

# Ecodiseño en el Envase de Alimentos

## Unidad 9: Envases de Papel y Cartón

Gabriel Laslu, Dipl. Eng. (IDT1), [gabriel.laslu@gmail.com](mailto:gabriel.laslu@gmail.com)

Gabriel Mustatea, Ph. D. [gabi.mustatea@bioresurse.ro](mailto:gabi.mustatea@bioresurse.ro)

9.1 Definición, clasificación, uso .....	2
9.2 Diseño ecológico para la recuperación y el reciclaje de papel y cartón ..	5
9.3 Tecnologías para el embalaje de papel y cartón.....	8
a) Procesado de fibras .....	8
b) El proceso químico .....	9
c) El proceso mecánico.....	10

Después de estudiar esta unidad, el alumno podrá:

- Objetivo 1: conocer los principales tipos de papel y cartón utilizados en el envasado de alimentos;
- Objetivo 2: conocer la importancia y las posibilidades del reciclaje y reutilización de residuos de papel y cartón;
- Objetivo 3: conocer las bases de las tecnologías de obtención de envases de papel y cartón;
- Objetivo 4: utilizar los conocimientos de diseño de envases de papel y cartón en ecodiseño.



## 9.1 Definición, clasificación, uso

El papel y el cartón son materiales en forma de lámina de fibras de celulosa entretrejidas. Estos materiales se pueden imprimir. Tienen propiedades físicas que les permiten producir embalajes rígidos o flexibles si se cortan, trituran, doblan, dando distintas formas, pegando, etc. Hay muchos tipos diferentes de papel y cartón. Estos varían en apariencia, resistencia y otras propiedades dependiendo del tipo o tipos, así como de la cantidad de fibra utilizada, y cómo se procesan las fibras en la fabricación de papel y cartón. Aunque los materiales de fabricación de papel más populares son la pulpa de especies de madera blanda, especialmente coníferas, debido a la existencia de fibras de celulosa en la estructura de muchas plantas, desde hierbas hasta árboles, se pueden usar muchas otras fibras, como las de algodón, cáñamo o plantas de arroz.

La cantidad de fibra se expresa como la masa de fibras por unidad de área (gramos por metro cuadrado,  $g / m^2$ ), grosor (micras,  $1 \mu m = 0,001 \text{ mm}$ ), puntos (1 punto = 0,001 pulgadas) y apariencia (color) y acabado de la superficie. El cartón es más grueso que el papel y tiene un mayor peso por unidad de superficie. El papel de más de  $200 g / m^2$  está definido por ISO como cartón. Sin embargo, algunos productos se conocen como cartón, incluso si se fabrican con un peso inferior a  $200 g / m^2$ .

### ➤ Papel

#### Ventajas:

- material ligero;
- puede doblarse y pegarse;
- buena flexibilidad, no frágil;
- excelente sustrato para impresión;
- puede ser resistente a las grasas;
- absorbe líquidos y vapores;
- se puede romper / rasgar fácilmente.

#### Desventajas:

- débiles propiedades barrera (sin recubrimiento o laminado);
- débiles propiedades mecánicas (especialmente después de la humectación).



## Tipos de papel utilizados en el envasado:

- papel sin tratar para envases inferiores no elásticos;
- papel que contiene fibras sintéticas;
- papel tratado químicamente para embalaje (papel encerado, lacado) recubierto con aluminio, celofán, polietileno.

## ➤ Cartón

### Tipos de cartón utilizados en el envasado:

- cartón laminado con cera, LDPE o compuestos añadidos en la composición que aportan mejores propiedades barrera;
- dúplex de cartón (normal) para embalajes impresos por offset (material celulósico con cara gris y cara blanca. Buena capacidad de procesamiento. Después del corte por láser, el borde permanece carbonizado, marrón oscuro);
- triplex de cartón para embalaje de transporte, presenta alta resistencia al estallido;
- papel corrugado, con alta resistencia mecánica y buena elasticidad, protección mecánica utilizada especialmente para el embalaje secundario y terciario. (Ver UNIDAD V, 5.2.1).

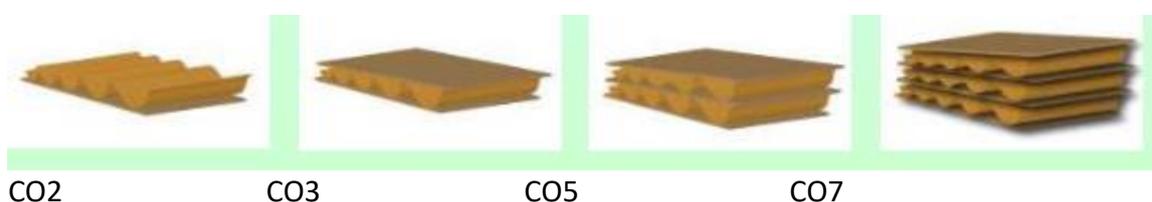


Fig. 1: Tipos de cartón

<http://www.tsocm.pub.ro/educatie/cepa/Ambalaje%20-%20CEPA%20-%20Curs%202.pdf>

### Las ventajas de envasar en cartón corrugado:

- el material más económico como barrera a la luz es el cartón;
- buena protección mecánica de los productos;
- tiene una apariencia agradable y puede ser personalizada;
- bajo peso;
- protección a las variaciones de temperatura;
- precio de producción mucho más bajo que otras categorías de envases;



- transportado doblado;
- se utiliza para el transporte paletizado;
- puede ser reutilizado varias veces;
- son completamente recuperables, son biodegradables.

Ejemplos de envases a base de papel y cartón: bolsas de papel, empaques de papel, ej. té y bolsas de café, sobres, bolsas, fundas de papel, bolsas de azúcar y harina, bolsas de papel, cajas laminadas, cajas plegables de cartón y rígidas, embalajes de cartón corrugado, recipientes de tubos y de papel, envases de líquidos, contenedores, etiquetas, cintas de sellado, materiales de amortiguación, tapas de sellado (membrana, sellado) y diafragmas.



