

# Índex

<b>1 Pròleg.....</b>	<b>4</b>
<b>2 Resum.....</b>	<b>5</b>
<b>3 Objectius.....</b>	<b>6</b>
<b>4 Fonament teòric del procés de fabricació de cartró ondulat a partir de paperot.....</b>	<b>7- 53</b>
4.1 Introducció.....	7
4.2 Desintegració del paperot.....	11
4.2.1 Pulper.....	11
4.2.2 Depurador de pasta espessa.....	14
4.2.3 Depuradors probabilístics .....	16
4.2.4 Despastillador.....	17
4.2.5 Espesseïdor.....	18
4.2.6 Tina de barreja i tina de màquina.....	19
4.3 Additius no fibrosos .....	20
4.3.1 Càrregues.....	20
4.3.2 Altres additius.....	22
4.4 Màquina de paper.....	25
4.4.1 Circuit d'entrada a màquina.....	25
4.4.2 Caixa d'entrada.....	28
4.4.3 Unitat de formació.....	32
4.4.4 Premses .....	38
4.4.5 Assecadors .....	41

PROCÉS DE FABRICACIÓ DE PAPER PER ONDULAR A PARTIR DE PAPEROT (PAPER RECUPERAT)

4.5	Secció d'acabat .....	43
4.5.1	Premsa encoladora.....	43
4.5.2	Llisa.....	44
4.5.3	Pope.....	45
4.6	Fabricació de cartró ondulat.....	46
4.6.1	Introducció.....	46
4.6.2	Paper Liner.....	47
4.6.3	Paper d'ondular.....	48
4.6.4	Característiques del paper d'ondular.....	50
4.7	Tractament d'aigua.....	52
<b>5</b>	<b>Disseny de la Planta Paperera.....</b>	<b>54- 59</b>
5.1	Dimensions de la Planta industrial.....	54
5.2	Oficines.....	56
5.3	Edifici de la màquina de paper.....	58
<b>6</b>	<b>Procés de fabricació.....</b>	<b>60-78</b>
6.1	Zona de preparació de pasta.....	60
6.1.1	Disseny del pulper.....	61
6.1.2	Depurador de pasta espessa.....	63
6.1.3	Depuradors probabilístics.....	64
6.1.4	Despastillador.....	65
6.1.5	Espesseïdor.....	66
6.1.6	Depurador vibrant pla .....	67
6.2	Circuit de cap de màquina.....	68
6.2.1	Depuradors dinàmics.....	69
6.2.1	Depurador probabilístics.....	70

6.3	Zona de màquina.....	71
6.3.1	Caixa d'entrada.....	71
6.3.2	Màquina de paper flutlng.....	72
6.3.3	Secció de premses.....	73
6.3.4	Assecadors.....	74
6.4	Zona d'acabat.....	75
6.4.1	Llisa.....	76
6.4.2	Pope.....	77
6.4.3	Bobinadora.....	78
<b>7</b>	<b>Màquina ondulara.....</b>	<b>79-82</b>
<b>8</b>	<b>Conclusions.....</b>	<b>83</b>
<b>9</b>	<b>Bibliografia.....</b>	<b>84-85</b>
<b>10</b>	<b>Annex.....</b>	<b>86</b>
10.1	Catàleg de màquines.....	87
10.1.1	Pulper.....	88
10.1.2	Depurador dinàmic o de pasta espessa .....	91
10.1.3	Depurador probabilístic .....	94
10.1.4	Despastillador .....	97
10.1.5	Espesseïdor .....	100
10.1.6	Caixa d'entrada .....	102
<b>11</b>	<b>Plànols.....</b>	<b>106</b>
11.1	Plànol 1: diagrama de flux .....	107
11.2	Plànol 2: planta de la fàbrica .....	109
11.3	Plànol 3: esquema d'una màquina ondulara.....	111.

## 1 Pròleg

L'ús de paper recuperat com a matèria prima, permet un important estalvi dels recursos naturals (fusta, energia i aigua) .

A més, el seu procés de fabricació requereix l'ús de menys substàncies químiques que en el cas del paper fabricat a partir de pasta verge.

El desenvolupament de l'ús de les fibres reciclades en la indústria del paper ha augmentat exponencialment en la segona meitat del segle XX, convertint-se en una matèria prima indispensable per al desenvolupament sostenible.

Al fomentar l'ús de fibres secundàries, també s'afavoreix la recuperació de residus i s'evita que milers de tones de residus de paper acabin dipositades en abocadors o incineradores.

## 2 RESUM

El disseny d'aquest procés comporta una sèrie d'etapes necessàries per al tractament del paperot i la fabricació del producte desitjat ( paper per ondular).

La fàbrica on es produeix el paper per ondular es divideix en les diferents seccions: preparació de pastes, secció humida de la màquina de paper, secció seca de la màquina de paper, zona de acabat i zona de tractament d'aigua.

En la zona de preparació de pastes ,es produeix la desintegració del paperot i la neteja dels contaminats que conté .

A continuació, a la zona humida de la màquina de paper, es procedeix a la formació de la fulla i es premsa posteriorment.

En la zona seca, es produeix el secat del paper mitjançant una bateria de assecadors, que proporciona una sequedat al paper de l'ordre del 90-95%.

Un cop surt el paper dels assecadors, passa per la llisa i a continuació, per la pope (on s'enrotlla el paper en forma de bobines).

Les bobines mare que surten de la màquina de paper i són enrotllades a la pope, han de tallar-se en bobines més petites ,segons la mida requerida pel client ( aquesta operació es produeix a la bobinadora).

Un cop formada la bobina, passa per una retractiladora on la bobina s'embala amb plàstic.

A la zona de tractament d'aigües, hi ha una unitat de flotació que permet recuperar les fibres de l'aigua blanca i reutilitzar-les en el procés, així com l'aigua blanca és recirculada cap al pulper.

D'aquesta manera es permet l'aprofitament de l'aigua blanca en el pulper i l'aigua que surt clarificada, s'aprofita en els ruixadors de la màquina de paper.

### **3 OBJECTIUS**

Aquest treball final de carrera, té com a finalitat dissenyar un procés de fabricació de paper per ondular a partir de fibres secundàries, obtenint un paper amb unes propietats adequades per a una posterior fabricació de cartró ondulat .

La fàbrica de paper compta amb una maquinària dissenyada per als processos que comporta el tractament del paper recuperat i que és diferent que en el cas de la pasta verge.

Un altre objectiu del treball final de carrera, és utilitzar en el procés de fabricació ,un circuit d'aigua blanca tancat per a reduir l'aigua fresca introduïda en el sistema.

D'aquesta manera s'aconsegueix un estalvi en els costos de tractament d'efluents i matèries primeres.

## 4 Fonament teòric del procés de fabricació de paper ondulat a partir de paperot

### 4.1 Introducció [1,14]

L'ús de *paperot* o paper recuperat com a matèria prima en la fabricació de cartró ondulat, comporta una sèrie de avantatges, ja que redueix el volum de residus destinats a l'abocador o la incineradora, disminueix la contaminació atmosfèrica i la càrrega contaminant en l'aigua.

Per altra banda, s'aconsegueix un estalvi energètic i d'aigua en el procés de fabricació de paper i es requereix l'ús de menys substàncies químiques que en el paper fabricat a partir de pasta verge.

En la taula següent es mostra una comparativa del consum d'aigua i energia, i la quantitat de residus que es generen a l'utilitzar pasta verge o bé, fibra reciclada.

*Taula 4.1.1 Quadre comparatiu de consums en la fabricació de paper a partir de pasta verge o recuperada [1]*

Per a fabricar una tones de paper	Consum d'aigua (m3)	Consum d'energia (kW· h)	Generació de residus (kg)
Paper de pasta verge o pasta química	15 m3	9.600 kWh	1.500 kg
Paperot	8 m3	3.600 kWh	100 kg

El paper es pot recuperar a través de diferents vies com per exemple, la recollida industrial en empreses, editorials o impremtes, la recollida selectiva a través de contenidors especials i, per mitjà de las recollides especials ,que es fan en oficines i edificis de organismes e institucions públiques, entre d'altres.



Fig. 4.1.1 Recollida selectiva [1]

Per a una eficient utilització del paper recuperat com a matèria prima, es necessari elegir i classificar el paperot en les següents qualitats:

- a) Qualitat baixa (grup A), que inclou papers i cartrons barrejats, retalls de cartró, retalls de cartró ondulat, embalatges de centres comercials, revistes i periòdics barrejats.
- b) Qualitat mitja (grup B), que inclou periòdics, retalls de revistes, retalls de cartronet amb cara blanquejada, i retalls de enquadernacions sense encolar.
- c) Qualitat alta (grup C): que inclou paper d'ordinador, cartronet sense imprimir, retalls de paper blanc i paper per imprimir blanc.

El paper recuperat de baixa qualitat s'utilitza per a fabricar productes d'embalatge i cartrons, com és el cas d'aquest procés.



PROCÉS DE FABRICACIÓ DE PAPER PER ONDULAR A PARTIR DE PAPEROT (PAPER RECUPERAT)

El paperot es pot utilitzar per a produir diferents tipus de paper, tal com es mostra en la següent taula:

*Taula 4.1.2 Utilització del paperot per tipus [14]*

Tipus de paper	% d'utilització de paperot
Ondulat	43%
Periòdic	16%
Barreja	19%
substitut de pasta	15%
Destintat d'alta qualitat	7%

Un cop separada la matèria prima segons el tipus de qualitat, es procedeix a la separació dels contaminants i substàncies no desitjables que estan presents en el paperot i que és precis eliminar.

En la següent taula es mostra els contaminants més comuns que es poden trobar en un sistema de desintegració de paperot i els seus possibles efectes:

*Taula 4.1.3 Efecte dels contaminants del paper recuperat [14]*

Tipus de contaminant	Dificultat en el procés de fabricació
Fibres vegetals i sintètiques	Causen defectes en el producte i trencament del paper
Asfalt	Coagula en el procés de desintegració, s'adhereix a las teles i causa taques negres en el producte
Pel·lícules plàstiques	defectes en el producte
Resines de resistència en humit	No es dispersen en el pulper i causen taques en el producte

PROCÉS DE FABRICACIÓ DE PAPER PER ONDULAR A PARTIR DE PAPEROT (PAPER RECUPERAT)

Els processos que parteixen de paper recuperat o *fibres secundàries* com a matèria prima poden ser de dos tipus:

- a) *Desintegració, neteja i descontaminació*, per a pastes destinades a la fabricació de papers i cartrons d'emalatge, com és el cas d'aquest procés.
- b) *Desintegració, neteja, descontaminació i destintat*, per a pastes destinades a paper premsa, tissú i altres tipus de papers d'impressió .

En el cas d'un paper per ondular o per a capes internes de cartró multicapa no és necessari fer un destintat del paper.

Per tant, en el procés realitzat no és necessari fer un destintat del paper, ni tampoc un blanquejat.

El grau de tractament al que és sotmès el paper recuperat, depèn de la qualitat inicial del paperot i de la qualitat requerida per obtenir el producte final.

## 4.2 Desintegració del paperot [14,22,8,19]

### 4.2.1 Pulper

La primera etapa de tractament del paper recuperat o fibra secundària, es realitza a *la secció de preparació de pastes de la fàbrica de paper*, on es realitza la desintegració de la matèria prima.

Primerament, s'introdueix el paperot en el *pulper* a través d'una cinta transportadora i es tritura al entrar en contacte amb el rotor situat en el fons del pulper.

Les fibres de cel·lulosa es separen, formant una suspensió aquosa amb una consistència que pot oscil·lar entre el 5 i 10% (segons el model de pulper).

En el pulper s'aconsegueix eliminar cordes, draps, plàstics, grapes i altres contaminants presents en la pasta mitjançant l'extractor de trena o *ragger*.

Mitjançant una torre recollidora de rebuig anomenada *junker*, s'eliminen tots els objectes pesats presents en la matèria prima.

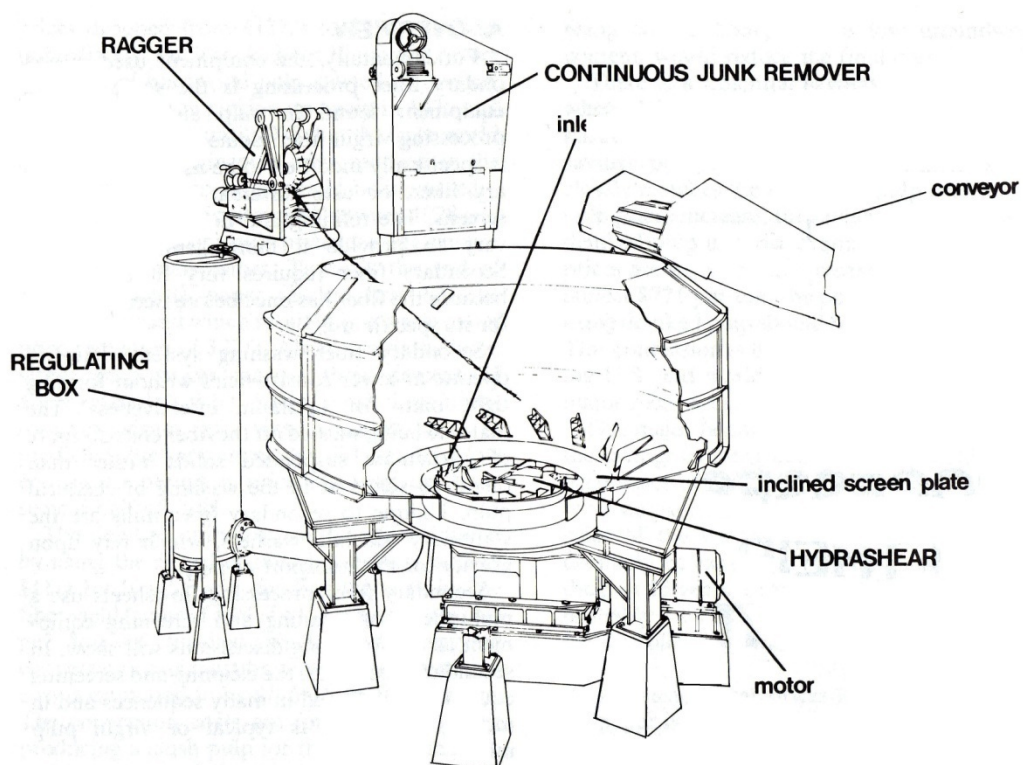


Fig. 4.2.1.1 Pulper en continu amb trena i recollidor de rebuig [ 14 ]

PROCÉS DE FABRICACIÓ DE PAPER PER ONDULAR A PARTIR DE PAPEROT (PAPER RECUPERAT)

En el cas de la fabricació de cartró i derivats, no es sol afegir cap reactiu en la etapa del pulper. Per aquesta raó, en el procés dissenyat no s'afegeixen càrregues en el pulper.

