest consum de vapor equival a una energia específica de 42 kWh/t.

En una estimació ràpida el consum de vapor serà entre 5-6 % de la producció de pinso granulats.

c) Refredament dels grànuls.

En el procés de refredament dels grànuls hi ha intercanvi de calor sensible i calor latent per evaporació d'aigua del grànul. Es a dir existeix refredament i extracció d'aigua (assecatge). Per tant la capacitat de refredament d'un equip serà funció de:

- temperatura, humitat i dimensió del grànul
- temperatura, humitat i cabal d'aire
- temps de contacte aire-grànul
- velocitat de l'aire

Amb l'assecatge es treu la major part d'aigua afegida en forma de vapor durant la granulació, per tal de millorar les condicions de conservació del producte i deixar la humitat del producte per sota el màxim legalment vigent (màx. 14 %).

Els refredadors utilitzats en la fabricació de pinsos son de tre tipus:

- verticals tipus cascada
- verticals amb fluxe contracorrent
- horitzontals

La tendència es a utilitzar els verticals amb fluxe contracorrent per la seva senzilla i efectivitat, amb estalvis fins el 20% de cabal d'aire enfront els altres sistemes.

3.2.- Tecnologies més utilitzades a les fàbriques de pinso catalanes

(Font: ASFAC Associació Catalana de Fabricants de Pinsos)

A continuació es presenta de forma molt resumida les tecnologies més utilitzades a casa nostra amb els aspectes més rellevants referits al consum d'energia.

Transport de materials:

En el transport intern de material dins la fàbrica, la configuració més freqüent és trobar elevadors de catúfols i transportadors de rosca.

Des del punt de vista energètic la recomanació és pels transportadors de cadenes i en qualsevol cas evitar el funcionament en buit mitjançant detectors de material o de consum que controlin la posta en marxa dels motors.

Sistema de dosificació:

A casa nostra predomina el sistema de *premescla* per qüestions de practicitat, per la manca d'espai disponible per emmagatzemar primeres matèries en una sitja intermitja i finalment per la menor inversió que suposa .

Molturació:

- Tipus de molins: en la majoria dels casos els molins són d'eix horitzontal i de martells. En alguns casos es disposa a més d'una màquina per fer flocs de cereals.
- Aspiració: en la majoria de fàbriques es disposa de mànegues que aspiren els excessos de pols.

Acondicionament previ a la granulació

- Tecnologia: un 20% de les fàbriques disposen equips d'alt consum energètic (expander), la resta segueix la tecnologia habitual (CONDICIONADOR CONVENCIONAL)

Granulació

- Percentatge de pinso granulat: En % sobre pinso elaborat, un 40% del pinso en farina (principalment avicultura, i primeres edats en porci i vacú) i un 60% granulat.
- Tipus de granuladora: la majoria són d'eix horitzontal
- El consum de vapor és aproximadament entre 5-6% de la producció horària de l'establiment. Normalment es genera en calderes de vapor. El combustible més utilitzat fins ara ha estat el gas-oil, tot i que hi ha una clara tendència cap al gas natural.

Post granulació

- Refredament: es realitza majoritàriament mitjançant refredadors en cascada (refredadors verticals).

General:

- Il·luminació. La major demanda per aquest concepte es per enllumenar les zones de procés, magatzems de matèries i productes elaborats i oficines. Predomina la utilització de fluorescents amb reactàncies magnètiques i llums d'incandescència.
- Motors elèctrics. En les fàbriques de pinsos el nombre de motors elèctrics pot arribar a ser important (cap als 200) i de potència molt variada, des d'1 CV fins als 220-270 CV o més, dels molins i premses granuladores. Una pràctica habitual consisteix en sobredimensionar els equips amb la idea que mecànicament treballen millor. Fer treballar els motors molt per sota de les seves condicions nominals redueix la eficiència energètica.
- Tarifes nocturnes: les empreses que ho aprofiten són un percentatge baix, aproximadament el 13% de les fàbriques treballa en torn de nit, però són les empreses més grans, les que fabriquen un tonatge més important, per tant, el percentatge en nombre d'empreses és baix, però en representativitat del sector pot ser rellevant (en quant a proporció de la producció). En algunes fàbriques es moltura

durant la nit i es barreja durant el dia, però aquesta millora va lligada a la capacitat d'emmagatzematge de la mateixa.