Tuburi din hârtie  
<http://www.tinkoff.ro/>



Ambalaje din hârtie <http://www.greif.com>



Fig.2: Materiales de envasado hechos con papel y cartón,  
<http://benecopackaging.com/products/>

El papel y el cartón pueden adquirir propiedades de barrera y otras funcionalidades, como soldadura en caliente para el envasado de líquidos, mediante recubrimiento y laminación con plásticos como polietileno (PE), polipropileno (PP), tereftalato de polietileno (PET o PETE) y etileno vinilo alcohol (EVOH) y papel de aluminio, cera y otros tratamientos. El envase fabricado únicamente a partir de cartón puede proporcionar una amplia gama de propiedades de barrera recubriendo con una



película sellada al calor, como cloruro de polipropileno (OPP o BOPP) recubierto de polivinilideno (PVdC) o una celulosa regenerada recubierta de manera similar.

Las funciones de las capas que componen el material de embalaje a partir del cual se fabrican las cartulinas comunes son las siguientes:

- la capa exterior de polietileno (LDPE) protege la impresión (capa de tinta) y permite que las solapas del paquete se suelden;
- papel blanqueado es el soporte para la impresión;
- papel sin blanquear (de estraza o kraft), proporciona la rigidez mecánica necesaria para el embalaje;
- la capa interior de polietileno proporciona propiedades de barrera hacia los líquidos y permite la fabricación del paquete al unir los bordes mediante uniones térmicas.

## ➤ Cartón Aséptico

Se han resaltado los siguientes aspectos positivos para los envases fabricados con materiales complejos a base de cartón con papel de aluminio incrustado en la estructura:

- los productos envasados asépticamente se pueden almacenar a temperatura ambiente sin afectar las características de calidad y sin perder peso;
- la concentración de oxígeno en las cartulinas asépticas permanece casi sin cambios, aproximadamente 1 ppm, mientras que en las cartulinas ordinarias el producto se satura con oxígeno después de unos días (8-9 ppm);
- el aroma de los productos se conserva mucho mejor cuando se envasan en cartones asépticos en lugar de envasarse en cartones normales ya que estos últimos son más permeables al gas.<sup>1</sup>

## 9.2 Diseño ecológico para la recuperación y el reciclaje de papel y cartón

El Ecodiseño de envases de cartón se presentó en la UNIDAD 5, sección 5.3.

El envasado en papel es una materia demasiado valiosa para dejarla perder. Mejorar el grado de reciclado y compostabilidad de los envases de papel aumenta la probabilidad de que este se recupere de forma efectiva y se use en ciclos biológicos y / o industriales, mejorando así el desarrollo sostenible en el campo del envasado. Los

---

<sup>1</sup> LILIANA GÎȚIN, AMBALAJE ȘI DESIGN ÎN INDUSTRIA ALIMENTARĂ, UNIVERSITATEA DUNĂREA DE JOS DIN GALAȚI - 2010



diseñadores juegan un papel crucial en la posterior recuperación de los envases. Aunque no hay duda de que el embalaje debe diseñarse para cumplir con estrictos criterios de seguridad y de coste, los diseñadores tendrían que aumentar la capacidad de reciclaje en su empresa dando a esto la misma importancia que a la seguridad y al coste.

La declaración europea de reciclaje de papel - the EUROPEAN DECLARATION ON PAPER RECYCLING 2016-2020 - abarca todos los productos de papel y cartón. En ella participan los 28 Estados miembros de la UE más Suiza y Noruega. Se elaborarán estadísticas anuales sobre consumo de papel y cartón, así como las cantidades recicladas. La declaración tiene como objetivo garantizar medidas complementarias diseñadas para garantizar una cadena de protección ambiental sostenible para el papel y una buena comunicación entre las partes interesadas.

A continuación se presenta el diagrama de reciclaje de papel en Europa entre 1991-2015

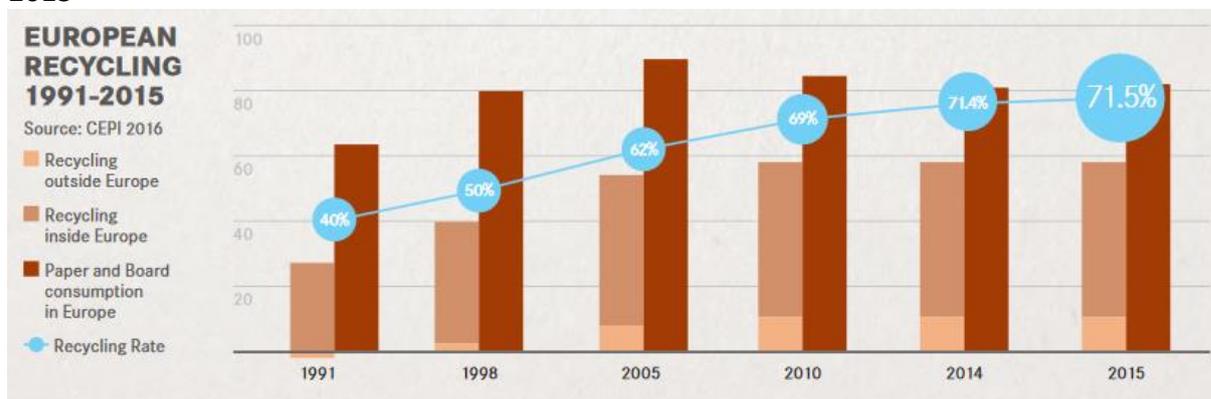


Fig. 3: Diagrama de reciclado de papel y cartón en UE  
[http://www.cepi.org/system/files/public/documents/publications/recycling/2017/European Declaration Paper Recycling 20170410\\_compressed.pdf](http://www.cepi.org/system/files/public/documents/publications/recycling/2017/European%20Declaration%20Paper%20Recycling%2020170410_compressed.pdf)

Los objetivos y metas de la Declaración sobre el desperdicio de papel son:

- Para 2020, debe haber una prohibición de echar papel reciclable en vertederos.
- Debe implementarse la jerarquía de residuos, incluida la energía procedente de residuos y energía renovable.