A vegades però, es sol utilitzar NaOH posteriorment a aquesta etapa, per a millorar el rendiment global del procés.

La desintegració de la matèria prima es porta a terme en un pulper que pot ser de dos tipus:

1. Pulper continu de baixa consistència
2. Pulper discontinu d'alta consistència

*Els pulpers de baixa consistència*, treballen generalment entre 3 i 6% de consistència. Poden ser verticals o horitzontals i treballen en continu.

Aquests equips poden incorporar un cicle de neteja, per a eliminar els residus que queden en la reixeta del pulper.

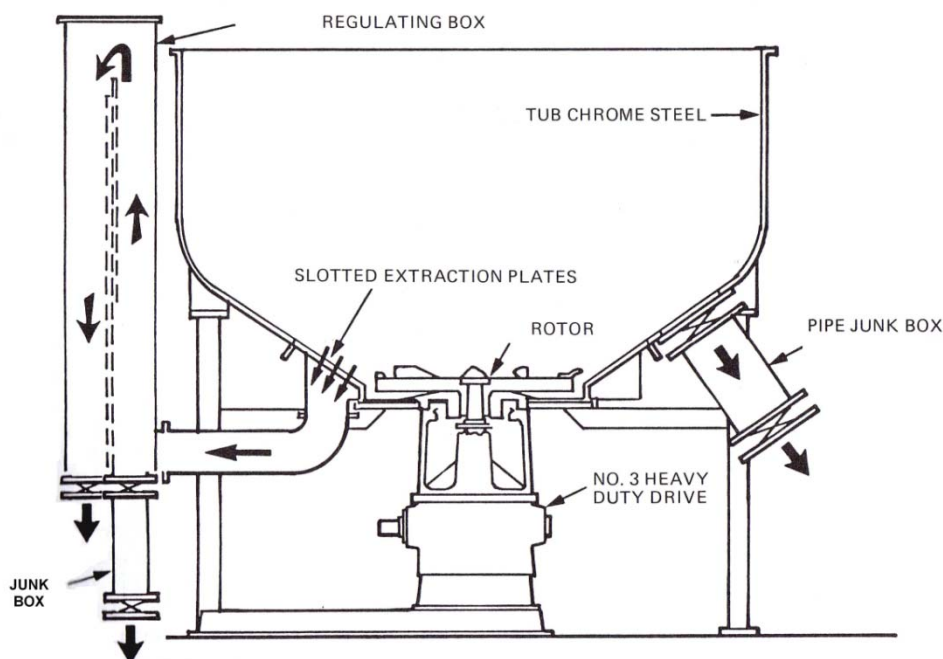


Fig. 4.2.1.2 Pulper continu Black Clawson [22]

PROCÉS DE FABRICACIÓ DE PAPER PER ONDULAR A PARTIR DE PAPEROT (PAPER RECUPERAT)

En canvi, els *pulpers d'alta consistència*, treballen en discontinu i amb una consistència de l'ordre del 5 al 18%.

Aquesta major consistència es important perquè suposa l'estalvi d'aigua i una major concentració dels agents químics usats, que permetrà una millora del seu rendiment.

En aquest cas, s'ha dissenyat un púlper continu de baixa consistència que porta integrat un tanc de rebuig i una trena per eliminar els contaminants presents.

El pulper escollit, treballa amb una consistència del 4.5%, podent treballar a una consistència del 6% màxima.

#### 4.2.2 Depurador de pasta espessa

Un cop desintegrada la matèria prima, passa a través dels forats de la placa d'extracció del pulper cap a un *depurador de pasta espessa* (hidrocicló) , on s'eliminen els contaminants d'alta densitat.

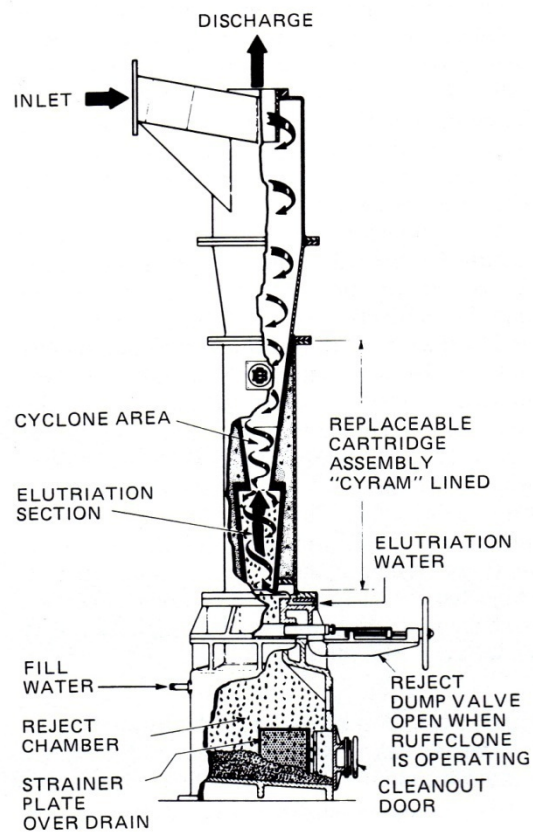


Fig. 4.2.2.1 Hidrocicló (Black Clawson) [14]

PROCÉS DE FABRICACIÓ DE PAPER PER ONDULAR A PARTIR DE PAPEROT (PAPER RECUPERAT)

El disseny escollit de depurador de pasta espessa, permet treballar amb un cabal d'entre 2300 i 3200 l/min.

La consistència a la qual treballa pot variar entre el 2.5 i 4.5 %.

El fabricant és Voith Paper i el model és el 300-115

### 4.2.3 Depuradors probabilístics

A continuació, la pasta passa a través d'un *classificador* o *depurador probabilístic*, on s'eliminen les partícules més voluminoses que queden retingudes en una malla o tamís perforat. Així doncs, permet que passin solament les fibres de pasta més petites.



Fig. 4.2.4 Depurador probabilístic [ 8 ]

El depurador probabilístic o *screener* utilitzat en la fàbrica que s'ha dissenyat, treballa amb una consistència d'entrada del 4 i una consistència de sortida del 4.5%.

El model escollit és el Multiscreen MSS, del fabricant Voith Paper.



#### 4.2.4 Despastillador

El *despastillador* (també anomenat desfibrador), s'usa per completar la separació de las partícules de rebuig del depurador probabilístic.

En el despastillador, es dóna un tractament més enèrgic a la pasta que en el pulper, i permet separar trossos de fibra i flòculs que no han sigut tractats en la desintegració inicial.

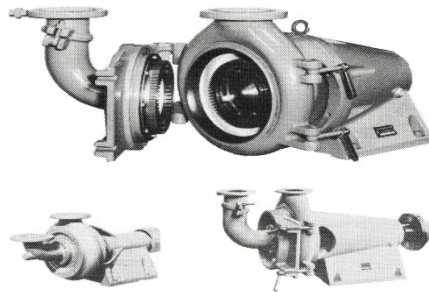


Fig. 4.2.5 Depurador probabilístic [14]

El model escollit és el E1K de Voith Paper i treballa amb un cabal de 1000 l/min. La consistència de treball es troba entre el 3 i 6 %.

#### 4.2.5 Espesseïdor

Un cop la pasta està depurada, s'ha de portar a una baixa consistència per a mantindre la seva eficàcia elevada i això suposa concentrar la pasta mitjançant un *espesseïdor*.

En aquest disseny de procés de fabricació de paper per ondular, compta amb un espesseïdor d'alta consistència amb un filtre de disc, que permet eliminar una gran part d'aigua provinent d'etapes anteriors.

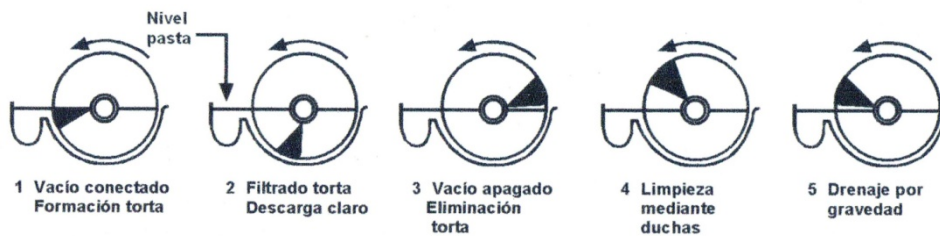


Fig. 4.2.6 espesseïdor amb filtre de discos [ 16 ]

Amb aquest tractament de la pasta, s'aconsegueix una eliminació dels contaminants no separats prèviament i l'aprofitament dels productes químics residuals.

L'aigua resultant d'aquesta operació pot ser reutilitzada en el circuit, tal com s'indica en el diagrama de flux.

El model de espesseïdor escollit, treballa amb una consistència d'entrada del 0.3-3% i una consistència de sortida del 4.5-8 %.

El fabricant és Voith paper .

#### **4.2.6 Tina de barreja i tina de màquina**

A continuació, la pasta es diposita en una *tina de barreja*.

En *la tina de barreja* s'afegeixen els components necessaris per a millorar les propietats del paper.

Els components que s'afegeixen són: càrregues, agents encolants, blanquejants i additius en general.

El nombre de additius anirà relacionat amb el tipus de paper que es vol fabricar.

En aquest procés, s'ha afegit els següents additius:

1. Midó, per augmentar la resistència del paper.
2. Alúmina, com a agent encolant per a augmentar la resistència a la penetració de l'aigua.
3. Caolí, per a millorar les propietats del paper i donar una superfície uniforme i tancada.
4. Floculant, per a millorar la retenció de les càrregues.

Posteriorment, la pasta passarà a *la tina de màquina* abans de la depuració final.

L'aigua que surt de la tina de màquina és enviada als depuradors centrífugues, per mitjà de la bomba de dilució.

La bomba de dilució és la bomba més gran de tot el circuit.

### 4.3 Additius no fibrosos [14,22]

Els additius no fibrosos són uns productes de caràcter inorgànic que entren a formar part del paper en quantitats en ocasions elevades.

*En la tina de barreja s'afegeixen els additius necessaris per a millorar les propietats del paper i una altre part d'additius es dosifiquen en la màquina de paper.*

Els més usats són les *càrregues*.

#### 4.3.1 Càrregues

Les càrregues són partícules minerals blanques i finament dividides, que s'afegeixen a les composicions de fabricació de paper per a millorar les seves propietats físiques i visuals.

Els tipus més comuns de càrregues són:

- a) El caolí
- b) El talc
- c) El carbonat càlcic
- d) El sulfat càlcic

*El caolí* és el producte més usat ja que és econòmic, abundant, estable i proporciona unes bones propietats al paper.

Es tracta de un silicat àcid d'alumini.

Proporciona al paper una superfície molt brillant al calandrar i dona una estructura tancada i uniforme.

*El carbonat càlcic* generalment s'utilitza en el estucat.

S'usa solament en sistemes neutres o alcalins degut a la seva solubilitat a baixos nivells de pH.

PROCÉS DE FABRICACIÓ DE PAPER PER ONDULAR A PARTIR DE PAPEROT (PAPER RECUPERAT)

Proporciona una major opacitat que el caolí i dóna un bon poder cobriment.

La brillantor és inferior a la del caolí i per aquesta raó ,es sol usar per a papers mate.

Generalment és més absorbent que el caolí.

*El diòxid de titani* és el additiu més blanc i el més opac,però també és el que té un major cost.

El *talc* és un silicat de magnesi.

S'utilitza en el estucat i dóna al paper més brillantor.

A més, proporciona al paper un tacte sedós i suau.

#### 4.3.2 Altres additius

Altres additius utilitzats per a millorar les propietats del paper són:

- a) Productes d'encolat
- b) Antiespumants
- c) Microbicides
- d) Floculant
- e) Pigments
- f) Resines RH
- g) Àcids i bases

*Els productes d'encolat* permeten disminuir la permeabilitat de l'aigua, evitant una penetració d'aquesta en el offset, en l'enquadernació d'un llibre ...

L'encolat en mitjà àcid es realitza amb coles de colofònia, producte que procedeix de la fusta de les resinoses.

*La colofònia* pot presentar-se en forma de pols o en líquid i es fàcilment miscible en aigua.

*Els antiespumants* eviten la formació d'escuma que sol produir-se en diferents llocs de la màquina de paper.

*Els microbicides* eviten la formació de colònies de determinats fongs i bacteris que en ocasions poden provocar l'aparició de taques en el paper.

*Els floculants* són productes que s'afegeixen en la fàbrica de paper per a millorar la retenció de les càrregues, quan la fulla de paper es forma en la taula plana. S'han de dosificar en petites quantitats per a evitar problemes en la productivitat de la màquina i en la qualitat del producte final.

*Els pigments i colorants* proporcionen el color desitjat al paper.

*Les resines de resistència en humit* proporcionen un augment de la resistència del paper saturat en aigua.

*Els àcids i les bases* serveixen per controlar el pH.

En la taula següent apareixen les propietats que donen al paper cadascun dels additius:

Taula 4.3.2.1 Funcions dels principals additius [1]

Additius	Aplicació
<p><i>Agents d'encolat:</i> Cola de resina + <math>Al_2(SO_4)_3</math></p>	Resistència a la penetració d'aigua en el paper
<p>Agents de resistència en sec: Midó catiònic, poliacrilamidas</p>	Augmentar la resistència
<p>Resines de resistència en humit: Urea-formaldehid, poliamides</p>	Augmentar la resistència del paper saturat en aigua
Agents colorants i tintes	Produeixen el color desitjat
<p>Agents de control de pitch: Talc, alumini, dispersant</p>	Prevenen la deposició de pitch
<p>Agents de drenatge: PAM, poliamides, midó C</p>	Augmentar el degoteig en la tela de formació
Antiespumants	Reduir la formació d'escuma
Fungicida i biocida	Eviten el creixement de microorganismes

PROCÉS DE FABRICACIÓ DE PAPER PER ONDULAR A PARTIR DE PAPEROT (PAPER RECUPERAT)

En la tina de barreja és el primer punt on s'afegeixen additius i càrregues en el procés descrit.

En altres etapes posteriors, com en la màquina de paper o en la fosa d'aigües colades, també és necessari afegir additius.