- Automatització informatitzada: la majoria d'empreses no tenen automatització total de la planta de fabricació, es podria dir que aproximadament un 30% pot tenir software on la intervenció humana tendeix a zero. En la resta de casos, tot i que existeix un software informàtic, cal el comandament del mateix per part del responsable de fabricació. D'altra banda es força corrent en els establiments de fabricació que hi hagi automatització de certes operacions (principalment la dosificació de matèries) però sense lligam entre elles.

3.3.- Tecnologies d'estalvi energètic aplicables a les fàbriques de pinsos compostos

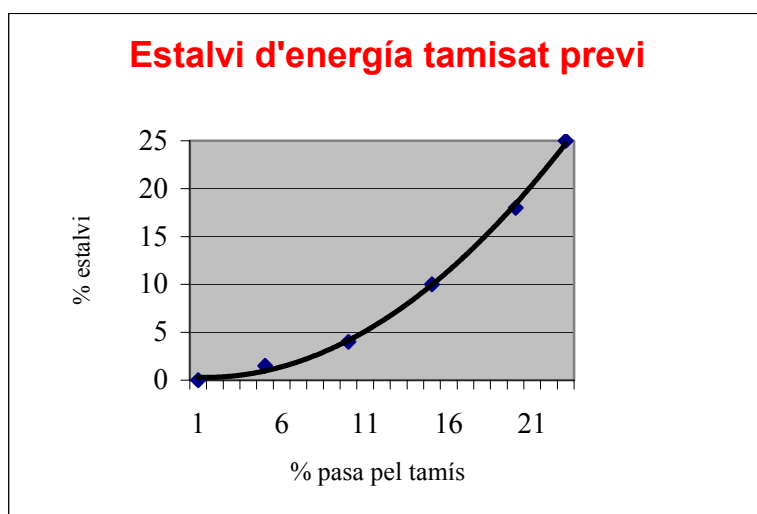
A les fàbriques de pinsos compostos la major part de demanda energètica es produeix en els processos de molturació i granulació. Per aixó les **propostes específiques** que s'indiquen estàn relacionades amb aquests processos.

- Molturació

● **Utilització de molins d'eix vertical.** En els molins d'eix (o rotor) vertical els martells giren paral·lels al pla de recolzament de la màquina, mentre que les partícules triturades surten pel tamis situat als costats i en el fons. El grà pot trobar-se els martells a diferents nivells, i per tant s'aprofita més la superfície del tamis que en un molí horitzontal, amb una menor pèrdua d'energia mecànica. En termes generals, en funció dels tipus de pinso i matèries primeres utilitzades a casa nostra, diàmetre tamis (2,5-4 mm) podem donar els següents valors orientatius:

	Consum específic (kWh/t)
Molí horitzontal	6,5-14
Molí vertical	5,5-12

(Font: Documentació tècnica Buhler, Rosal i Vimax)



● En sistemes de pre-mescla, el **tamisatge previ a la molturació** per evitar que les matèries en forma de farina vagin cap al molí. L'estalvi d'energia es pot estimar en funció del % de matèries que passen pel tamis,

d'acord amb la gràfica que s'adjunta. (Font: Swiss Institute of Feed Technology).

● **Utilització de molins de rodets.** Un dispositiu d'alimentació subministra una quantitat constant i uniforme de material a molturar, i muntats horitzontalment sobre un bastidor rígid hi ha els parells de rodets. Un dels rodets de cada parell manté la seva posició fixe, mentre que l'altre es pot allunyar o acostar al fixe, per tal d'aconseguir la separació adequada. Els rodets giren en sentits oposats, a la mateixa o a diferents velocitats, i la superfície dels rodets pot ser llisa o bé acanalada. Si els rodets giren a la mateixa velocitat la reducció de tamany s'assoleix degut a les forces de compressió. Si giren a diferents velocitats hi ha forces de compressió i cisallament. Algunes dades sobre eficiència i consum específics per a la molturació de **blat de moro**, en funció del tamany promig de partícula, es mostren en la taula que s'adjunta

	Eficiència (kgs/kwh)				Consum específic (kWh/t)			
	Tamany de partícula				Tamany de partícula			
	400 µ	600 µ	700 µ	1000 µ	400 µ	600 µ	700 µ	1000 µ
Molí martells horitzontal	100	150	180	330	10	6,7	5,5	3
Molí de rodets	115	260	325	600	8,7	3,8	3,1	1,7

(Font: "Particle size reduction for animal feeds" 1st part. M. Heimann, Roskamp Champion. Feed Compounder. 1996, vol 16 n° 3.)