Con respecto a la recolección de residuos: se ha comprobado que cuando todos los tipos de residuos están mezclados el proceso de reciclaje del papel es menos eficiente tanto en calidad como en coste. Se debe recolectar los desechos de papel por separado. La Comisión Europea debe tomar medidas contra los países donde no se realiza la recogida selectiva de residuos.

Con respecto al Ecodiseño, es conveniente excluir materiales que se sabe que son carcinogénicos, mutagénicos o tóxicos para la reproducción, así como adhesivos y tintas peligrosas de acuerdo con [www.paperforrecycling.eu/publications](http://www.paperforrecycling.eu/publications).



Sobre medidas preventivas de residuos: considerar la reducción de la cantidad de residuos, incluida la reducción de la masa del producto, la reutilización del envase o la prolongación de su vida útil, la reducción del impacto medioambiental de los residuos generados y la reducción de sustancias nocivas y peligrosas en materiales y productos

La información comunicada por los proveedores de los materiales utilizados para la producción de cartón corrugado debe mostrar que no incluyen sustancias prohibidas. Las capas de papel se pegan con cola hecha de almidón que se produce a partir de fuentes vegetales. Idealmente, el total del ciclo de vida de los materiales del cartón corrugado incluye todo, desde la producción de fibra hasta el reciclado varias veces, y, al final, cuando se convierte en un desecho.

El agotamiento abiótico de recursos (materias primas, recursos energéticos) es el mayor impacto en el medio ambiente causado por el uso de madera renovable como materia prima. El cartón es uno de los materiales más reciclados del mundo. Los materiales del cartón corrugado son biodegradables y requieren mucho espacio de almacenamiento.

Es una pérdida de dinero enviar una caja de cartón a un vertedero.

Cuando los productos biodegradables están expuestos en la naturaleza, incluido el oxígeno y la humedad, se descomponen de una forma relativamente eficaz. El cartón sin cera se descompone de forma natural en 3 meses (suponiendo una cantidad adecuada de oxígeno y humedad). (Ecolife, 2011).

El panel corrugado puede contener una cantidad muy pequeña de plomo. Esto se debe a que a menudo se imprime con tinta con plomo y también puede ser debido a la contaminación acumulada en el ambiente. El plomo en el embalaje o sus componentes no debe exceder el 0.01% de la masa del paquete.

Casi siempre hay que imprimir algo en las cajas, por ejemplo, el marcado de reciclaje es obligatorio. El plomo puede evitarse si se usa una perforación para marcar. Sin embargo, la perforación requiere una tecnología adecuada de la que no disponen todos los proveedores. La técnica de perforación no se puede usar para todos los artículos de envasado.

El diseño actual del contenedor de la empresa Nokia Siemens Networks incluye una caja de dos partes, una parte interna y una parte externa separada. El peso total se ha podido reducir combinando las dos partes. Las estructuras con dos piezas permiten cambiar el exterior de la caja mientras se reutiliza la caja interna. Permiten el reemplazo de la caja externa si está sucia o dañada, mientras que la parte interna se puede reutilizar varias veces.

El reciclaje de papel no solo ahorra energía sino que también ahorra árboles, reduciendo la cantidad de dióxido de carbono presente en la atmósfera. La EPA estima que producir un producto con papel reciclado requiere solo el 60% de la energía necesaria para crear el mismo producto a partir de la pulpa de la madera fresca, y algunos informes muestran que reciclar una tonelada de papel puede ahorrar 10- 17



árboles que ayudan a salvar la selva tropical. El reciclaje de papel también requiere aproximadamente la mitad del agua que se usa normalmente para procesar papel de madera virgen<sup>2</sup>. Otros autores estimaron que el papel y el cartón se reciclan unas 10 veces, y que el agua residual tendría una carga de contaminantes 3-4 veces menor.

La mayoría de los escenarios incluidos en los estudios de ACV<sup>3</sup> analizados indican que el reciclaje de papel usado tiene un impacto ambiental menor en comparación con el almacenamiento alternativo en vertederos o incineración. El resultado es muy claro en la comparación entre el reciclaje y el almacenamiento, y menos acentuado pero también menor en la comparación del reciclaje versus la incineración.

Sin embargo, la recuperación del 100% no es posible debido a que algunas de las características de calidad del uso de la madera de celulosa no se pueden recuperar y también, dado que después de múltiples procesos de reciclado, las fibras se deterioran y ya no se pueden reciclar.

Por lo tanto, existe una necesidad continua de fibras vírgenes. La energía es otro recurso importante que se consume en la producción de papel. Por lo tanto, se recomienda usar la biomasa resultante del proceso de fabricación de celulosa para obtener la energía necesaria para producirla.

### 9.3 Tecnologías para el embalaje de papel y cartón

#### a) Procesado de fibras

Las células vegetales están compuestas de fibras de celulosa conectadas. Durante el proceso de extracción de la pulpa de celulosa, estas fibras microscópicas se separan entre sí, y cuando la cadena polimolecular se rompe química o mecánicamente, las superficies "libres" entran en contacto entre sí creando puentes hidrogenados que proporcionan la dureza y elasticidad del material.