*Taula 4.3.2.2 Additius afegits en el procés de fabricació realitzat*

ADDITIUS I CÀRREGUES	PROPIETATS	Lloc on s'afegeix el producte
Midó	Augmentar la resistència del paper	Tina de barreja Màquina de paper
Caolí	Dona una superfície uniforme i tancada al paper	Tina de barreja
Floculant	Millora la retenció de les càrregues	Tina de barreja
Antiespumant	Evita la formació d'escumes en aigües blanques	Fosa d'aigües colades
Alúmina	Augmentar la resistència a la penetració de l'aigua	Tina de barreja
Resines de resistència a l'humitat	Eviten la penetració dels líquids en el paper	Tina de barreja



#### 4.4 Màquina de paper [14,22,1]

##### 4.4.1 Circuit de cap de màquina

Després de la primera part de fabricació de paper denominada *preparació de pastes*, es prossegueix amb una segona etapa coneguda amb el nom de *circuit de cap de màquina*.

Un cop afegits els additius necessaris en la *tina de barreja*, la pasta passa a la *tina de màquina*, on es regula la seva consistència i cabal, abans de passar per una depuració final (prèvia a la *caixa d'entrada*).

És important la medició i regulació de la consistència i el cabal per a dissenyar la mida de les bombes i canonades.

*La consistència* és el contingut de sòlids en funció dels components de la pasta i es mesura en tres punts diferents:

1. Abans de la dilució de la pasta, on la consistència ha de ser de l'ordre del 2 al 4 %.
2. En la caixa d'entrada de la màquina de paper, on la consistència és del 0.1 al 1%.
3. En l'aigua blanca, on la consistència ha de ser menor al 0.5%.

El objectiu de la depuració final de cap de màquina és eliminar les possibles impureses que conté la pasta de paper i, que no han estat eliminades en fases anteriors.

Les impureses poden ser de diversos tipus, però normalment es classifiquen en voluminoses i pesades.

Les impureses més pesades són aquelles que tenen una massa específica superior a la de la pasta i poden eliminar-se amb *els depuradors dinàmics o centrífugues*. Les partícules més pesades surten pel extrem inferior obert.

PROCÉS DE FABRICACIÓ DE PAPER PER ONDULAR A PARTIR DE PAPEROT (PAPER RECUPERAT)

Acostumen a instal·lar-se els depuradors dinàmics en cascada de tres fases. És important que aquests depuradors treballin amb les pressions d'entrada i sortida adequades, ja que en cas contrari, poden obtenir una menor eficàcia.

Les impureses més voluminoses són eliminades en *els depuradors probabilístics*. Aquestes partícules queden retingudes en el tamís perforat.

El cor del circuit de cap d'entrada és la *bomba de dilució*, que serveix per a barrejar la pasta amb aigües blanques i enviar la barreja a la caixa d'entrada. La bomba de dilució és la major bomba del sistema de la màquina de paper. El cabal i la pressió han de ser estables. Normalment s'usa una única bomba de dilució. Ocasionalment s'usa però, una disposició amb dues bombes de dilució en sèrie.

En la següent figura, es mostra un circuit d'entrada a màquina, en el qual s'utilitza una caixa de nivell constant per regular el cabal de sortida de la tina de màquina.

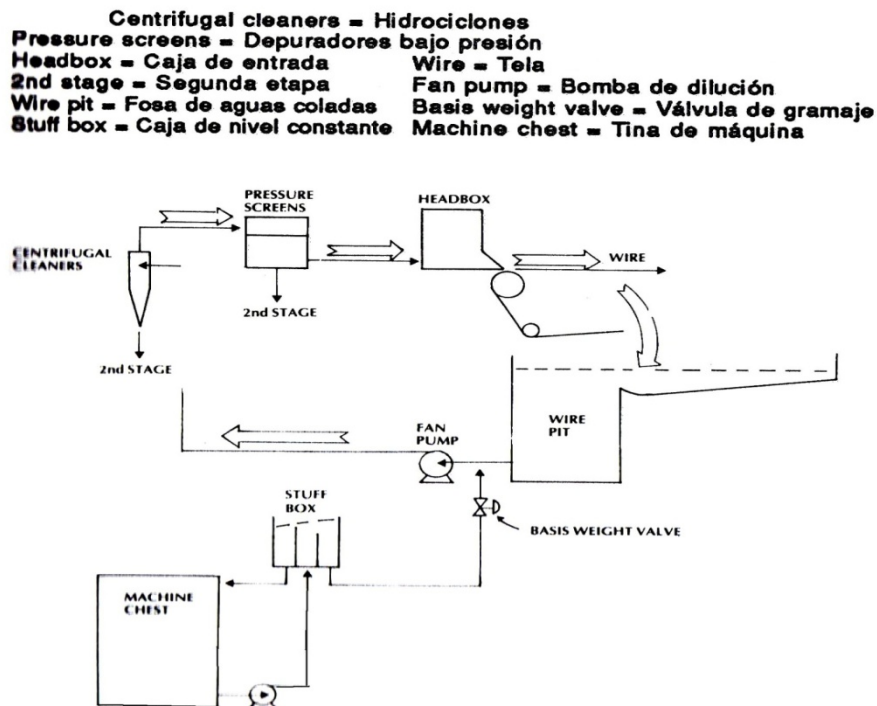


Fig. 4.4.1.1 circuit de cap d'entrada a màquina [ 14 ]

PROCÉS DE FABRICACIÓ DE PAPER PER ONDULAR A PARTIR DE PAPEROT (PAPER RECUPERAT)

El *circuit de cap de màquina* va des de la tina de màquina fins el llavi de caixa d'entrada.

Ocasionalment, pot ser considerats part del circuit de cap de màquina, algunes tines de magatzematge i algun refinador.

#### 4.4.2. Caixa d'entrada [14,22]

La funció de la caixa d'entrada és agafar la pasta de paper subministrada per la bomba de diluïció i transforma el flux que circula per la canonada en un flux uniforme, rectangular del mateix ample que la màquina de paper i amb una velocitat uniforme en direcció a màquina.

Las caixes d'entrada poden ser classificades en dos categories, que depenen de la velocitat del subministrament de pasta necessari en la tela per afavorir la formació del paper.

Aquests dos tipus son:

- a) Caixa d'entrada oberta
- b) Caixa d'entrada pressuritzada

**Adjustable baffle = Deflector ajustable**  
**Pivot point = Punto de giro**  
**Stock inlet channel = Canal de entrada de la pulpa**  
**Perforated roll = Rodillo perforado**  
**Slice = Labio**  
**Breast roll = Rodillo cabecero**

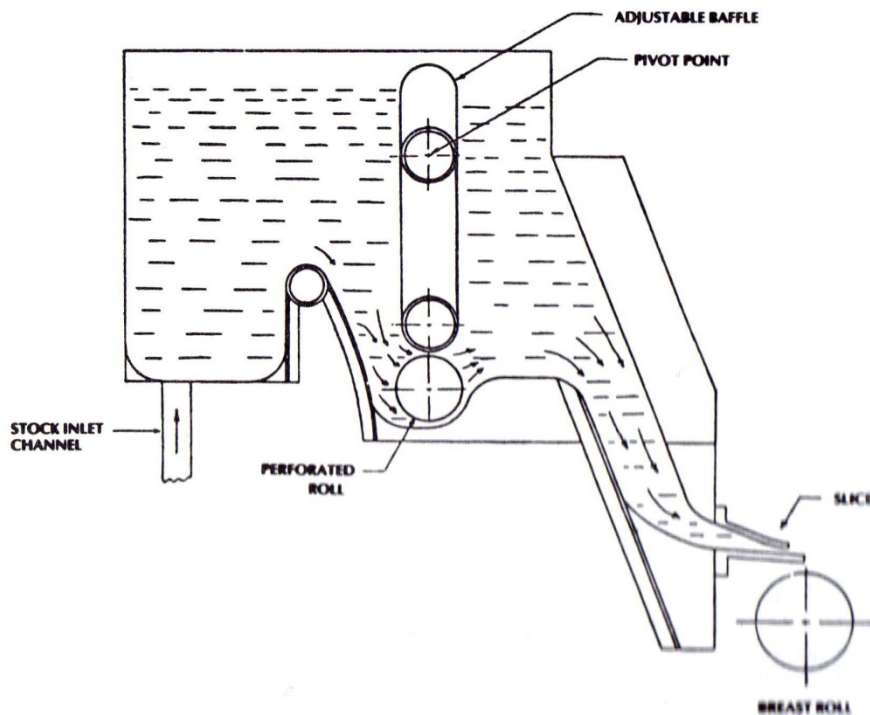
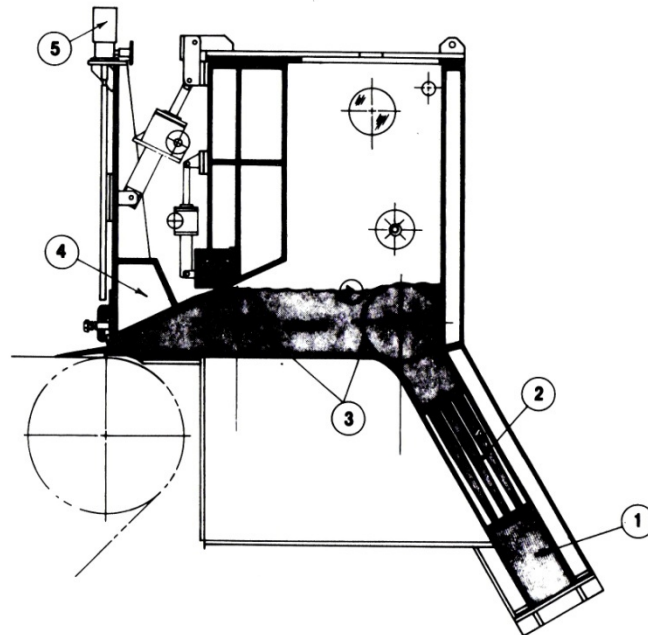


Fig. 4.4.2.1 Caixa d'entrada oberta [ 14 ]

Hi ha dos tipus de caixes pressuritzades: la caixa d'entrada amb llit d'aire i regulació del nivell de líquid i la més recent, la caixa hidràulica completament plena de líquid.



**Caja de entrada con colchón de aire, mostrando (1) repartidor rectangular, (2) laterales perfilados, (3) rodillos igualadores de velocidad, (4) configuración del labio, y (5) ajuste del perfil del labio (LG Industries Ltd.).**

*Fig. 4.4.2.2 Caixa d'entrada amb llit d'aire [ 14 ]*

Les principals variables de funcionament de la caixa d'entrada són la consistència i la temperatura de la pasta i la relació de velocitat entre el raig i la tela.

La consistència es regula obrint o tancant *el llavi de la caixa d'entrada*.

*El llavi de la caixa d'entrada* és un orifici rectangular amb una obertura a tot lo ample que pot ajustar-se per obtenir el cabal desitjat.

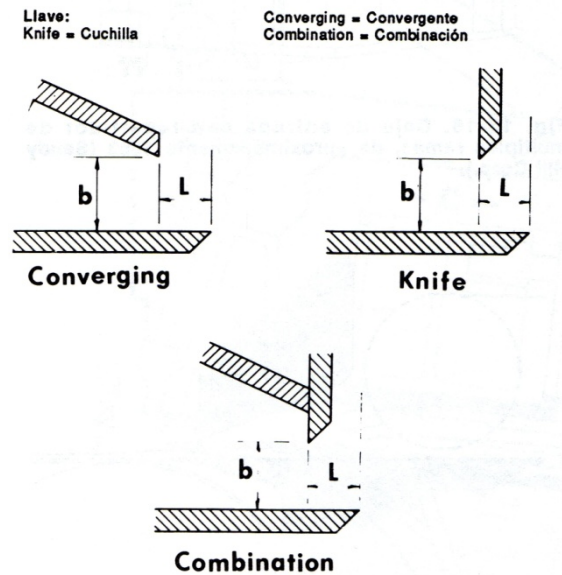


Fig. 4.4.2.3 Diferents dissenys de llavis de caixa d'entrada [ 14 ]

PROCÉS DE FABRICACIÓ DE PAPER PER ONDULAR A PARTIR DE PAPEROT (PAPER RECUPERAT)

El tipus de caixa d'entrada escollit compleix les següents característiques:

Tipus: caixa d'entrada amb llit d'aire.

La caixa d'entrada escollida en el procés té les següents mides: 2000 x 1000 mm.

L'amplada de sortida del llavi és de 2800mm i treballa a una velocitat tendre 200 i 600 m/min.

El rang de gramatge és de 30 fins a 140 g/m<sup>2</sup>.

El cabal de treball es troba entre els 9500 i 21000 l/min

La producció pot variar entre els 50 i 102 tn/d

El fabricant és Voith Paper.

#### 4.4.3 Unitat de formació

La formació del full de paper consisteix en un procés de filtració.

La suspensió fibrosa procedent de la caixa d'entrada, es diposita sobre *la tela de formació* de la màquina de paper.

La tela de formació és una tela teixida per un filament metàl·lic o sintètic que actua com a filtre i pot arribar a mesurar fins a 10 metres d'amplada i 35 metres de llarg.

Sota la tela hi ha distints elements que afavoreixen el drenatge, que s'anomenen *cilindres degotadors*.

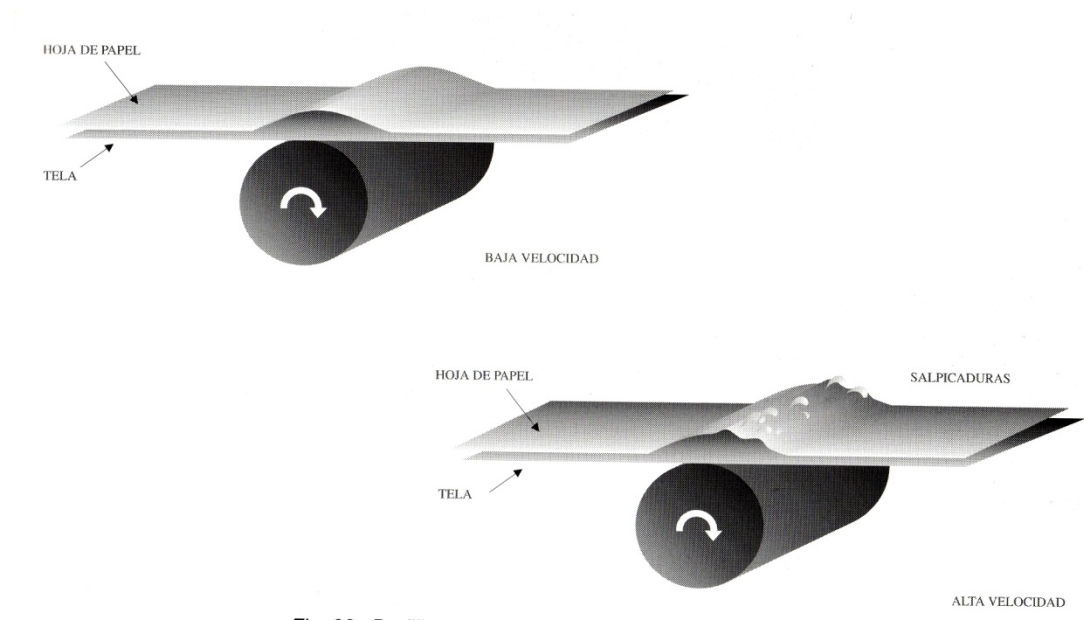


Fig. 4.4.3.1 Cilindre degotador [ 22 ]



La tela es desplaça entre dos grans cilindres, el *cilindre de capçal* i el *cilindre aspirant*.