- Granulació

● **Control d'humitat de la farina.** La tecnologia de granulació aplicada a la major part de les fàbriques catalanes consisteix en un condicionament amb vapor a elevades temperatures i pressions. L'efecte de l'addició de vapor es doble, per un costat un increment de la temperatura de la farina i per l'altre un augment de la humitat. Ambdós factors contribueixen a la millora de la qualitat del grànul així com de la productivitat. Amb el vapor la humitat es distribueix més uniformement que afegint aigua en el condicionador. Quan el vapor condensa sobre la farina crea una fina pel·lícula d'aigua entre les partícules que facilita l'aglomeració en calent.

Recents estudis mostren que si la humitat s'afegeix en forma d'aigua abans del condicionament amb vapor, l'efecte tèrmic d'aquest es potencia i millora la qualitat física del grànul i el rendiment del procés. Per tant es proposa controlar la humitat de la farina en temps real i afegir la quantitat d'aigua necessària per assolir un 14 % d'humitat a l'entrada del condicionador.

- **Ajustament hidràulic rodets granuladora.** La funció dels rodets de la granuladora és la de comprimir la farina sobre el canal de la matriu. La resistència del material a comprimir així com la seva capacitat d'abració fan que, amb l'ús, es produeixi un desgast de les superfícies tant del rodet com de la matriu. Així mateix també les pressions i les vibracions poden provocar desajustaments en la relació rodet – matriu fent que la força que s'exerceix no sigui vers els canals de la matriu sinó en sentit horitzontal. Tant el desgast del material com les pressions i vibracions produeixen un increment de l'espai rodet-matriu que disminueix l'eficiència del procés i la qualitat del producte.

Per prevenir aquest efecte són necessàries dues accions: programa de manteniment periòdic, que permeti detectar el desgast dels materials i per tant la substitució dels mateixos; d'altra banda és important disposar d'un **sistema d'ajust automàtic i continu de l'interfase rodet – matriu**, equip actualment poc freqüent a les nostres fàbriques.

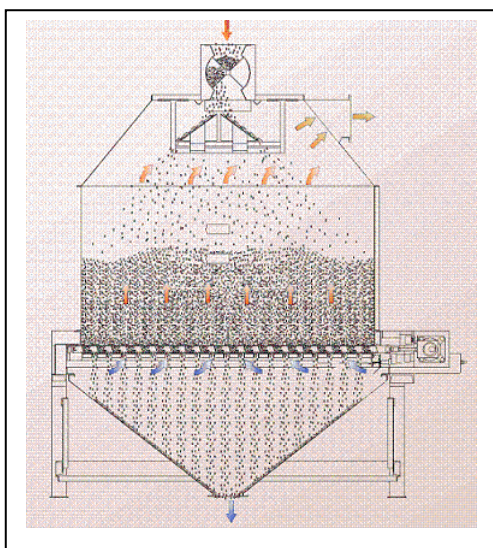
- **Ajustament de les condicions del vapor.** Molts treballs (Briggs, Maier, Watkins, Behnke;1999) han demostrat que la pressió de vapor en el condicionament convencional del pinso no té influència en la qualitat del grànul, degut a que les característiques termodinàmiques del vapor a alta i baixa pressió son molt similars.

Pressió relativa (bar)	Entalpia específica (kJ/kg)
1	2.706,7
6	2.763,5

Es a dir hi ha poc més d'un 2 % de diferència entre una i l'altre.

Per tal d'optimitzar la despesa energètica es recomana utilitzar el vapor a la pressió que permeti assolir les temperatures de condicionament desitjades per la farina i que permeti treure adequadament els condensats. En general es considera adequat per la majoria de pinsos, fer el condicionament convencional amb vapor a pressió entre 1-2 kg/cm². Per aquestes condicions de pressió, es suficient amb generar vapor en caldera a pressió mínima de 6 kgs/cm².