#### *El proceso químico*

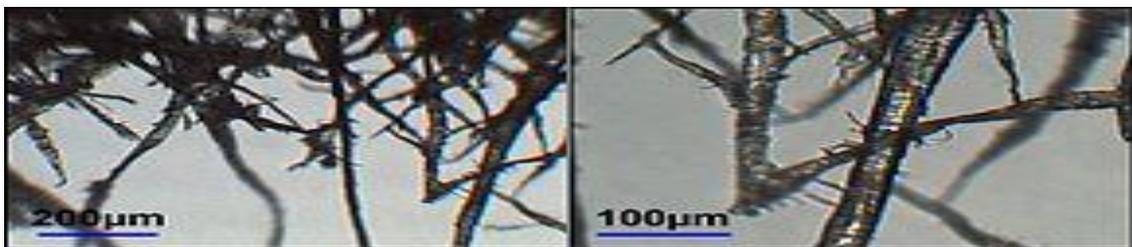


Fig. 4: La estructura de microfibras del papel



## b) El proceso químico

Actualmente se utiliza a gran escala un complejo tratamiento químico llamado Proceso Kraft. El objetivo del tratamiento químico es la eliminación de la estructura de lignina (de la pulpa sometida al proceso), que es el aglutinante orgánico que mantiene las fibras unidas, mediante el uso de una mezcla que lo disuelve. Después de la eliminación de la lignina, las fibras restantes se pueden utilizar para producir un papel marrón sin terminar que se utiliza para hacer bolsas de papel o cajas de cartón. La materia prima así obtenida se puede purificar mediante una intensa eliminación de la lignina que todavía quede, produciendo una pulpa de alta calidad para papel blanco para escritura e impresión.

Aunque el proceso químico es más costoso que el mecánico, permitiendo un aprovechamiento máximo de 45-50% de la pulpa original, es un proceso ampliamente utilizado debido a la calidad del producto final y el mantenimiento casi inalterado de la longitud inicial de las fibras del material utilizado. Otra ventaja de este proceso es el uso integral de la lignina liberada del proceso como combustible para el calor y la electricidad necesarias para el proceso.<sup>2</sup>

El proceso de fabricación con sulfato o azufre es el proceso más utilizado en todo el mundo debido a las propiedades superiores de resistencia de la celulosa y puede aplicarse a todas las especies de madera. En la producción de pulpa con sulfato hay que tener cuidado con los aspectos ambientales, sobre todo con los efluentes emitidos a las aguas residuales, con las emisiones al aire que incluyen gases malolientes y con el consumo de energía. Los residuos producidos por la fabricación se han convertido en un problema ambiental. Las principales materias primas son los recursos (agua y madera) y los productos químicos para mezclar y blanquear. Las emisiones en el agua son principalmente las sustancias orgánicas como los efluentes del blanqueamiento (se utilizan agentes blanqueadores químicos que contienen cloro y compuestos de cloro).

Algunos compuestos vertidos por las fábricas manifestaron efectos tóxicos en organismos acuáticos. Las emisiones de sustancias coloreadas pueden afectar negativamente a las especies del ecosistema. Las emisiones de nutrientes (nitrógeno y fósforo) pueden contribuir a la eutrofización de las aguas<sup>3</sup>. Los metales extraídos de la madera se vierten a bajas concentraciones, pero debido a la cantidad de flujo puede ser significativo. Se deben adoptar medidas en el proceso que permitan obtener una reducción significativa en los vertidos de las fábricas de las sustancias orgánicas con o sin cloro.

---

<sup>2</sup> <https://ro.wikipedia.org/wiki/H%C3%A2rtie>



### c) El proceso mecánico

Hay dos procesos mecánicos que son importantes para la fabricación de pulpa: pulpa termomecánica (TMP) y pulpa de madera molida (GW). En el proceso del TMP, la madera se astilla y luego se alimenta a la refinería con vapor calentado, donde las virutas se comprimen y se transforman en fibras entre dos discos de acero. En el proceso de molienda de madera, los troncos descortezados se introducen en las máquinas y se presionan sobre piedras giratorias hasta convertirlas en fibras. La pulverización mecánica no elimina la lignina, por lo que el rendimiento es muy alto, > 95%, sin embargo, hace que el papel así producido se vuelva amarillo y se vuelva frágil con el tiempo. El proceso mecánico produce fibras más bien cortas, produciendo papel de baja calidad. Aunque se necesitan grandes cantidades de electricidad para producir pulpa mecánica, cuesta menos que la celulosa producida químicamente.<sup>3</sup>

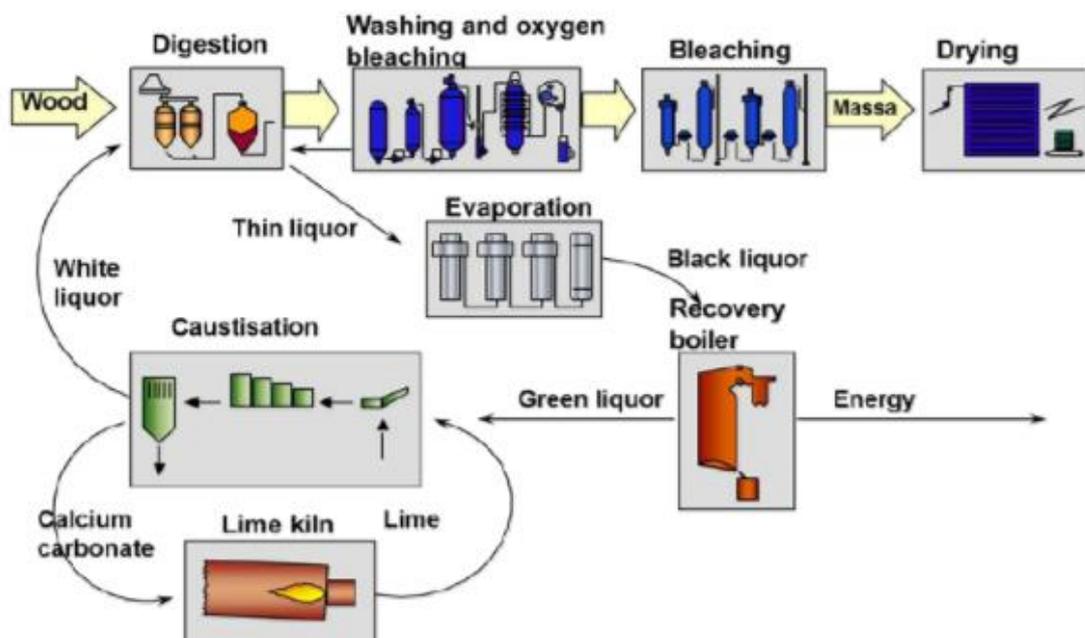


Fig. 5: Esquema del proceso químico, según [https://www.researchgate.net/figure/272121953\\_fig6\\_Figure-9-Overview-of-the-Kraft-pulping-process-Source-Sodra-Skogsagarna-ekonomisk](https://www.researchgate.net/figure/272121953_fig6_Figure-9-Overview-of-the-Kraft-pulping-process-Source-Sodra-Skogsagarna-ekonomisk)