El *cilindre de capçal*, és massís i serveix bàsicament per a aguantar la tela en las taules planes convencional.

El *cilindre aspirant* és buit i està format per una camisa perforada que conté una o dues caixes aspirants d'alta buit per eliminar l'aigua de la fulla.

Els diferents elements degotadors situats entre el cilindre de capçal i el cilindre aspirant serveixen per a aguantar la tela i eliminar l'aigua.

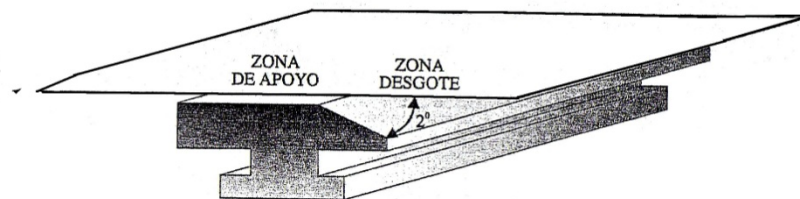
Igualment que en el cas dels cilindres degotadors, *els foils* tenen una doble missió. Per aconseguir treballar a altes velocitats, es recorre als foils.

Són elements compostats de unes barres que no giren i la tela es desplaça sobre ells.

El efecte és principalment d'aspiració progressiva.

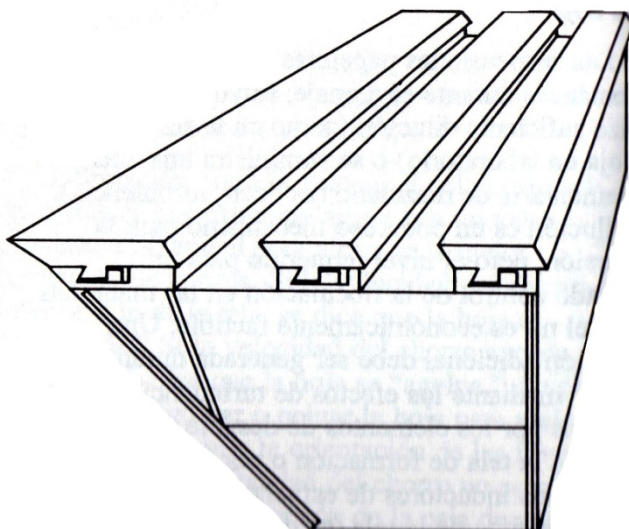
La succió d'un foil és més suau que la d'un cilindre però té una major duració .

Fig. 4.4.3.2 Secció d'un foil [ 22 ]



El marbre és el element que aguanta la tela en el punt de impacte del raig sobre la tela i està sotmès a elevada pressió.

Fig. 4.4.3.3 Disseny representatiu d'un marbre [ 14 ]



Entre els tipus de taules de formació , cal destacar *la taula plana*.

*La taula plana convencional*, és la més usada en la fabricació de paper.

Degut a que el degoteig és en una direcció, las dues cares tendeixen a tenir una configuració lleugerament diferent.

Així en general, la cara de la tela sol ser una mica més rugosa que la cara del feltre, que és més llisa degut a que té un major percentatge de càrregues.

En el següent esquema es veuen les diferents parts d'una taula de formació i cadascun dels cilindres que conté:

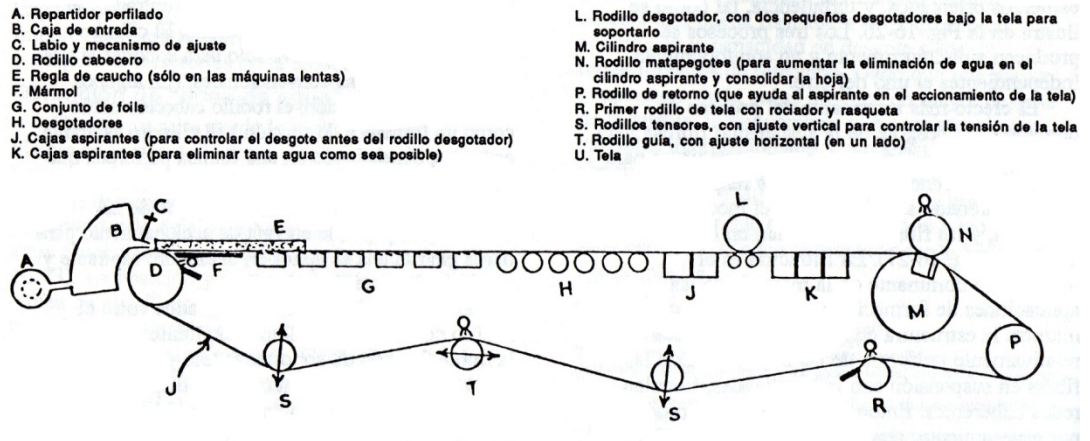


Fig. 4.4.3.4 Esquema general d'una taula plana [14]

Un altre tipus de taula de formació és l'anomenada *taula de doble tela*.

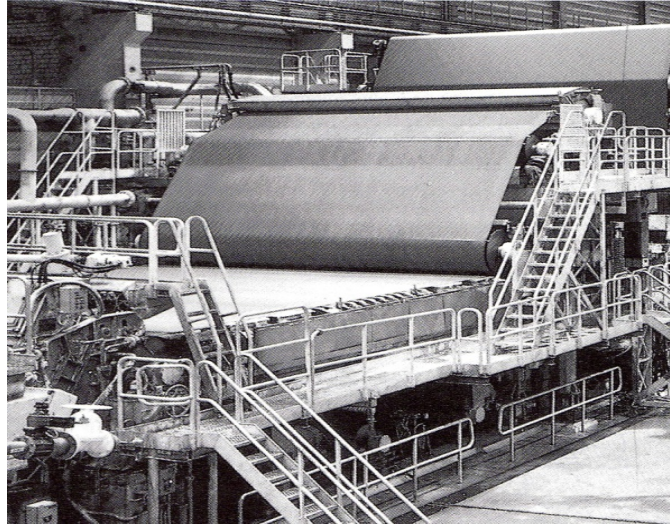
La *taula de doble tela* és un tipus de taula que en els últims anys s'està posant molt en màquines de nova instal·lació.

El tipus de doble tela permet dirigir el degoteig cap a dalt i cap a baix mitjançant caixes aspirants obtenint una fulla molt més simètrica i per tant, amb les cares molt més igualades.

La màquina utilitzada en el procés, és una taula plana amb una taula de formació de 2540mm d'amplada.

La velocitat de treball de la màquina és de 415 m/min i té una producció de 52000 tn/any .

Consta de 3 vacuum foils i 6 cilindres degotadors.



*Fig. 4.4.3.5 Esquema general d'una taula de doble tela [ 22 ]*

Les aigües de drenatge (o aigües blanques), es recullen en una fosa situada sota la tela i es reutilitzen en *la secció de preparació de pasta*.

Dels cilindres de degoteig, s'envien les aigües blanques cap al tanc d'aigües blanques on passarà a se tractat posteriorment per a clarificar l'aigua.

La següent figura mostra la fosa que hi ha situada a la part inferior de la tela, on es recullen les aigües blanques.

En aquesta part, s'afegeix antiespumant per evitar la formació d'escumes.

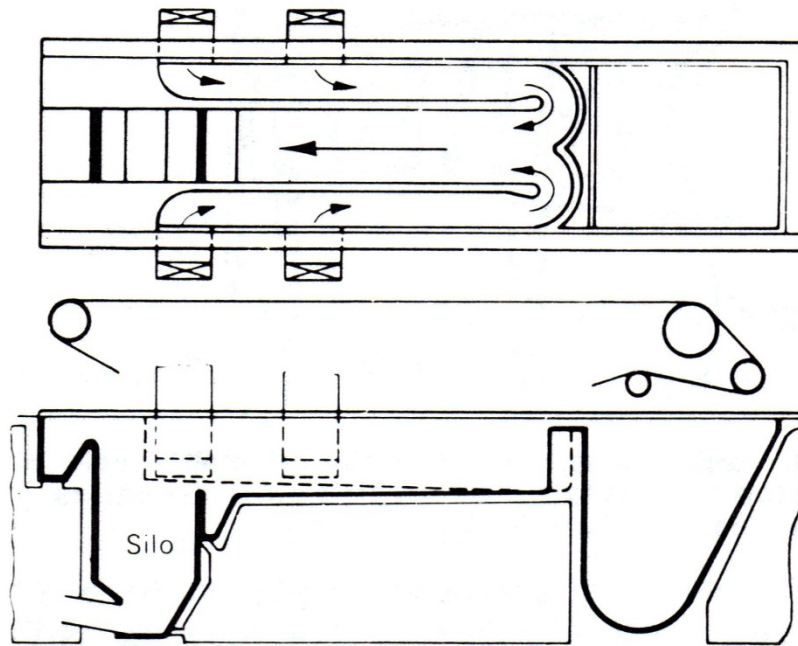


Fig. 4.4.3.6 Fosa d'aigües blanques sota la tela [ 14 ]

#### 4.4.4 Premses

Els principals objectius del premsat són eliminar l'aigua i consolidar la fulla. Altres objectius, que depenen dels requeriments del producte, poden ser la llisor superficial i la resistència de la fulla humida en la operació de secat.

La fulla de paper es transportada des de la unitat de formació mitjançant una sèrie de feltres a través de varies premses fins als assecadors.

Hi ha diferents tipus de premses:

- a) Premsa aspirant o *Pick up*
- b) Premsa ranurada
- c) Premsa de succió

La premsa *pick up* és un tipus de premsa aspirant, utilitzada en les màquines modernes.

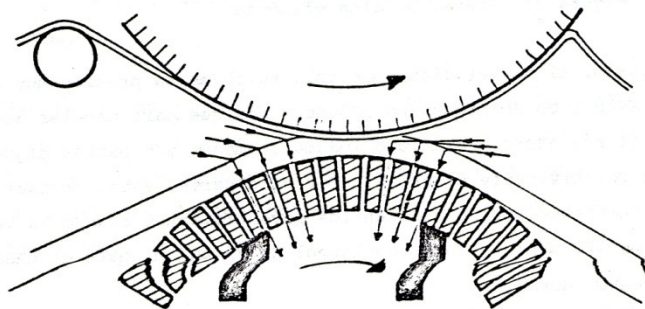


Fig. 4.4.4.1 Esquema d'una premsa aspirant [ 14 ]

La premsa aspirant té una camisa d'acer inoxidable i un recobriment de goma de 19 mm .

La caixa aspirant que està dins del cilindre té tres compartiments.

La premsa amb cilindres ranurats és una innovació més recent en el disseny de premses transversals i en la actualitat és una part de pràcticament totes les modernes instal·lacions de premses.

Les ranures helicoidals normalment tenen una profunditat de 2,54 mm, una amplada de 0,5 mm i 3,2 mm entre centres.

Ja que el cilindre ranurat és massís, pot aplicar-se major pressió. L'aigua retinguda en las ranures és expulsada per la força centrífuga .

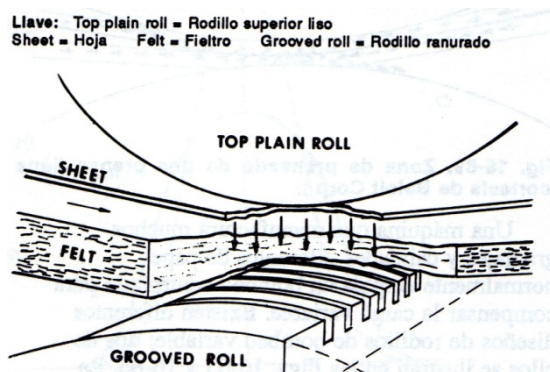


Fig. 4.4.4.2 Esquema d'un cilindre ranurat [ 14 ]

Una altra innovació, és el disseny de premses de cilindres de forats cecs.

En comparació amb el cilindre ranurat, els cilindres de forats cecs proporcionen major volum de buit i superfícies obertes.

En el procés de fabricació , la secció de premsat consta de dues premses.

La primera, és una premsa aspirant del tipus pick up.

La segona premsa, es tracta d'una premsa ranurada, utilitzada molt actualment en les fàbriques noves.

En la següent imatge es mostra una instal·lació típica d'una premsa de forats cecs.

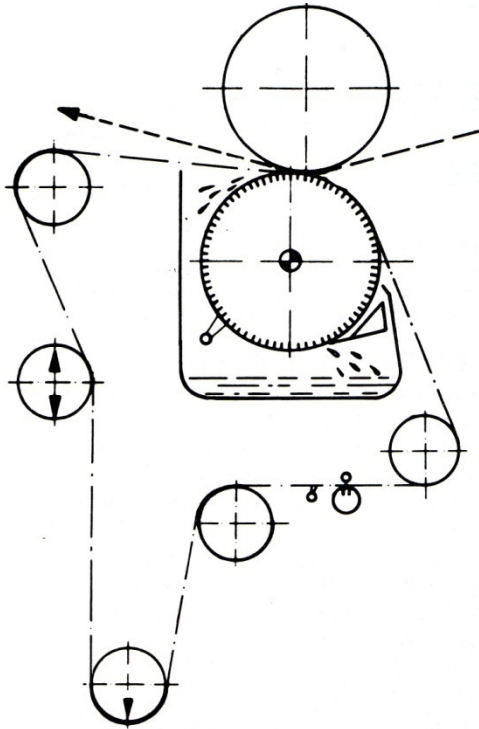


Fig. 4.4.4.3 Esquema d'una premsa de forats cecs [ 22 ]

La premsa de succió està formada per un cilindre alt de premsat i un cilindre baix de succió.

En el procés realitzat, s'han utilitzat dues seccions de premses.

La primera premsa és una premsa aspirant de tipus pick up i la segona premsa, és una premsa de succió.



#### 4.4.5 Assecadors

L'objectiu de la secció d'assecatge, consisteix en eliminar l'aigua del paper fins a aconseguir una humitat de l'ordre del 4 al 8%.