● **Refredament de grànuls a contracorrent.** Rep aquesta denominació el refredador de grànuls en que l'aire ambient circula en direcció contrària al producte a refredar (grànuls). A mesura que l'aire ascendeix a través del producte, s'escalfa, de manera que incrementa la seva capacitat de portar humitat. El grànul que entra per la part superior s'exposa a l'aire més calent, minimitzant el xoc tèrmic. El producte surt del refredador a una temperatura entre 3-6°C per sobre la temperatura ambient. Entre d'altres avantatges



d'aquests equips podem esmentar les següents:

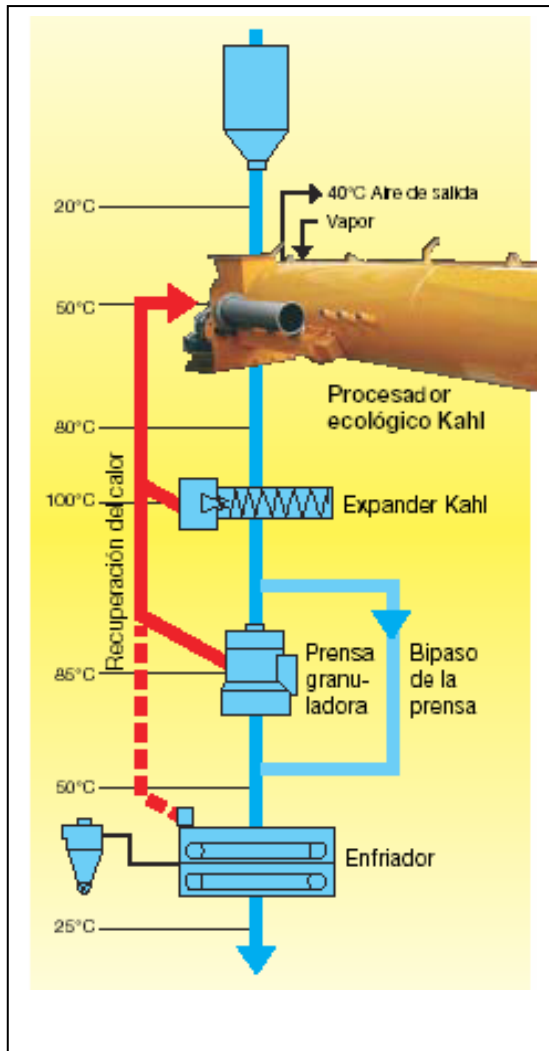
- degut al seu disseny compacte ocupen molt poc espai
- disminució del cabal d'aire fins 20% respecte altres sistemes (refredadors horitzontals i verticals) amb el corresponent estalvi d'energia
- menys despeses de manteniment

● **Control de la qualitat del grànul (duresa i durabilitat).** Sabem que en el condicionament convencional les característiques de les matèries primeres contribueixen en un 40 % a la qualitat del grànul (amb expander previ es calcula un 25 %). Tal i com s'ha assenyalat, les fàbriques catalanes, i en general les europees, canvien constantment les formulacions per tal de captar marge aprofitant les variacions del preu de les matèries primeres. Això condueix a una gran variació de la qualitat física del grànul així com del consum d'energia per part tant del condicionador com de la granuladora.

Al moment de fer un canvi en la fórmula d'ingredients del pinso hem de calcular el factor de qualitat del pinso. En cas que sigui més gran de l'anterior, podem disminuir el consum elèctric per diferents vies: augment de la productivitat horària, disminució temps de residència en el condicionador i en casos extrems fins i tot canvi de la matriu per una més prima, o bé molturació més grollera.

Una vegada fabricat un pinso nou hem de mesurar la qualitat física del grànul (durabilitat) mitjançant la caixa Holmen. Si la qualitat és més gran de la necessària podem fer les operacions d'estalvi energètic assenyalades.

- **Recuperació de calor de l'aire de refredament dels grànuls.** La recuperació de la calor de l'aire de refredament dels grànuls es un procès que permet estalvi de vapor en el condicionament del pinso previ a granulació, ja que l'aire calent de refredament dels



grànuls es pot posar en contacte amb la farina que cal condicionar i elevar la seva temperatura. En els sistemes de condicionament amb expanders s'han desenvolupat equips ("Procesador Ecológico" Amandus Kahl GmbH & Co) que recuperen la calor dels fluxes màsics produïts en diferents llocs segons l'esquema que s'adjunta. Segons el nivell de temperatura es poden assolir estalvis de vapor pel condicionament del pinso que poden arribar fins el 35 % respecte els sistemes convencionals.