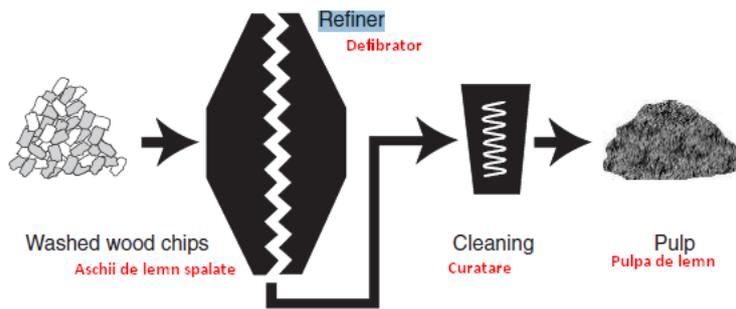


Fig. 6: Esquema de proceso mecánico para envases de papel y cartón M.J. Kirwan

Las características de la pulpa:

Pulpa de madera mecánica:

- alta eficiencia del uso de la madera;
- la presencia de lignina hace que las fibras sean duras y rígidas;
- el grado limitado de consolidación de las fibras en la pulpa da lugar a papel con gran volumen (baja densidad), rigidez en flexión y estabilidad dimensional;
- una lámina hecha exclusivamente de pulpa mecánica es relativamente débil (como resistencia), pero relativamente rígida.

Pulpa química:

- Mantiene la longitud de las fibras;
- Desarrolla un alto grado de consolidación, entonces, alta densidad;
- Fibra flexible y suave, por lo tanto, la resistente a la flexión y al grabado y se puede sellar;
- Alto nivel de blanqueamiento, lustroso y brillante, con alta estabilidad;
- Alta pureza, buen olor y protección contra infecciones y plagas.

Celulosa impregnada

En el proceso de reciclado de papel se puede utilizar tanto la pulpa producida químicamente como la producida por medios mecánicos. Al mezclar los desechos con agua y actuar mecánicamente, los enlaces de hidrógeno en el papel pueden romperse y las fibras pueden separarse de nuevo. Para dar una mayor calidad al producto reciclado la mayoría del papel reciclado contiene una proporción de fibras vírgenes. Siempre la pulpa reciclada es de una calidad igual o inferior a la del papel que se ha reciclado.



Los residuos reciclados se pueden clasificar así:

**Residuo interno** - Estos incluyen cualquier papel que se produzca en la fábrica de papel y que no cumpla con los requerimientos y que sea de baja calidad y que se vuelve a llevar al proceso de fabricación. Este papel no está clasificado como celulosa reciclada, pero la mayoría de las fábricas de papel están reutilizando sus propios desechos de celulosa desde mucho antes de que el reciclaje se hiciera popular.

**Residuos pre consumo** - Estos son los desechos que surgen de recortes y procesamiento de productos de papel en la fábrica donde se utiliza (se generan fuera de la fábrica de papel) y pueden ir a vertederos cuando son una verdadera fuente de fibras recicladas. Son productos de desecho producidos por consumidores que manejan o modifican el papel comprado en la fábrica de papel

(papel impreso, pero que no ha llegado al destino final deseado, como desechos de impresoras y publicaciones no vendidas).

**Residuos post consumo** - Es papel que ya se ha utilizado para su destino final. Incluye residuos de envases, desechos de oficina, revistas y periódicos. Debido a que la gran mayoría de estos materiales se han impreso digitalmente o por medios más convencionales, como litografía o rotograbado, se reciclarán como papel impreso o pasarán por un proceso de descalcificación.

El papel reciclado puede estar hecho de materiales 100% reciclados o mezclados con la pulpa virgen de madera, y no son en general ni tan resistentes ni tan brillantes como los papeles hechos de la pulpa de madera virgen.

## a) Obtención de papel a partir de la pulpa

Preparación de la pasta de papel

Si la pulpa se compra en un paquete, primero se dispersa en agua en un dispositivo de molienda hidráulico también conocido como "holandés" (hidrapulper).

Toda la pulpa, incluida la pulpa que viene directamente sin secar, se trata ahora para prepararla para la máquina de papel o cartón. La fibra de refuerzo entretejida se puede incrementar mediante el procesamiento mecánico en presencia de agua, en la cual la estructura de la superficie de la fibra se modifica por el hinchamiento de la fibra en el agua y el aumento de su superficie. El grado de procesamiento que también influye en la velocidad de drenaje para el siguiente paso de fabricación se ajusta para adaptarse a las propiedades deseadas del producto de papel o cartón. Los aditivos, como el alumbre o las resinas sintéticas, se utilizan para mejorar la resistencia al agua de la fibra. Para que el producto sea más impermeable se pueden agregar resinas resistentes a la humedad. Los agentes fluorescentes para blanquear (FWA), también conocidos como



agentes de brillo óptico (OBA)<sup>3</sup> se pueden agregar en esta etapa para aumentar el blanqueamiento y el brillo.

#### -Formación de hojas de papel

Se forma una capa uniforme de fibra en suspensión de agua con aproximadamente el 2% de fibra y el 98% de agua. Esta operación se realiza para obtener el papel en forma de una tira continua.