El gràfic següent mostra un perfil d'eliminació d'aigua ideal, al llarg de tota la màquina de paper:

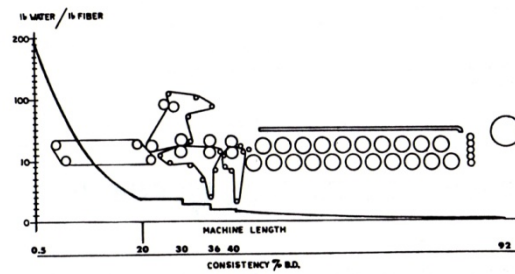


Fig. 4.4.5.1 Esquema del perfil d'eliminació d'aigua durant el procés [ 14 ]

La secció d'assecatge, és la part més costosa de la màquina de paper respecte els costos de inversió i funcionament.

La majoria de màquines de paper tenen de tres a cinc assecadors.

Cadascun amb un control de velocitat variable per a mantindre la tensió de la fulla entre les seccions i ajustar la contracció de la fulla.

En la següent figura, es mostra un esquema típic d'una secció de secat:

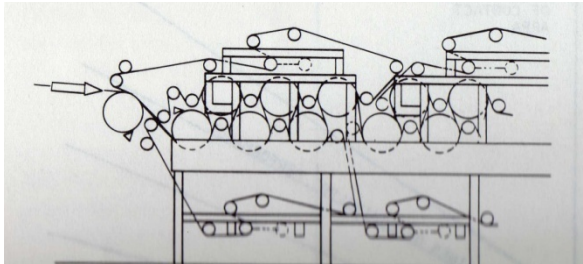


Fig. 4.4.5.2 Esquema d'una secció de secat [ 14 ]

El secat per cilindre és el mètode més utilitzat per secar el vapor i permet escalfar alternativament els dos costats de la fulla. Molt sovint s'usen feltres per a mantindre la fulla contra la superfície del cilindre.

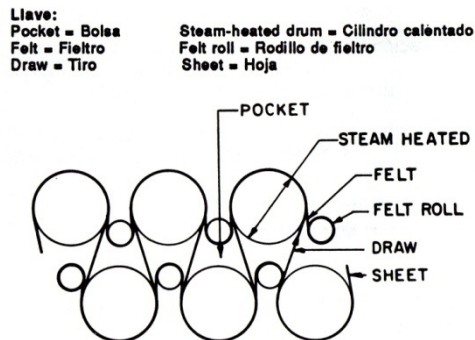


Fig. 4.4.5.3 Configuració de la bateria de secadors [ 14 ]

En el cas de papers lleugers ( com el tissú), s'utilitza un secat amb un cilindre anomenat *yankee*. En aquest cas, solament s'escalfa una cara del paper.

Altres tipus de secat serien el secat per xoc, el secat mitjançant aire a través i el secat per infraroig.

En aquest procés, s'ha dissenyat una bateria de 5 assecadors i es tracta d'un tipus de secat per cilindre.

## **4.5 Secció d'acabat**

Depenent de la qualitat del producte final, la secció d'acabat pot integrar diferents processos com per exemple, l'estucat, l'encolat i/o el calandrat i la llisa.

### **4.5.1 Premsa encoladora**

La premsa encoladora, també anomenada *size press*, és un dels tractaments més senzills.

Consisteix en aplicar una petita capa de agent lligant en la superfície del paper amb la finalitat de evitar problemes de impressió degut a una baixa resistència al desgarró. Quan el tractament es fa solament a base de agent lligant es té un *paper offset*.

En aquest procés, no s'ha utilitzat una premsa encoladora, ja que el tipus de paper que es vol produir no requereix impressió del paper.

Per tant, no és necessari l'ús de la premsa encoladora.

En la tina de barreja però, sí s'ha afegit un agent encolant de tipus : alúmina + resina.

#### 4.5.2 Llisa

La llisa és una màquina composta de cilindres metàl·lics ( generalment de 2 a 5 ).

La seva funció és la de donar llisor al paper i regular l'espessor a lo ample de la fulla.

La llisa, a diferència de la calandra, no proporciona brillantor al paper.

La llisa si que és necessària en aquest procés, ja que permet igualar l'espessor del paper. En canvi, la calandra no es requereix ja que el paper fabricat no volem que tingui brillantor.

En aquest procés, s'ha dissenyat una llisa de 4 cilindres amb un diàmetre de 405 mm.

L'amplada de taula és de 2650 mm.

El fabricant és Basagoitia.

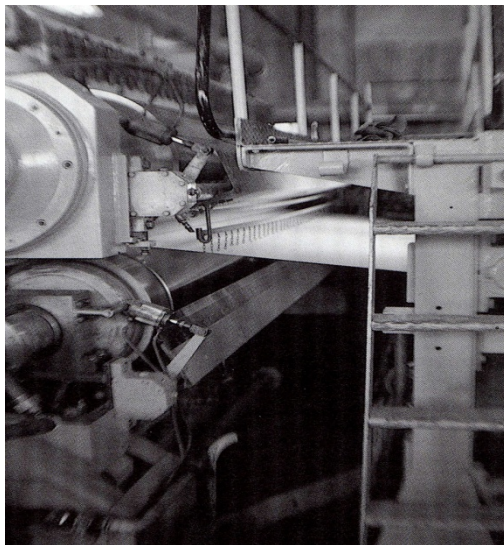
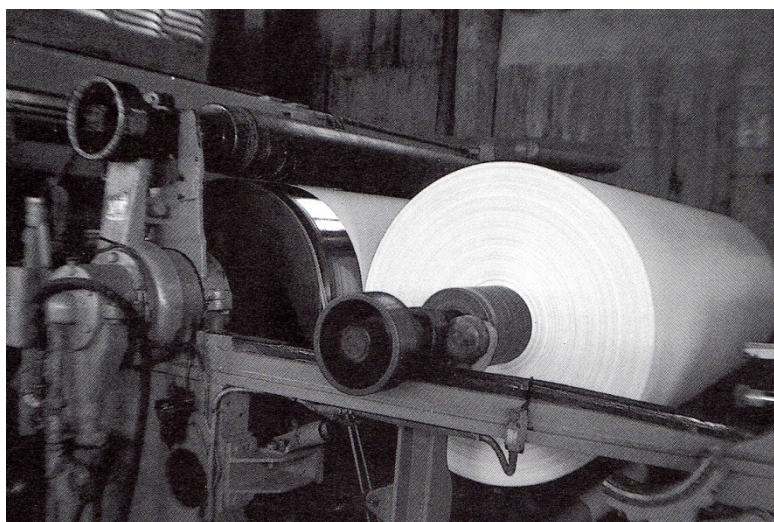


Fig. 4.5.2.1 Llisa [ 22 ]

### 4.5.3. Pope i bobinadora

La rebobinadora (o pope), és una màquina que té per objectiu enrotllar el paper eliminant els possibles defectes, així com fer unions dels possibles trencaments que s'hagin pogut produir en la màquina de paper o en la estucadora.

Les bobines mare que surten de la maquina de paper han de tallar-se en bobines més petites, segons la mida requerida pel client. Aquesta operació es fa a la bobinadora.



*Fig. 4.5.3.1 Pope [ 22 ]*

## 4.6 Fabricació de cartró ondulat [3, 2,1,22,14]

### 4.6.1 Introducció

La fabricació de cartró ondulat és un dels sectors més importants de la indústria paperera.

A causa de se relativament baix cost i altes característiques de resistència, el cartró ondulat s'ha convertit en la principal matèria prima per a la manufactura de caixes per a expedicions.

El cartró ondulat es fabrica en diverses formes i es produeix en una màquina anomenada onduladora.

La capa interna s'anomena *onda* o *paper per ondular*, i és la part que s'ondula i les cares del cartró, s'anomenen *liners*.

Pot haver una o més d'una cares en el cartró corrugat.

La forma més senzilla es coneix amb el nom de simple cara i s'usa per a protegir articles fràgils i no per fer caixes.

El tipus de doble cara és la construcció més comú i s'usa una tripa ondulada (paper ona) entre dos fulles anomenades cares.

Les configuracions de doble i triple cara proporcionen unes construccions molt més resistents i rígides.

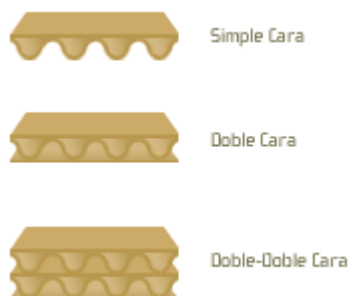


Fig. 4.6.1.1 Esquema de tipus de cartró ondulat [ 3 ]

#### 4.6.2 Paper liner

Els tipus de papers més usats per les tapes del cartró corrugat són els liner .

Els papers liner poden tenir un gramatge que oscil·la entre 126 i 440 g/m<sup>2</sup>.

Els paper liner poden ser de tres tipus segons la qualitat desitjada:

1. Kraft liner: és el paper de major resistència mecànica. Està compost per un alt percentatge de fibra verge i una petita proporció de fibra reciclada.
2. White top liner: és un paper que té les mateixes característiques que el kraft liner i ,a més, conté una capa de cel·lulosa blanquejada.
3. Test liner: posseeix una resistència inferior al kraft liner, ja que està format de fibra reciclada (paperot). És un paper de superfície irregular i és adient per a papers que no necessiten requeriments de impressió. També es fa servir quan les exigències de resistència per una caixa no son molt elevats.

El test liner es tracta del paper més econòmic en comparació amb els altres dos tipus de papers.

A continuació, es mostren les diferents parts del cartró ondulat:



Fig. 4.6.2.1 Esquema de tipus de cartró ondulat [ 1 ]

#### **4.6.3 Paper per ondular**

Se denomina paper ona al paper per ondular i es utilitzat per a les capes ondulades internes del cartró ondulat.

El producte estàndard té un gramatge de 127 g/m<sup>2</sup> i contabilitza el 80% de la producció, encara que es poden fabricar altres qualitats amb un rang de gramatge que va del 90 a 195 g/m<sup>2</sup>.

La part ondulada proporciona la major part de la rigidesa requerida per a la construcció de caixes ondulades.

El paper per ona pot ser de dos tipus:

1. Ona semi química: és un paper que ha estat sotmès a un procés químic en la seva fabricació que li dóna millors valors físicomecànics.
2. Ona normal : el seu procés de fabricació es basa en l'ús de paperot 100%,

El paper ona es adherit a la primera tapa de paper per mitjà de un pegament format a base de midó, el qual es col·loca sobre las crestes de les ones de manera automàtica i s'adhereix a la primera capa.

Es repeteix el mateix procés amb la segona tapa.

Hi ha diferents tipus de cartrons ondulat, entre els quals cal destacar:

1. Cartró ondulat simple: estructura formada per un paper ona pegat a dos liners.
2. Cartró ondulat monocapa: cartró compost per un paper ona pegat sobre un liner
3. Cartró ondulat de doble : és una estructura formada por dos liners o tapes exteriors, dos papers ona i un liner o tapa inferior entre els ondulats.



En la taula següent és mostra els diferents tipus d'ona que hi ha per a la fabricació de cartró ondulat:

*Taula 4.6.3.1 Perfil del tipus d'ona*

Tipus de ona	Espessor de cartró ondulat simple	Nº d'ones en 10 cm
A	4.5/ 5.0	de 11 a 13
B	3.3 / 4.0	de 13 a 15
C	2.2 / 3.0	de 16 a 18
D	1.2 /1.5	de 31 a 38

#### **4.6.4 Característiques del paper d'ondular**

El paper per ondular està sotmès al mateix esforç de tracció que les cares, però a més, ha d'aguantar l'impacta que exerceixen el cilindres ondulators sobre ell.

El paper ondulat, ha de agafar lo més exacte possible la mida de la canal.

Per altra banda, ha de permetre que l'adhesiu penetri en ell en la quantitat i profunditat suficient per a aconseguir un bon encolat.

Per a que el paper adopti fidelment la forma de la ondulació, és precís que al produir-se la ondulació el paper tingui el grau d'humitat necessari.

Si la humitat del paper és massa baixa, pot ocasionar que el paper tingui un espessor inferior al normal.

Per altra banda, pot ocasionar una altura desigual en las canals.

A més, es pot provocar un trencament en les crestes del paper i que l'adhesió sigui escassa.

Si el grau d'humitat és massa alt, també pot provocar una sèrie de desavantatges com per exemple:

1. Ondulacions irregulars
2. Falta de adhesió
3. Ondulacions trencades

Un dels requisits necessaris per un cartró d'embalatge és que tingui un grau alt de resistència.

El paper per ondular, ha de tindre la capacitat d'amortiguació respecte els cops externs.

Hi ha diferents tipus de canals o tipus d'ona de cartró ondulat i es designen amb les lletres A, B i C.

Per altra banda, segons el nombre de cares i capes ondulades que contingui el cartró, es diu que és: doble cara, triple cara, simple cara...

En la il·lustració següent, apareix un esquema dels tipus d'ona i els tipus de cartró que hi ha en el mercat:

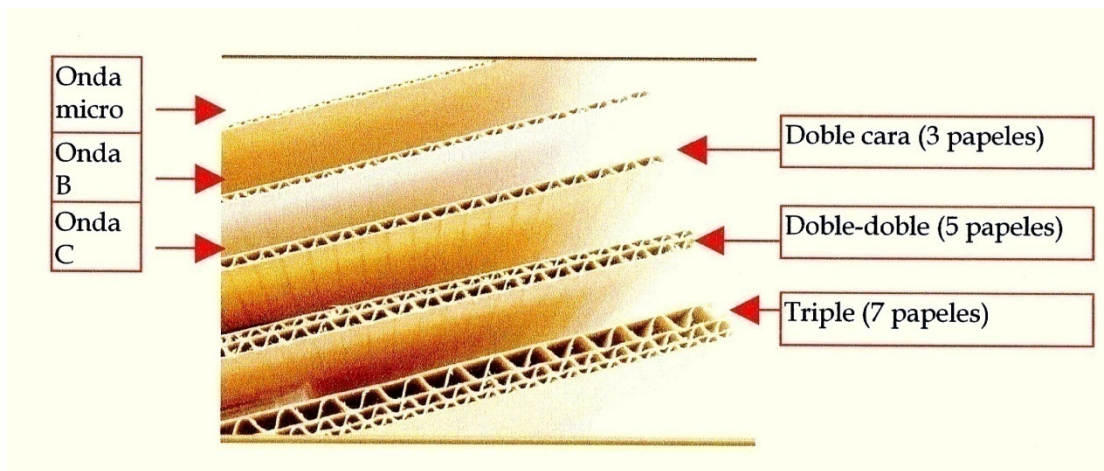


Fig. 4.6.4.1 Esquema dels tipus de cartró ondulat [ 14 ]

#### **4.7 Tractament d'aigua [14,1]**

Dins d'una fàbrica de paper , hi podem distingir dues seccions amb un comportament diferenciat en quant al consum d'aigua:

- a) Per una banda, la zona de preparació de pastes, on la matèria prima parteix d'una consistència del 85-90% i acaba amb una consistència del 4-6%. Per tant, es consumeix bastant aigua.
- b) La màquina de paper on la pasta arriba amb una consistència inferior al 1% i surt amb una consistència del 90-95%. Per tant, es genera un sobrant d'aigua de procés.