Entre les **propostes horitzontals** hi podriem esmentar les següents:

- **Motors elèctrics.** Utilització de motors elèctrics d'alta eficiència, especialment per aplicacions amb transmissions de cadenes o de banda. Es poden generar estalvis d'energia, equivalents al 7 % del consum d'energia elèctrica anual. Cas d'utilitzar motors convencionals, selecció adequada a les necessitats del procés i evitar el sobredimensionat.

En operacions amb necessitats de procés variable, utilitzar reguladors de velocitat amb variadors de freqüència

• **Generació i distribució de vapor:** (Font: “Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012” 2. Subsector. Alimentación, Bebidas y Tabaco. Nov. 2003. Secretaria de Estado de Energía. Ministerio Economía)

- Substitució de combustible caldera per gas natural, més eficient energèticament i respectuós amb el medi ambient. Menys problemes de manteniment dels equips.
- Recuperació de la calor dels gasos de la combustió per aprofitar-ho en altres punts del procés (aigua d'entrada a caldera, neteges, etc...)
- Recuperació de condensats
- Optimització xarxa de vapor (calorifugat)

• **Sistema d'il·luminació de la planta:** Optimització del sistema d'il·luminació (adopció de lluminàries de baix consum, sistemes de control centralitzat de la il·luminació, balastos electrònics...). Les millores en el sistema d'il·luminació poden suposar una reducció d'entre el 25 i el 40% del consum d'electricitat per a il·luminació.

• **Automatització i control de processos.**

Des del punt de vista de la productivitat, a la fàbrica trobem gran nombre de processos de funcionament simultani. Dosificació, molturació, transport, elevació, barreja, condicionament, granulació, refredament, addició de greix. La coordinació entre tots ells és bàsica per evitar, per exemple, equips treballant en buit per períodes llargs de temps, o pel contrari sobrealimentacions que col·lapsin els equips (sobretot la granuladora). També que optimitzin el rendiment en funció de la càrrega de material en cada cas.

Per tal de realitzar ambdues tasques, optimització de paràmetres i coordinació, és necessari comptar amb un sistema informàtic que, tot rebent informació dels diferents equips, la integri i emeti les ordres necessàries en cada cas. Així el procés productiu d'una fàbrica moderna pot ser gestionat per una sola persona, minimitzant tant els costos de personal com els de consum elèctric i maximitzant la productivitat i qualitat final.

L'automatització de la producció presenta altres avantatges com les relatives a la traçabilitat i gestió de la qualitat, d'obligat compliment a l'actualitat.

Els sistemes basats en autòmats programables permeten el control de tots els elements de la planta: recepció, transport, dosificació, molturació, barreja, granulació i distribució

de productes. La comunicació del procés amb l'operadors es fa via PC amb un software tipus "SCADA", que permet modificar paràmetres de procés, introduir i/o modificar fórmules, ordres de fabricació, ordres de recepció de materials, destins de productes fabricats, gestió d'alarmes, manteniment, etc... Amb l'automatització i control de processos en planta es poden assolir estalvis energètics de fins el 20 %.

- ***Utilització de bateries de condensadors:***

Per a la reducció del factor de potència d'una instal·lació o d'aquells elements de consum que generin o consumeixin grans quantitats de potència reactiva.

- ***Canvi en els horaris de treball per aprofitar tarifes nocturnes:***

Aprofitament de les tarifes elèctriques nocturnes que poden arribar a ser d'un 43% inferiors a les tarifes en hores de consum habitual.

3.4.- Valoració de les millores estudiades

De entre les tecnologies més eficients indicades en l'apartat anterior s'han avaluat les següents:

- **Molins d'eix vertical.** En els molins d'eix (o rotor) vertical el grà pot trobar-se els martells a diferents nivells, i per tant s'aprofita més la superfície del tamis que en un molí horitzontal, amb una menor pèrdua d'energia mecànica. Si hi ha més d'un rotor (2 ó 4) la disposició es tal que s'originen zones de tangència entre ells, incrementant així l'efecte dels martells sobre el producte. Tot aixó es tradueix en una major eficiència que els molins horitzontals.