La obtención del papel real se realiza en máquinas con tamiz largo, tamiz cilíndrico o tamices combinados y consta de:

- I. verter la pasta de papel en un tamiz sin fin con la ayuda de dispositivos especiales, así como sacudir continuamente la rejilla;
- II. eliminación parcial del agua de la pulpa, por medio de una absorción especial, así como sacudiendo la rejilla continuamente;
- III. formar la banda de papel con la punción de los materiales contenidos en el papel a medida que ocurre la pérdida de agua;
- IV. deshidratación de la banda de papel mediante prensado y calentamiento;
- V. alisado, corte y posiblemente bobinado del papel en un rollo.

La máquina de papel es en realidad un gran dispositivo de deshidratación. Actualmente el diseño más utilizado es el de la máquina de Fourdrinier donde la hoja se forma en una tela horizontal continua sobre la que se inyecta la fibra en suspensión.

La máquina de papel tiene dos partes principales (ver anexo 1, Fig. A1):

- sección húmeda;
- sección de secado.

La sección húmeda contiene:

- la parte de preparación "Headbox" en la cual la pasta de papel, que proviene del dispositivo de molienda hidráulico también conocido como "holandés" (hidrapulper), se bombea bajo presión, se homogeneiza, se ajusta la consistencia y se limpia de impurezas;
- la rejilla en la que la pasta de papel se distribuye uniformemente en el tamiz de la máquina con la ayuda del distribuidor "Headbox". En esta fase, al pasar el agua a través del tamiz, el material fibroso y una parte del material de relleno se quedan en su superficie como una fina capa uniforme que forma la tira de papel;
- la parte de prensa húmeda (Wet Press Section) sirve para deshidratar apretando la banda de papel; esta parte de la máquina está provista de un número variable de rodillos.

La sección de secado (Dryer Section) consiste en:



- secadores hechos de cilindros de hierro fundido desnudos en el interior y calentados con vapor. Aquí, el papel alcanza el 95% de sustancia seca;
- la parte final que tiene la función de mejorar el alisado del papel, así como de cortar los bordes del papel. Después, el papel se introduce en carretes si está destinado a ser utilizado en prensas de impresión o cortado en hojas para otros procesos de impresión u otros fines.

El papel puede ser producido con una superficie reforzada por un lado y por el otro lado una superficie lisa que hace un cilindro del Mg, al tiempo que se mantiene el grosor, dando así una mayor rigidez. A veces se aplica una solución de almidón al final de la sección de secado, en uno o ambos lados de la hoja. Esto se conoce como dimensionamiento de superficie. Mejora la resistencia y el acabado de la hoja y ancla firmemente las fibras en la hoja.

La elevación de la hoja a través de una serie de rodillos de acero puede mejorar la suavidad de la superficie y la uniformidad del grosor. Este proceso es llamado calandrado o satinado. El papel puede ser calandrado en un proceso separado a alta velocidad llamado súper calandrado.

#### -Revestimientos

Los recubrimientos pigmentados blancos se aplican en uno o ambos lados de varios tipos de papel y cartón.

Los recubrimientos incluyen pigmentos minerales, tales como caolín, carbonato de calcio y aglutinantes sintéticos (adhesivos) dispersos en agua. Se aplica el recubrimiento en exceso, se alisa y el exceso se elimina mediante varias técnicas<sup>3</sup>: barra de medición, cuchillo con aire comprimido, etc. (Anexo 1, fig. A1.3 y A1.4).

Se pueden aplicar una, dos o tres capas de recubrimiento. Los revestimientos se secan por calor radiante y pasando la lámina por los rodillos de secado calentando con vapor. Se puede pulir según la apariencia deseada, el color, el alisado, el brillo y las propiedades de impresión requeridas. Los materiales de revestimiento se pueden aplicar fuera de línea. En el proceso de recubrimiento por vertido se vierte un recubrimiento húmedo sobre un cilindro calentado, cromado y muy pulido. Cuando se seca, la capa de revestimiento se separa de la superficie del metal dejando el recubrimiento con una gran suavidad y alto brillo.

#### b) Formando el cartón

La tecnología de fabricación de cartón es similar a la fabricación de papel. Las fibras para cartón son las mismas que para el papel, con la excepción de que se usa más pasta de madera mecánica y semicelulosa. Los materiales de relleno, encolado y coloreado utilizados para las cartulinas son los que se utilizan para la fabricación de

<sup>3</sup> <http://www.tciinc.com/capabilities/>



papel. Se aplican las mismas tecnologías y se utilizan máquinas similares a las máquinas de fabricación de papel o máquinas cilíndricas. Los productos de papelería que pesan entre 500 y 750 g / m<sup>2</sup> son casi idénticos al cartón. El acabado de cartón es también similar al acabado de papel<sup>3</sup>

### c) Laminación

Este proceso aplica otro material funcional o decorativo, en hojas o rollos, en papel o en la superficie del cartón por medio de un adhesivo. Los ejemplos son:

- Papel de aluminio aplicado en uno o ambos lados, proporciona una barrera para la humedad, los aromas, el gas común como el oxígeno y la luz ultravioleta. El papel de aluminio laminado en papel y cartón también se utiliza para el contacto directo y la fácil separación de los alimentos que se cocinarán o recalentarán en el horno. El papel de aluminio también se utiliza como material decorativo, por ejemplo, en cajas de cartón para dulces o chocolates;
- Papel impermeable laminado sobre cartón: buena resistencia a la grasa, resistencia a la temperatura hasta 180 ° C para envases en los que hay que cocinar o recalentar. Además, cuando es resistente a la grasa, el papel tiene una capa que se puede desprender y se puede usar para envasar productos pegajosos;
- Papel brillante laminado sobre cartón: resistencia a la grasa para productos con contenido moderado de grasa. Si el papel brillante es de color, no se puede usar para recalentar, pero los tipos que están aprobados se pueden usar en contacto directo con alimentos como el chocolate.

Los adhesivos utilizados para la laminación incluyen emulsiones del tipo PVA, basadas en almidón, sobre base de resina / disolvente, compuestos de reticulación, cera fundida o PE dependiendo de las necesidades particulares de la laminación. La cera y PE mejoran la barrera contra el vapor de agua. Cuando se usa PE como adhesivo, el proceso se describiría como laminación - extrusión.