Hi ha dos tipus d'aigües sobrants, les aigües colades i les aigües blanques.

Les aigües colades procedeixen directament del degoteig de la tela on es forma el full de paper. Aquestes aigües estan carregades de restes de pasta i d'altres matèries emprades en la fabricació de paper.

Les aigües colades es reutilitzen en el pulper, en la dilució dels reguladors de concentració, etc.

Les aigües blanques, són les aigües sobrants resultants de la barreja d'aigües colades i d'altres.

L'aigua blanca conté fibra residual, matèria soluble i un alt contingut de additius no fibrosos tals com : pigments, midó i colorants.

Actualment la tendència és el tancament del sistema d'aigua blanca per a reduir el consum d'aigua fresca. Aquest objectiu es pot aconseguir usant equips que requereixin menys aigua fresca i reutilitzant l'aigua blanca filtrada.

També es poden reutilitzar les aigües de refrigeració com a aigua fresca.

En els últims anys, les fàbriques han reduït les seves necessitats d'aigua fresca en un 80 al 90%.

El següent circuit de recirculació d'aigües blanques és un circuit tancat, tal com el que s'ha fet servir en el procés dissenyat.

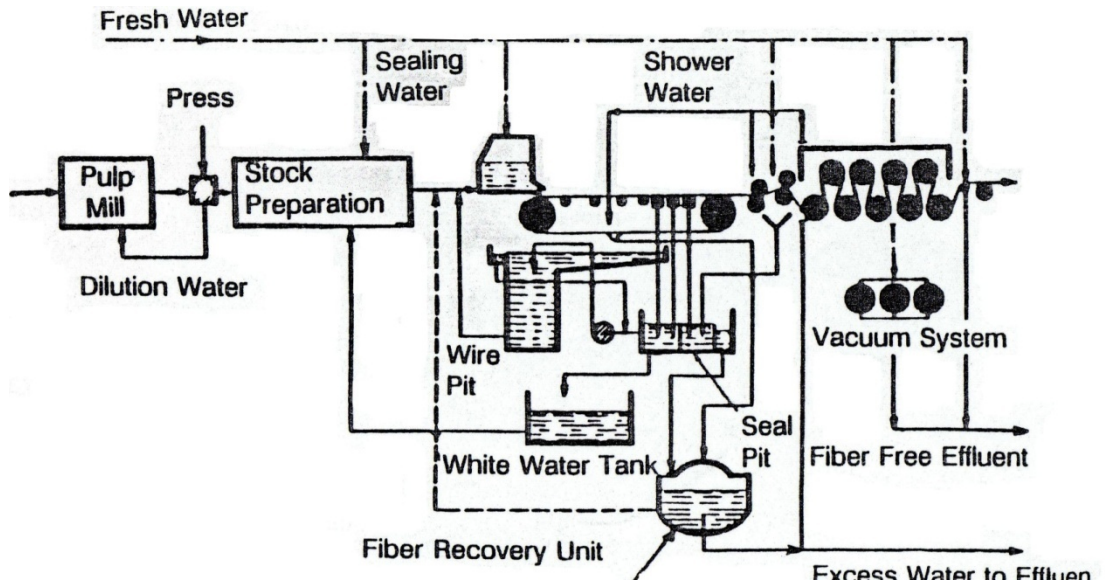


Fig. 4.7.1 Circuit tancat d'aigües blanques [ 14 ]

Per a reutilitzar les aigües blanques es pot utilitzar una unitat de flotació, tal com s'ha fet servir en el procés de fabricació descrit.

Les unitats de flotació realitzen la recuperació fixant fines bombolles d'aire a les fibra i càrregues.

D'aquesta manera, els materials que floten en la superfície són eliminats mitjançant un sistema de rasquetes.

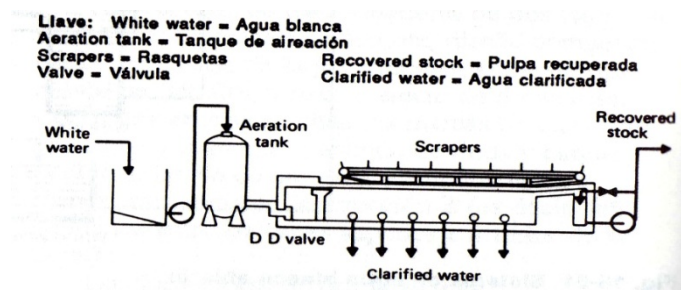


Fig. 4.7.2 Unitat de flotació [ 14 ]

## **5 Disseny de la Planta paperera**

### **5.1 Dimensions de la Planta industrial**

La Planta paperera dissenyada es dedica a la fabricació de liner i paper per ondular .

En aquest projecte, solsament es detallarà el procés de fabricació de paper per ondular, tot i que a la mateixa fàbrica es fabriquen altres qualitats de paper.

La fabrica ( que anomenarem fàbrica A ), es troba situada a 5 km d'una fàbrica que es dedica a la fabricació de cartró ondulat a partir de bobines (anomenada fàbrica B).

Es convenient, que a la hora de dissenyar una fàbrica de paper per ondular es tingui en compte la seva situació i la proximitat que hi ha amb les fàbriques de convertint més properes.

Així com també s'ha d'estudiar la proximitat que hi ha de la fàbrica a les ciutats, on s'efectua la recollida selectiva del paperot.

D'aquesta manera s'estalvia recorre llargues distàncies des de la matèria prima fins la fàbrica i que per tant, no sortiria econòmicament rentable.

Un cop s'ha fet un estudi de la zona d'ubicament, es procedeix a dissenyar les mides de la Planta.

PROCÉS DE FABRICACIÓ DE PAPER PER ONDULAR A PARTIR DE PAPEROT (PAPER RECUPERAT)

La Planta industrial, està ubicat en una parcel·la de 27.300 m<sup>2</sup> de superfície (de forma rectangular ) amb una longitud de 700 metres i una amplada de 390 metres.

A l'extrem sud-est de la parcel·la, hi ha situat l'edifici d'oficines, juntament amb la zona de aparcament i la bàscula de camions.

A la part sud-oest del recinte, es troba el pati de paper recuperat on es diposita la matèria prima ( paperot).

En la part nord de la planta, es troba l'edifici de la màquina de paper (edifici B).

La zona de preparació de pastes està integrada en la mateixa nau que la màquina de paper.

L'edifici està dividit en 4 parts que són:

1. Secció de preparació de pastes
2. Màquina de paper
3. Secció d'acabat
4. Magatzem de producte

Al costat nord de l'edifici, es troba una annexa on hi ha la zona de calderes, els vestuaris i el laboratori.

Davant de la nau annexa, es troba la zona de tractament d'aigües on hi ha el tanc d'aigües blanques i la unitat de flotació.

## 5.2 Oficines

L'edifici d'oficines consta d'una sola planta. Està ubicat a la part oest de l'entrada a la fàbrica, just al costat de la bàscula de camions.

L'edifici té una superfície de 840 m<sup>2</sup> i consta de les següents parts:

1. Oficines d'administració
2. Oficines de Producció
3. Departament de Medi ambient i Prevenció de Riscos Laborals (P.R.L)
4. Despatx director general
5. Sala de reunions
6. Despatx de Recursos Humans (R.R.H.H.)
7. Menjador
8. Lavabos
8. Sala de formació
9. Despatx director financer

L'oficina d'administració és l'oficina amb més capacitat de l'edifici i té una superfície de aproximadament 150 m<sup>2</sup>.

Per altra banda, la oficina de producció consta de 90 m<sup>2</sup>.

El departament de Medi ambient i prevenció de riscos laborals, té una superfície de 60 m<sup>2</sup>.

Davant es troba el despatx del director financer, que també té una capacitat de 40 m<sup>2</sup>.



Els lavabos ocupen una superfície de 80 m<sup>2</sup> aproximadament i just al costat, es troba el menjador de 80 m<sup>2</sup>.

El despatx de RRHH és de 20 m<sup>2</sup> .

El despatx del director general té una superfície de 60 m<sup>2</sup>.

Davant de l'edifici, es troba la bàscula de camions.

D'aquesta manera es facilita l'entrega d'albarans i tot el tràmit administratiu que comporta l'entrega de material a fàbrica.

Just davant de l'edifici d'oficines, es troba la zona d'aparcament.

La zona de aparcament té una capacitat de 40 places.

### 5.3 Edifici de la màquina de paper

Com s'ha esmentat abans, l'edifici de la màquina de paper ( de 6000 m2), consta de 4 zones:

1. Zona de preparació de pastes
2. Màquina de paper
3. Zona d'acabat
4. Magatzem de producte acabat

La zona de preparació de pastes es troba ubicada al costat est de la nau.

Aquesta secció té una superfície aproximada de 1500 m2, en la qual es troba ubicat el púlper, els depuradors probabilístics, l'hidroclí, es despastillador i el depurador de vibrant pla, entre d'altres.

A la zona contigua, es troba la zona de la màquina de paper que es troba juntament amb la secció d'acabats.

Aquesta secció conta amb una superfície de 3000 m2 aprox.

Aquí es troba ubicada la màquina de paper, els depuradors dinàmics i probabilístics, la tina de màquina i la tina de barreja, juntament amb la secció d'acabat.

La secció d'acabats consta d'una llisa, duna rebobinadora i duna bobinadora, a més d'una retractiladora.

Al costat es troba el magatzem de bobines, que té 1700m2 de capacitat.

PROCÉS DE FABRICACIÓ DE PAPER PER ONDULAR A PARTIR DE PAPEROT (PAPER RECUPERAT)

La nau annexa a l'edifici de la màquina de paper, consta d'una sala de calderes, una sala de quadres elèctrics, una zona de manteniment, els vestidors i el laboratori.

La superfície de la nau annexa és de 980 m2 aproximadament.

La zona de tractament d'aigües, ocupa una superfície de 400 m2.

En aquesta secció, es troba el tanc de flotació, el dipòsit d'aigües blanques, un tanc de pasta recuperada, un tanc d'aireació, un tanc d'aigua clarificada i un dipòsit on s'aboquen els fangs de l'aigua clarificada.

Per una altra banda, la zona de matèria prima és al pati de paper recuperat. Les dimensions són de 50 metres de longitud i 160 metres d'amplada. Consta, per tant, d'una superfície aproximada de 800 m2.

## **6 Procés de fabricació**

### **6.1 Zona de preparació de pastes**

A la zona de preparació de pastes, hi ha ubicades una sèrie de màquines necessàries per al procés de desintegració del paperot.

Les màquines que intervenen en aquest procés són:

- El pulper
- El depurador de pasta espessa
- Els depuradors probabilístics
- L'espesseïdor
- El despastillador

Amb el disseny de totes aquestes màquines per a tractar el paper recuperat, es permet obtenir el producte desitjat.

En aquest cas, com es vol fabricar paper per ondular, no és necessari fer un destintat ni tampoc un blanquejat de la pasta de paper.

### 6.1.1 Disseny del pulper

Mitjançant una cinta transportadora, entra al pulper tot el paperot.

La cinta transportadora que alimenta el hidra pulper s'ha dissenyat amb les mides següents:

*2 m ample x 12 m llarg*

La taula d'alimentació és de *4,8 m*.

Les característiques del pulper són les següents:

- Pulper continu amb recollidor de rebuig (junker) i trena (ragger).
- Capacitat del pulper: *26 m<sup>3</sup>*
- Fabricant: *Voith paper*
- % consistència de treball: *4.5%*
- Quantitat de tn/h de paperot: *8 th/h*
- Cabal de producció: *180 m<sup>3</sup>/h*
- Motor de trena: *1.1 kW*
- Model de trena: *ZW3 ( Voith Paper)*

En la següent il·lustració, es mostra el disseny escollit per a la fabricació:

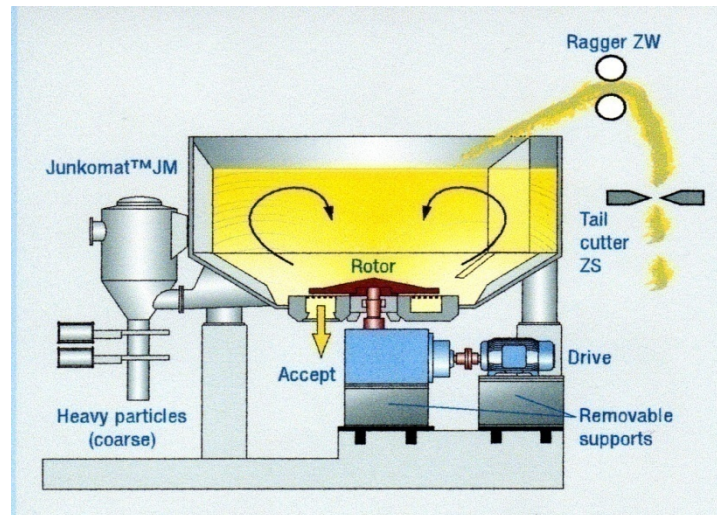


Fig. 6.1.1.1 Pulper continu [8]

Model de trena dissenyat:

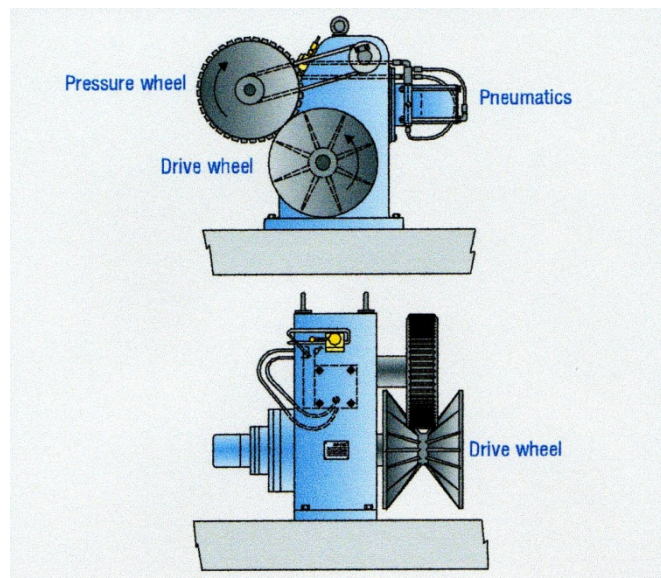


Fig. 6.1.1.2 Trena [8]

### 6.1.2 Depurador de pasta espessa

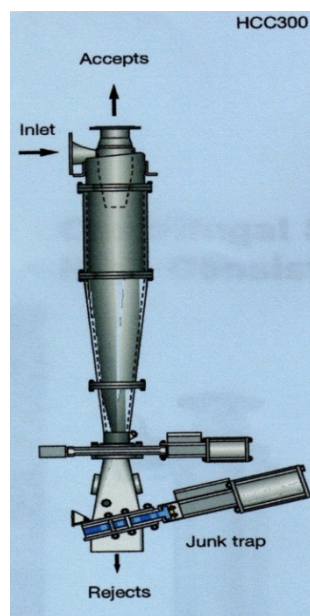
Les característiques del depurador de pasta espessa que intervé en el procés a la sortida del pulper són:

- Cabal d'entrada: 180 m<sup>3</sup>/h (3000 l/min)
- Cabal de sortida al depurador probabilístic: 178 m<sup>3</sup>/h
- Cabal de rebuig: 2 m<sup>3</sup>/h
- % consistència d'entrada: 4%
- % consistència de sortida: 4.5%
- % consistència de rebuig: 1%

El depurador de pasta espessa dissenyat té les següents característiques:

- Cabal de treball: 2300 i 3200 l/min
- % de consistència: 2.5 a 4.5 % ( fins a 6%)
- Fabricant: *Voith paper*

Fig. 6.6.2.1 Depurador pasta espessa [8]



Model: HCC 300-115

### 6.1.3 Depuradors probabilístics

Hi ha dos depuradors probabilístics: un depurador primari, que envia la pasta cap al espedeïdor i un depurador secundari, que elimina els contaminants que surten del depurador primari.