Els rendiments dels molins verticals envers els horitzontals milloren en incrementar-se el tamany de partícula, es a dir per a tamissos més grans. Per tant, en general per tamissos amb diàmetres superiors a 2,5 mm, el rendiment del molí vertical es superior al molí horitzontal. Per a granulometries fines amb Ø tamís inferior a 2,5 mm el rendiment decreix molt i es presenten problemes per excésu escalfament de la farina.

Requereixen poc espai per a la seva ubicació i per tant es poden implantar fàcilment en les línies de producció existents. Degut a un nivell sonor inferior i menor producció de pols que els horitzontals, el seu impacte mediambiental es inferior.

Degut a les seves limitacions de tamany i potència del motor d'accionament, els molins verticals estan més indicats en fàbriques de petita producció.

- **Utilització molins de rodets.** Sota un punt de vista energètic el molí de rodets es presenta com una alternativa molt interessant. La aplicació real està molt condicionada per les característiques de funcionament de cada empresa (tipus de pinso fabricat, número de fórmules, granulometria, etc...). En general serà més favorable en fàbriques amb sistemes de dosificació en pre-molturació (no gaire habitual a Catalunya) amb pocs tipus de pinso i fórmules amb predomini d'ingredients friables (blat de moro, blat, ordi, sorgo, soja) . Malgrat aixó hi han estudis com el de l'IFF (International Research Association of Feed Technology) de 1995 on el molí de rodets supera als molí de martells horitzontal, en la molturació de pinsos de porc i gallines.

En general es més eficient quan més gran sigui el tamany de partícula desitjat. Per als cereals processats en la indústria de pinsos, amb tamany habituals entre 600 i 900 μ el molí de rodets pot assolir rendiments entre 30 i 50 % més favorables (kgs/kWh) que els molins de martells. Per a tamany superiors el rendiment pot arribar fins el 85 %. També pot resultar molt adient el molí de rodets quan sigui necessària una granulometria uniforme.

Entre els aspectes menys favorables podem indicar la seva menor flexibilitat de producció davant els canvis de fórmula, granulometria o productes; les dificultats de molturar materials fibrosos; manteniment més car; i finalment el cost força més elevat que el tradicionals molins de martells.

- **Control grau d'humitat de la farina.** Recents estudis mostren que si en el procés de granulació, la humitat s'afegeix en forma d'aigua abans del condicionament amb vapor, l'efecte tèrmic d'aquest es potencia i millora la qualitat física del grànul i el rendiment del procés. Per tant es proposa controlar la humitat de la farina en temps real i afegir la quantitat d'aigua necessària per assolir un 14 % d'humitat a l'entrada del condicionador. Assolir el nivell òptim d'humitat de la farina en una fase prèvia al condicionament requereix:

- 1.- Mesura on-line del nivell d'humitat
- 2.- Sistema de dosificació i barreja de l'aigua
- 3.- Tècnica que permeti una correcta difusió, homogènia, de l'aigua amb la farina

El control del grau d'humitat de la farina tindrà un resultat més favorable en els pinsos amb alt nivell de midons, com ara els pinsos amb elevats percentatges de cereals per l'engreix de porcs i pollastres.

- **Ajustament hidràulic de rodets de la granuladora.** Un increment en la entrada de pinso a la granuladora, incrementa proporcionalment el gruix de la capa de material que ataca el rodet. Aquesta acumulació de producte provoca que el rodet tendeixi a empènyer el material enlloc de comprimir-ho cap els canals de la matriu. Tot aixó provocarà una devallada del rendiment, incrementant el consum energètic específic. Per tant els canvis sobtats d'alimentació, o bé una distribució deficient del pinso sobre la superfície de la matriu, provoquen canvis en la capa de pinso. La repetició continua d'aquest fet provoca el desplaçament dels rodets lluny de la matriu, amb els

inconvenients esmentats. Es necessari doncs un sistema d'ajust continu i automàtic de la distància rodet-matriu. Un sensor situat en la premsa enregistra la distància rodet-matriu, envia un senyal, que s'analitza, i si és el cas es transmet l'ordre a l'equip hidràulic que comunica moviment a una rosca o femella per ajustar la distància.

En general les distàncies òptimes rodet-matriu son 2 i 2,5 mm per la majoria dels pinsos. A partir d'aquest punt cau la durabilitat, i de forma molt destacada a 4 – 4.8 mm. També es detecta un important augment del consum elèctric per una doble via, per un costat per la major energia necessària per comprimir la capa de pinso de la matriu i per l'altra pel major increment tèrmic de la farina i que haurà de reduir-se al refredar.