### d) Extrusión y laminación con materiales plásticos (Ver Fig. A1.5)

Polyethylene (PE) - barrera de humedad aislante El polietileno de baja densidad (LDPE) es ampliamente utilizado en la extrusión de plásticos para el recubrimiento y la laminación de papel y cartón. Cuando PE se modifica con EVA (etileno acetato de vinilo) da como resultado un mejor comportamiento para la soldadura de termosellado. El PE medio y de alta densidad tiene un límite de temperatura más alta, una mejor resistencia



a la abrasión y mejores propiedades de barrera que el LDPE. Puede cubrir uno o ambos lados<sup>4</sup>.

Polypropylene (PP) - aislamiento térmico, humedad y barrera a la grasa. Puede soportar altas temperaturas de hasta 140 ° C y se utiliza para el envasado de alimentos que deben recalentarse en hornos hasta esta temperatura. Puede cubrir uno o ambos lados.

Polyethylene terephthalate (PET) - aislamiento térmico, barrera a la humedad y a la grasa. Puede soportar temperaturas de hasta 200 ° C en el horno. Cubre solo el lado no imprimible

Polimethylpentene (PMP) - barrera contra la humedad y la grasa y no puede soldarse térmicamente. Por lo tanto, se utiliza como hojas para envolver, bandejas profundas y bandejas con esquinas sujetadas mecánicamente. Cubre solo el lado no imprimible.

Ethylene vinyl alcohol (EVOH) y polyamide (PA) - aislante térmico, barrera a las grasas, oxígeno y a la luz. EVOH es sensible a la humedad y debe colocarse entre el material hidrofóbico, como PE. Se puede utilizar como una capa no metálica alternativa al papel de aluminio.

Ionomeric resin (Surlyn®R), una poliolefina con alta resistencia a las grasas, incluidos los aceites esenciales de cítricos, y a la humedad con muy buenas propiedades sellantes. Se utiliza como una capa de unión con el papel de aluminio cuando se aplica PE en la lámina.

Las capas de extrusión de bioplásticos están ahora disponibles como una alternativa al PE. Este material a base de almidón es duradero y cumple con EN13432 para compostaje. El proceso de extrusión a menudo se amplía para incluir la laminación por extrusión de manera que se puede producir una estructura tal como papel o cartón / PE / hoja de aluminio en una sola operación de la máquina con dos unidades de extrusión.

#### e) Impresión y teñido.

Se utilizan todos los principales procesos de impresión: grabado, flexografía, impresión, proyección y litografía. El papel y el cartón también se pueden imprimir a través de un proceso digital. La elección depende de las necesidades de apariencia y propiedades (funcionales) y aspectos comerciales, como el tamaño del pedido, el tiempo de entrega y el precio.

Las tintas y los barnices, que se pueden describir como tradicionales para el proceso, están basados en pigmentos, resinas y el vehículo que los transporta. El vehículo, que transporta el pigmento y la resina desde el depósito hasta el sustrato en la placa de impresión, el rodillo de barniz, etc., puede ser un disolvente orgánico, agua o un aceite secante. Para algunos procesos, los pigmentos se reemplazan por tintes. En los últimos años se han vuelto muy populares las tintas y barnices tratados por radiación

---

<sup>4</sup> M.J. Kirwan, Paper and Paperboard Packaging



UV siendo estos materiales extremadamente inertes. Ofrecen una buena resistencia al roce en condiciones húmedas y secas y son resistentes a la absorción del producto. Las tintas contienen pigmentos, resinas reticuladas y fotoiniciador; son 100% sólidos y se secan inmediatamente después de la impresión.

Los requisitos funcionales incluyen el cumplimiento de los estándares de color, resistencia a la luz, resistencia al frotamiento, impresión en el embalaje y estabilidad en las condiciones de uso.

Para algunos productos alimenticios, en los que la impresión se encuentra cerca de los alimentos, p. Ej. chocolate, es muy importante que no haya disolventes residuales de tintas y barnices, o cualquier otra interacción entre la impresión y el producto que afecte al alimento.

### f) Formación de 3D<sup>5</sup>

Actualmente, hay dos tipos de procesos de conformado para cartón de uso comercial: por estampado (presionando la bandeja, formando por presión) para la producción de bandejas y placas, así como el tipo Multivac® (formación de aire con vacío por termoformación) para el proceso de producción de bandejas de sellado para quesos cortados en rodajas. Las tecnologías emergentes en la formación de papel incluyen: perfilado, hidroformado y prensado en caliente (estampado con una preforma „Fixed blank”). Los procesos industriales se pueden clasificar como se muestra en la Fig. 7.



Fig. 7: 3D Formación

Por lo general, las máquinas de estampado industriales tienen varias unidades. La primera es un alimentador; la siguiente unidad es el corte de la placa y la unidad de corte en la que se corta el cartón y se hacen líneas de muescas; y al final, el punzón, donde se

<sup>5</sup> Alexey Vishtal, Formability of paper and its improvement, VTT Technical Research Centre of Finland Ltd



forman los espacios con la ayuda de punzones operados electromecánica o hidrodinámicamente.

La formación profunda (deep-drawing) y fija (fixed blank) se presentan en el Anexo 1, Fig. A1.6, Fig A1.7. La formación profunda „deep-drawing” se realiza entre el punzón y la cavidad de formación y el punzón puede presentarse como un soporte o utilizarse para imprimir la parte inferior de la forma. La principal diferencia entre los dos procesos de formación es la deformación del papel. En el proceso en Fixed Blank, la deformación por estiramiento predomina sobre la deformación por compresión. El proceso de formación „fixed blank” produce formas que son estrechas en el fondo (2-3 cm dependiendo de los radios de curvatura máxima), pero con bordes lisos y uniformes y formas precisas que pueden ser sellados con películas de barrera.