Les característiques dels depuradors probabilístics són:

#### Depurador primari

Consistència entrada : 4.5%  
Consistència de sortida : 4%  
Cabal d'entrada : 178 m<sup>3</sup>/h  
Cabal de sortida cap a espedeïdor: 148 m<sup>3</sup>/h  
Cabal de sortida de rebuig: 30 m<sup>3</sup>/h

#### Depurador secundari

Consistència entrada : 4.5%  
Consistència de sortida : 4%  
Cabal d'entrada : 40 m<sup>3</sup>/h  
Cabal de sortida cap a espedeïdor: 32 m<sup>3</sup>/h  
Cabal de sortida cap a depurador vibratori pla: 8 m<sup>3</sup>/h

El model de depurador probabilístic dissenyat és el Multiscreen MSS, de Voith Paper.

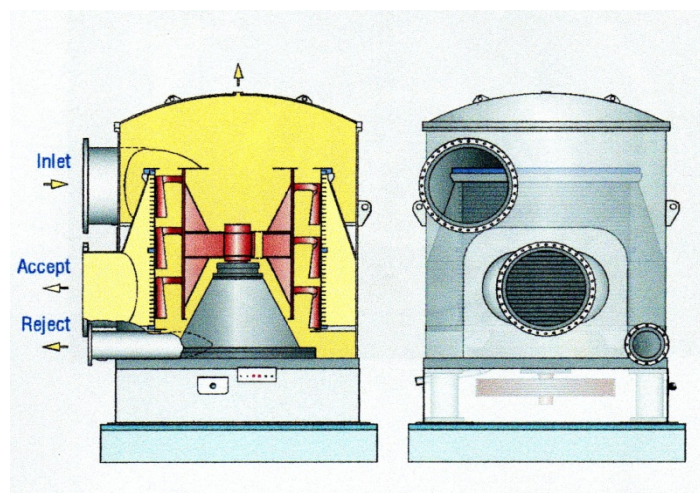


Fig. .6.1.3.1 Depurador probabilístic [8]



#### 6.1.4 Despastillador

La quantitat de cabal d'entrada i sortida i el % de consistència de treball del despastillador que intervé en el procés són:

- Cabal d'entrada: 40 m<sup>3</sup>/h (667 l/min)
- Cabal de sortida al depurador probabilístic: 40 m<sup>3</sup>/h
- % consistència d'entrada: 4.5%
- % consistència de sortida: 4.5%

Les característiques del despastillador elegit són:

- Cabal de treball: 1000l/min
- Consistència: 3-6%
- Fabricant: Voith Paper
- Model: E1K

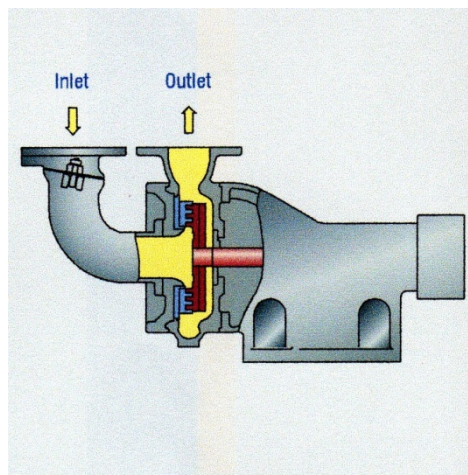


Fig. .6.1.4.1 Despastillador [8]

### 6.1.5 Espesseïdor

Característiques del procés:

- Cabal d'entrada dep.primari: 148 m<sup>3</sup>/h
- Cabal d'entrada dep.secundari: 32 m<sup>3</sup>/h
- Cabal de sortida cap tina emmag. : 105 m<sup>3</sup>/h
- Cabal de sortida a aigües blanques: 43 m<sup>3</sup>/h
- % consistència d'entrada: 4%
- % consistència de sortida a tina emmag.: 6%
- % consist. de sortida a aigües blanques: 2%

Les característiques del espesseïdor elegit són:

- % consistència d'entrada: 0.3- 3%
- % consistència de sortida: 4.5- 8%
- Fabricant: Voith Paper
- Tipus de espesseïdor: filtre de disc
- Mides del cilindre: 750 Ø x 1000 mm x 1600 mm de longitud



Fig. 6.1.5.1 Espesseïdor [8]

### **6.1.6 Depurador vibratori pla**

Les quantitat de cabal i consistència del procés dissenyat són:

- Cabal d'entrada: 8 m<sup>3</sup>/h
- Cabal de sortida a aigües blanques : 5 m<sup>3</sup>/h
- Cabal de rebuig: 3 m<sup>3</sup>/h
- % consistència d'entrada:6%
- % consistència de sortida:2%

Les característiques del depurador pla obert elegit són:

- Mides: 2000 x 1000 mm, amb xapa perforada de 3 mm
- % consistència de treball: 4-6 %
- Fabricant: Johnson

## **6.2 Circuit de cap de màquina**

En el circuit de cap de màquina, s'efectua una depuració final de la pasta, de tal forma que estigui preparada per a entrar en la màquina de paper sense cap contaminant present.

Intervenien en aquest procés :

- La tina de magatzem de pasta
- La tina de màquina
- Els depuradors dinàmics
- Els depuradors probabilístics

### 6.2.1 Depuradors dinàmics

En el procés de depuració final, intervenen 3 depuradors centrífugues .

Quantitats de cabals i consistències d'entrada i sortida del procés:

- Cabal d'entrada 1er depurador: 220 m<sup>3</sup>/h
- Cabal d'entrada 2on depurador: 30 m<sup>3</sup>/h
- Cabal d'entrada 3er depurador: 20 m<sup>3</sup>/h
  
- Cabal sortida 1er depurador a screener: 210 m<sup>3</sup>/h
- Cabal sortida 2on depurador a 1er depurador: 20m<sup>3</sup>/h
- Cabal sortida 3er depurador a 2on dep.9:m<sup>3</sup>/h
  
- Consistència entrada 1er depurador:3.5%
- Consistència entrada 2on depurador: 4%
- Consistència entrada 3er depurador:4.5%
  
- Consistència sortida 1er depurador a screener: 3.5%
- Consistència 2on depurador a 1er depurador: 4.5%
- Consistència 3er depurador a 2on dep. : 5%

El depurador de pasta espessa dissenyat té les següents característiques:

- Cabal de treball: 2300 i 3200 l/min
- % consistència:2.5-4.5% (fins 6%)
- Fabricant: voith paper
- Model: 300-115

## 6.2.2 Depuradors probabilístics

En aquesta etapa de depuració final, hi ha dos depuradors probabilístics situats abans de la caixa d'entrada.

Les quantitats de cabal i consistència d'entrada i sortida dels depuradors probabilístics són:

### Depurador primari

Consistència entrada : 3.5%  
Consistència de sortida cap repartidor: 3.5%  
Consistència de sortida cap secundari: 4%  
Cabal d'entrada : 390 m<sup>3</sup>/h  
Cabal de sortida cap al secundari: 180 m<sup>3</sup>/h

### Depurador secundari

Consistència entrada : 4%  
Consistència de sortida cap a primari : 4%  
Consistència de sortida cap a rebuig: 0.5%  
Cabal d'entrada : 180 m<sup>3</sup>/h

El model de depurador probabilístic dissenyat és el Multiscreen MSS, de Voith Paper.

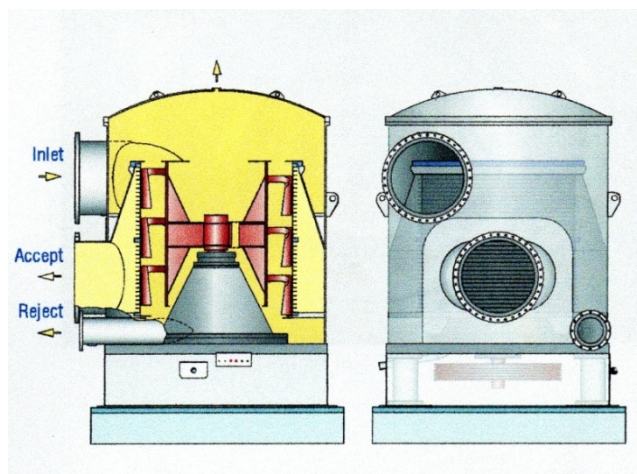


Fig.6.2.1.1 Depurador probabilístic

## 6.3 Zona de màquina

### 6.3.1 Caixa d'entrada

La consistència d'entrada a la caixa d'entrada a màquina, ha de ser sempre inferior al 1%.

Es fabriquen 8 tn/h i el producte obtingut té un gramatge de 127 g/m<sup>2</sup>.

Cabal i consistència del procés:

- Cabal d'entrada: 600 m<sup>3</sup>/h
- % consistència d'entrada: 0.8%

Les característiques de la caixa d'entrada són:

- Mides: 2000 x 1000 mm, amb xapa perforada de 3 mm
- Ample de sortida de llavi: 2800 mm
- Producció: 50- 102 tn/d
- Cabal: 9500-21000 l/min
- Velocitat: 200-600 m/min
- Rang de gramatge: 30-140 g/m<sup>2</sup>
- Fabricant: Voith paper
- Model: W 7500

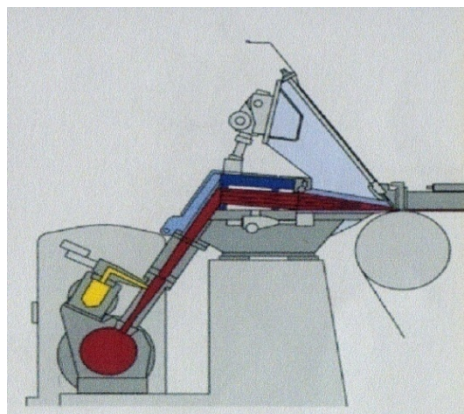


Fig.6.3.1.1 Caixa d'entrada

### 6.3.2 Màquina de paper fluting

Aquesta màquina permet fabricar paper per ondular amb el gramatge desitjat de 127 g/m<sup>2</sup>.

Les bobines mare són de 2500 mm d'amplada, per tant, amb una taula de fabricació de 2540 mm d'amplada es pot fabricar la mida de bobines que es requereix.

Característiques del procés:

- Ampla de la bobina: 2500 mm
- Gramatge del paper obtingut: 127 g/m<sup>2</sup>
- Producció anual ( 2 torns) : 46 8000 tn / any
- Cabal: 700 m<sup>3</sup>/h

Les característiques de la màquina de paper són:

- Amplada de la taula de formació: 2540 mm
- Velocitat de la màquina: 415 m/min
- Producció: 52.000 tn/any màxim
- Fabricant: Voith paper

Elements de degoteig per a la màquina de 2500 mm d'amplada:

- Nombre de vacuum foils: 3
- Amplada dels vacuum foils: 861 mm
- Nombre de cilindres de degoteig: 6
- Diàmetre dels cilindres degotadors: 202 mm
- Fabricant: Voith paper



### 6.3.3 Secció de premses

Característiques de les premses requerides en el procés:

- Amplada de la bobina: 2500 mm
- Gramatge del paper obtingut: 127 g/m<sup>2</sup>
- Producció anual ( 2 torns) : 46 8000 tn / any
- Cabal de sortida a fosa de buit: 45 m<sup>3</sup>/h

Les característiques de la màquina de paper són:

- Amplada de la taula de formació: 2540 mm
- Velocitat de la màquina: 415 m/min
- Producció: *52.000 tn/any màxim*
- Tipus de premses: hi ha 2 seccions, una premsa aspirant i una premsa de succió.
- Fabricant: Voith paper

#### **6.3.4 Assecadors**

Característiques requerides en el procés:

- Ampla de la bobina: 2500 mm
- Gramatge del paper obtingut: 127 g/m<sup>2</sup>
- Producció anual ( 2 tornos ) : 46 8000 tn / any

Les característiques dels assecadors són:

- Nombre de assecadors: 5
- Tipus: secat per cilindre
- Mides: 2800 mm x 1900 mm Ø
- Pressió: 8 bars
- Fabricant: Voith paper

#### **6.4 Secció d'acabat**

La secció d'acabat està integrada en la zona de la màquina de paper.

En aquesta secció es dona al paper unes característiques determinades segons el producte que es desitgi obtenir.

Hi ha molts tipus de màquines que formen part del acabat del paper com , per exemple: la size- press, la llisa, la calandra, la pope, l'estucat, la rebobinadora, la gofradora, la talladora, la retractiladora, etc.