Els principals fabricants de granadores ofereixen l'equip d'ajust hidràulic com una opció. Existeix força experiència del seu ús i dades que avalen tant l'estalvi energètic com la millora de qualitat i el menor cost de manteniment per l'augment de vida útil de rodets i matrius.

- **Control qualitat del grànul.** Tal i com s'ha assenyalat, les fàbriques catalanes, i en general les europees, canvien constantment les formulacions per tal de captar marge aprofitant les variacions del preu de les matèries primeres. Això condueix a una gran variació de la qualitat física del grànul així com del consum d'energia per part tant del condicionador com de la granadora.

Per tant es proposa controlar la qualitat física del grànul en fer els canvis de fórmula que permeti l'ajustament necessari evitant sobrequalitats molt cares energèticament. És important intentar fer predicció de la diferència en qualitat i consum energètic per:

- Calcular si l'estalvi en preu de la matèria primera és superior al possible increment de consum energètic
- En cas que la predicció mostri una qualitat superior podem reduir la potència emprada, assolint la mateixa qualitat que abans dels canvis però amb menor consum.

Avaluar constantment la qualitat física del grànul requereix un equip relativament senzill i econòmic, que ha de permetre el seu ajust per tal d'evitar l'excès de consums energètics.

Bibliografía

- Innovations in mixed feed technology. R.R. McElhiney. Technical Information (FE-4 1992 EN) of American Soybean Association.
- Tecnología para la fabricación de Alimentos Balanceados. R.R. McElhiney. American Feed Industry Association Inc. 1994
- III Seminario de Fabricación de Piensos. Escola Superior d'Agricultura de Barcelona. 16-18 de Noviembre 1994
- Tecnología de fabricación de piensos. E. Angulo, F. Puchal. Universitat de Lleida, Universitat Autònoma de Barcelona
- II Jornada Monográfica sobre Fabricación de Piensos. Gestión de Costes. Escola Superior d'Agricultura de Barcelona. 7 de Noviembre 1995
- Apunts del Curs "Tecnologia de Fabricació de Pinsos" organitzat per ASFAC. Set-Oct 2000.
- Tecnología de la Fabricación de Piensos. 2001. Alvarez, L. Escola Superior d'Agricultura de Barcelona. Documentación de la Asignatura.
- Seguridad alimentaria y fabricación de piensos compuestos. Influencia de la tecnología de fabricación y del diseño de fábricas. J. Acedo-Rico González. XVII Curso de Especialización FEDNA. 2001
- Emerging Technologies in Feed Processing. Eastern Nutrition Conference 2001. Dr. K.C. Behnke. Dept. Of Grain Science and Industry. Kansas State University.
- Energy use in the animal feed sector. Energy Consumption Guide 80. UKASTA (United Kingdom Agricultural Supply Trade Association Limited). Energy Efficiency Best Practice Programme. 2001
- Evaluación Inicial de Energía en el Sitio Nutrimientos Mexicanos" Brown, Vence & Associates. 2002

- Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012” 2. Subsector. Alimentación, Bebidas y Tabaco. Nov. 2003. Secretaria de Estado de Energía. Ministerio Economía

Pàgines web

Subministradors de maquinària

<http://www.amandus-kahl-group.de/>

<http://www.andritz.com/>

<http://www.bliss-industries.com/>

<http://www.buhlergroup.com/>

<http://www.cpmroskamp.com/>

<http://www.hcdavis.com/>

<http://romill.cz/>

<http://www.rosal-feedmills.com/>

<http://www.talleresclavijo.com/>

<http://www.vimax-sa.com/>

Organismes, associacions, etc...

<http://www.afia.org/>

<http://www.asa-europe.org/>

<http://www.asfac.org/>

<http://www.cesfac.com>

<http://www.geaps.org/>

<http://www.ngfa.org/>

http://www.thecarbontrust.co.uk/energy/pages/page_183.asp

Universitats, centres de recerca

<http://www.iff-braunschweig.de/>

<http://www.ksu.edu/>

<http://msucares.com/livestock/swine/particle.html>

www.oznet.ksu.edu/grsiext

Publicacions

<http://www.grainnet.com/>

<http://www.wattnet.com/FIN/Home.cfm?PG=3&ST=134317>

<http://www.world-grain.com/>