En aquest cas, la secció d'acabat està formada per les màquines següents:

- Llisa
- Pope
- Bobinadora
- Retractiladora

#### **6.4.1 Llisa**

Característiques del procés:

- Amplada de la bobina: 2500 mm
- Gramatge del paper obtingut: 127 g/m<sup>2</sup>
- Producció anual ( 2 tornos ) : 46 8000 tn / any
- Velocitat: 650 m/min

Les característiques de la llisa són:

- Nombre de cilindres: 4
- Amplada de taula: 2650mm
- Diàmetre dels cilindres: 405 mm
- Fabricant: Basagoitia

#### **6.4.2 Pope**

Característiques del procés:

- Mida de la bobina: 2500 mm
- Gramatge del paper obtingut: 127 g/m<sup>2</sup>
- Producció anual ( 2 torns) : 46 8000 tn / any
- Pulper secció acabat per a retalls: 2 m<sup>3</sup>/h

Les característiques de la pope són:

- Amplada: 2600 mm
- Amplada de treball: 2550 mm
- Velocitat de treball: 650 m/min
- Diàmetre del tambor: 1000 mm
- Fabricant: Erwepa

### **6.4.3 Bobinadora**

El producte final obtingut és una bobina de paper ondular amb les característiques següents:

Característiques de la bobina:

- Mida de la bobina: 2500 mm
- Diàmetre de la bobina: 1000 mm
- Gramatge del paper : 127 g/m<sup>2</sup>

Les característiques de la bobinadora són:

- Amplada bobina: mín. 500mm/ màx. 3250 mm
- Diàmetre bobines : mín. 900 mm / màx. 1500 mm
- Pes màx. bobina: 6500 kg
- Fabricant: Voith paper

## 7. Màquina onduladora

La onduladora és la màquina que , a partir de las bobines de paper, permet la fabricació de planxes de cartró ondulat.

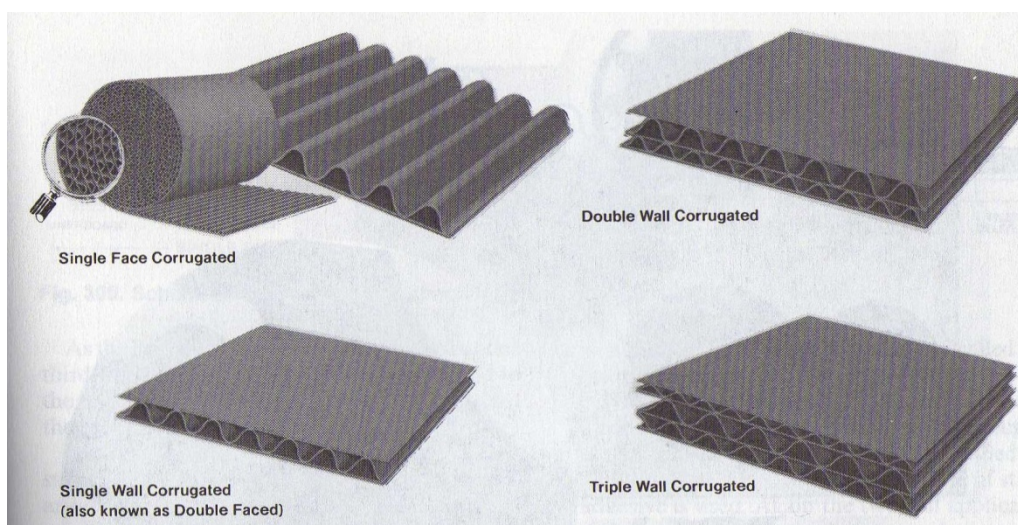


Fig.7.1 Tipus de cartró ondulat [18]

Aquesta operació, que es realitza de manera continua, comprèn les següents fases:

1. Formació de la ona de paper d'ondular i encolat de la onda a una cara. Aquest seria l'anomenat *grup simple cara*.
2. Encolat de la segona cara amb el simple cara, que fa en la doble o triple encoladora.
3. Solidificació de la unió de la segona cara i secat del cartró. Aquesta és la funció que fan les anomenades *taules calentes*.

4. Transformació d'una banda contínua de cartró en planxes a través de, per una banda, tall longitudinal de les solapes i per l'altre, tall transversal en la talladora que rep el mateix nom.

Les funcions de la onduladora són 2 bàsicament:

a) Transformar el paper llis, en una successió d'ondulacions regular i estables amb el pas del temps, amb l'ajuda dels cilindres ondulators.

b) Encolar las ondulacions sobre una fulla preparada per a cares, per obtindre una simple cara.

En la següent figura, es mostra un exemple d'un grup de simple cara.

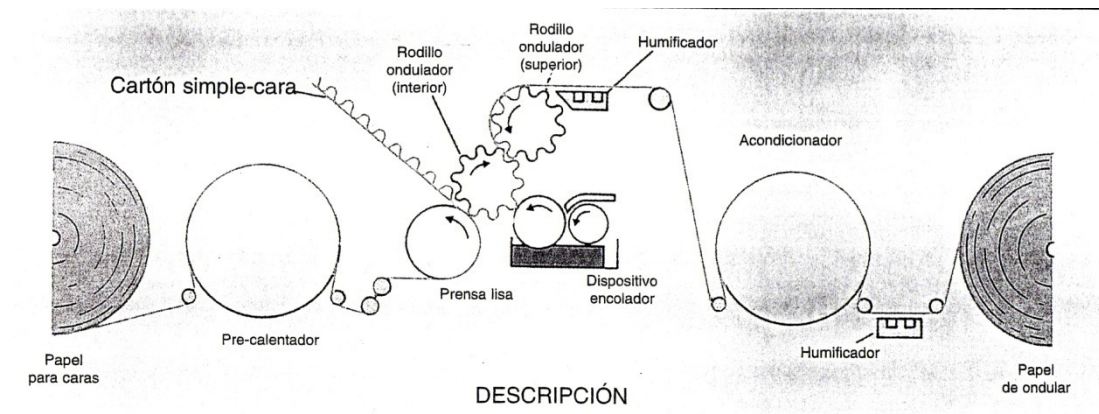


Fig. 7.2 Grup de simple cara [ 22 ]



PROCÉS DE FABRICACIÓ DE PAPER PER ONDULAR A PARTIR DE PAPEROT (PAPER RECUPERAT)

Les màquines modernes, disposen d'un sistema d'unió automàtic de las bobines del porta bobines . Això, permet canviar de bobines sense interrompre ni disminuir significativament la velocitat de la onduladora.

Dins del circuit de paper d'ondular es troba el prea condicionador, els humidificadors, els cilindres ondulators i l'encoladora.

El prea condicionador, normalment va unit a un humidificador. És un cilindre rotatiu llis, escalfat en el seu interior amb vapor a 190 °C aproximadament.

Els cilindres ondulators, moldejen, de manera continuada, el paper llis i formen ondulations successives i regulars.

Aquestes ondulations han de tindre la mateixa altura.

Són dos cilindres, entre els quals passa el paper.

S'escalfen amb vapor d'aigua i exerceixen una pressió regulable de 30 a 50 kg/cm lineal.

Els cilindres ondulators, asseguren el moldejat del paper, definint el perfil dóna.

La encoladora, diposita una quantitat determinada regularment sobre las crestes de las ondulations.

Normalment, està formada d'un cilindre encolador llis que posa la cola sobre las crestes dels canals i un cilindre regula l'espessor de la cola.

Dins *el circuit de cares*, es troba el precalentador, que té la funció que en el cas anterior però sense humidificació posterior.

La premsa llisa, és un cilindre rotatiu llis escalfat al vapor a 180 °C, amb una pressió de 30 a 50 kg/cm lineal.

Després ve el pont emmagatzemador, que té les funcions de transportar cartró, emmagatzemar-lo temporalment per aconseguir que es sequi i constituir una reserva entre els grups simple cara i doble cara.

PROCÉS DE FABRICACIÓ DE PAPER PER ONDULAR A PARTIR DE PAPEROT (PAPER RECUPERAT)

El grup doble cara ( o triple), assegura la unió del simple cara amb una segona cara, encolant las crestes dels canals del simple cara.

A continuació, es troben les taules calentes.

Aquestes, tenen la funció d'unir de manera definitiva el simple cara amb la segona cara, eliminant l'excés d'aigua de la cola.

Quan el cartró surt de las taules calents, es presenta en forma de banda continua, que s'ha de transformar en planxes amb una determinada mida.

Per a tallar el cartró a la mida adequada, primer pas per una talladora longitudinal i després per una talladora transversal.

A cada talladora transversal li correspon un dispositiu de sortida de planxes. Una cinta transportadora, las reagrupa .

La sortida pot ser manual o bé automàtica.

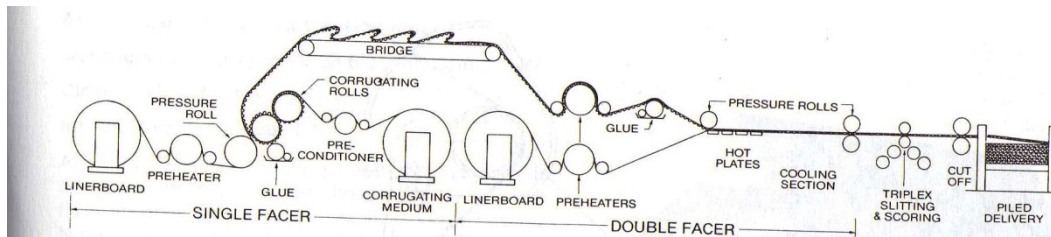


Fig. 7.3 Esquema de una màquina onduladora [ 12 ]

## 8 Conclusions

En el present treball, s'ha dissenyat un procés de fabricació de paper per ondular partint de fibra recuperada.

El treball implica el disseny de la planta de l'edifici de la màquina de paper juntament amb cadascuna de les parts que l'integren, la maquinaria i les seccions auxiliars.

Per altra banda, cal destacar que el circuit d'aigües del procés és un circuit tancat, que permet aprofitar l'aigua recirculada cap al pulper i la zona de màquines principalment.

La utilització de paperot com a matèria prima en paper de baixa qualitat, és una opció molt interessant, ja que permet l'estalvi energètic, d'aigua i matèria prima contribuint al desenvolupament sostenible.

La recerca de les màquines necessàries (mitjançant catàlegs de maquinaria), també a estat una eina indispensable per a dissenyar el procés.

Aquest projecte m'ha permès adquirir coneixements dels diferents tractaments que necessita el paperot per a obtenir paper ondulat, des de la seva desintegració i neteja de contaminants fins a la fabricació del paper en la taula de formació i el posterior tractament d'acabat adient.

El projecte ha estat realitzat quasi exclusivament a partir d'informació teòrica de bibliografia especialitzada.

## 9 Bibliografia

### Bibliografia consultada en la web:

1.- [www.reciclapapel.org](http://www.reciclapapel.org)

2.- [www.aspapel.es](http://www.aspapel.es)

3.- [www.afco.es](http://www.afco.es)

4.- [www.aspack.es](http://www.aspack.es)

5.- [www.wikipedia.es](http://www.wikipedia.es)

6.- [www.fefco.org](http://www.fefco.org)

7.- [www.ecma.org](http://www.ecma.org)

8.- [www.voithpaper.com](http://www.voithpaper.com)

9.- [www.mupap.com](http://www.mupap.com)

10.- [www.ipe.es](http://www.ipe.es)

**Bibliografia consultada en llibres:**

- 11) James p.Casey. " Pulpa y papel, química y tecnología química", vol.1 editorial Limusa 1990.
- 12) James p.Casey. " Pulpa y papel, química y tecnología química", vol.3 editorial Limusa 1991.
- 13) " El cartón ondulado", Manual de formación técnico-comercial. ed. afco1990
- 14) G.A.Smook. "Manual para técnicos de pulpa y papel". Tappi press 1990
- 15) " Gestión de los residuos del proceso papelero", conferencia intern. ipe
- 16) " Procesos reciente en la fabricación de pastas", catedra de tecnología papelera cipagraf. ETSII
- 17) F. Hamilton and B.Leopold. Pulp and paper manufacture.  
" secondary fibers and non wood pulping". The joint textbook committee of paper.
- 18) Michael Kouris. Pulp and paper manufacture.  
" coating, converting, and specialty processes". The joint textbook committee of paper.
- 19) R.W.J. McKinney. " Technology of paper recycling". Blackie academic of professional. 1995.
- 20) " El encolado del papel", catedra de tecnología papelera cipagraf. ETSII 1985
- 21) " El prensado de papel y cartón: últimos avances en la sección de prensas", catedra de tecnología papelera cipagraf. ETSII 1983
- 22) J.M.Fernández Zapico. "El papel y otros soportes de impresión". Fundació indústries gràfiques. 2000

# 10 ANNEXES

## **10.1 CATÀLEG DE MAQUINES**

## **10.1.1 PULPER**





PROCÉS DE FABRICACIÓ DE PAPER PER ONDULAR A PARTIR DE PAPEROT (PAPER RECUPERAT)

## **10.1.2 DEPURADOR DINÀMIC**



PROCÉS DE FABRICACIÓ DE PAPER PER ONDULAR A PARTIR DE PAPEROT (PAPER RECUPERAT)

### **10.1.3 DEPURADOR PROBABILÍSTIC**

PROCÉS DE FABRICACIÓ DE PAPER PER ONDULAR A PARTIR DE PAPEROT (PAPER RECUPERAT)





## **10.1.4 DESPASTILLADOR**



PROCÉS DE FABRICACIÓ DE PAPER PER ONDULAR A PARTIR DE PAPEROT (PAPER RECUPERAT)

## **10.1.5 ESPESEÏDOR**

PROCÉS DE FABRICACIÓ DE PAPER PER ONDULAR A PARTIR DE PAPEROT (PAPER RECUPERAT)

## **10.1.6 CAIXA D'ENTRADA**

PROCÉS DE FABRICACIÓ DE PAPER PER ONDULAR A PARTIR DE PAPEROT (PAPER RECUPERAT)

PROCÉS DE FABRICACIÓ DE PAPER PER ONDULAR A PARTIR DE PAPEROT (PAPER RECUPERAT)



PROCÉS DE FABRICACIÓ DE PAPER PER ONDULAR A PARTIR DE PAPEROT (PAPER RECUPERAT)

# 11. PLÀNOLS

## **11.1 Plànol 1: Diagrama de flux**

PROCÉS DE FABRICACIÓ DE PAPER PER ONDULAR A PARTIR DE PAPEROT (PAPER RECUPERAT)

## **11.2 Plànol 2: Planta de la fàbrica**

PROCÉS DE FABRICACIÓ DE PAPER PER ONDULAR A PARTIR DE PAPEROT (PAPER RECUPERAT)

### **11.3 Plànol 3: Esquema d'una màquina onduladora**