Anexo 1: Figuras

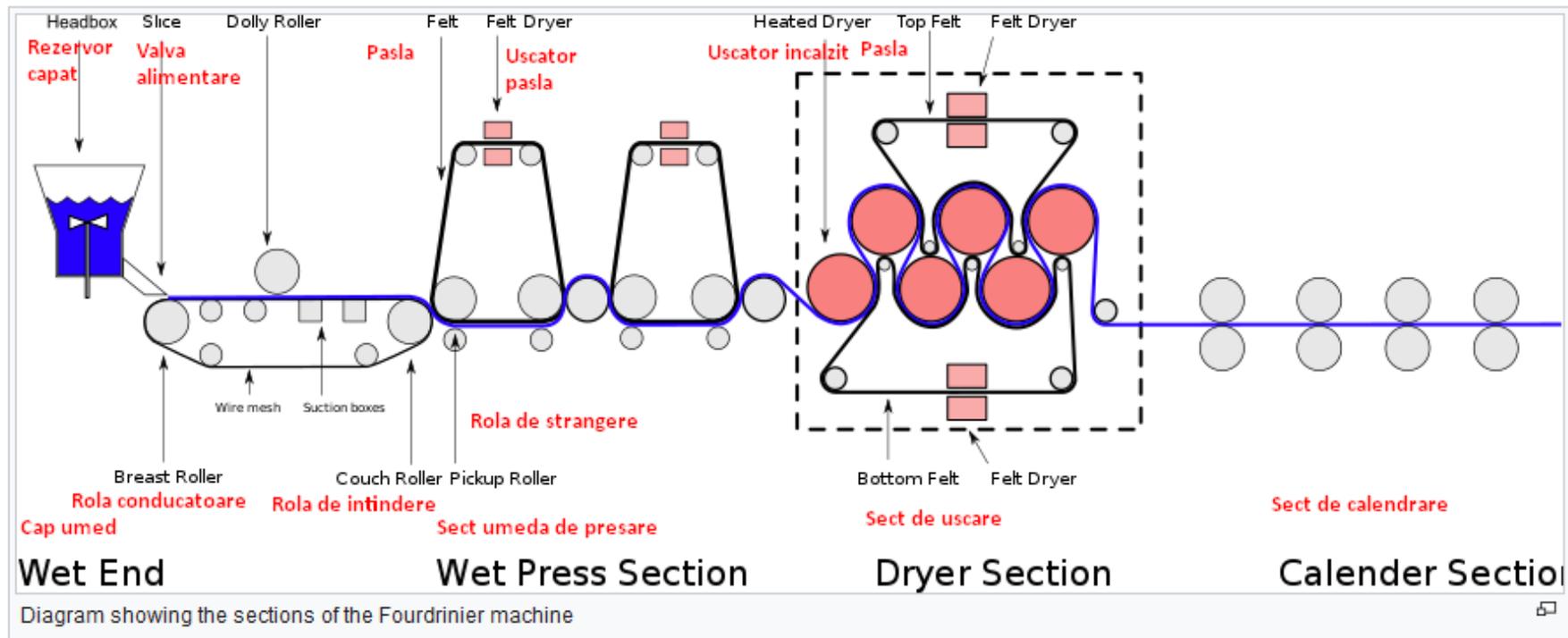


Fig. A 1.1 La máquina de papel tipo Fourdrinier [https://en.wikipedia.org/wiki/Paper\\_machine](https://en.wikipedia.org/wiki/Paper_machine)



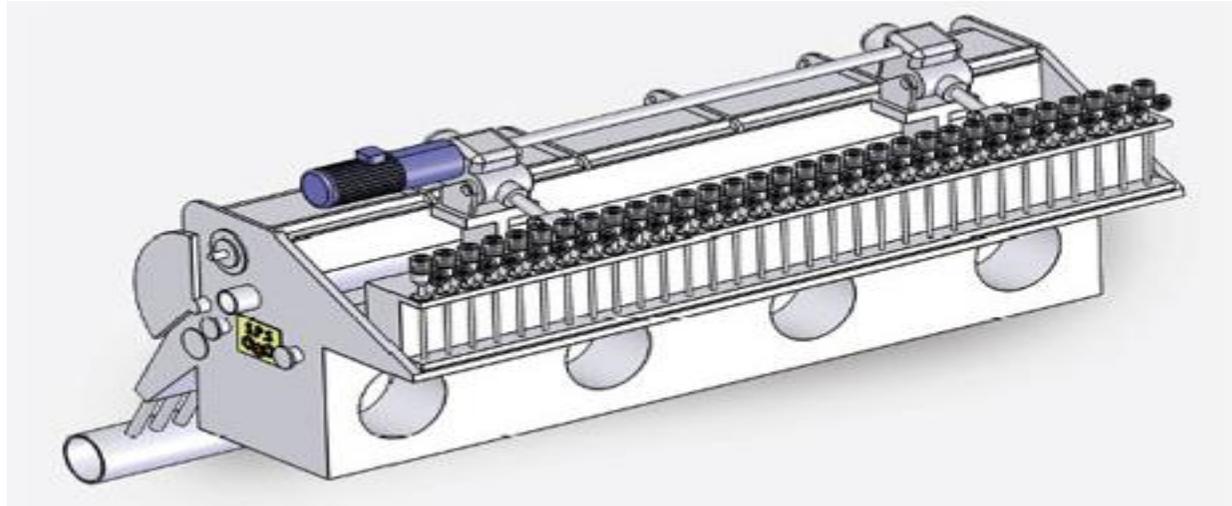


Fig. A1.2 Headbox de (Shimi Pajouhesh Sanat) <http://sps-co.com/products/prodset02/p2.asp>

Technical Information :

Calitatea hartiei	Paper grades	GSM	40 ~170
Consistenta pulpei intrate	Pulp inlet consistency	%	0.5- 1.0
Viteza	Velocity	m/min	Up to 350
Deschidere	Deckle size	mm	up to 2800
Ajustarea ajutajului	Slice lips adjustment	Prin valve pneumatice	By air valves
Material	Material of construction	Inox	Stainless steel



Anexo 1: Figuras

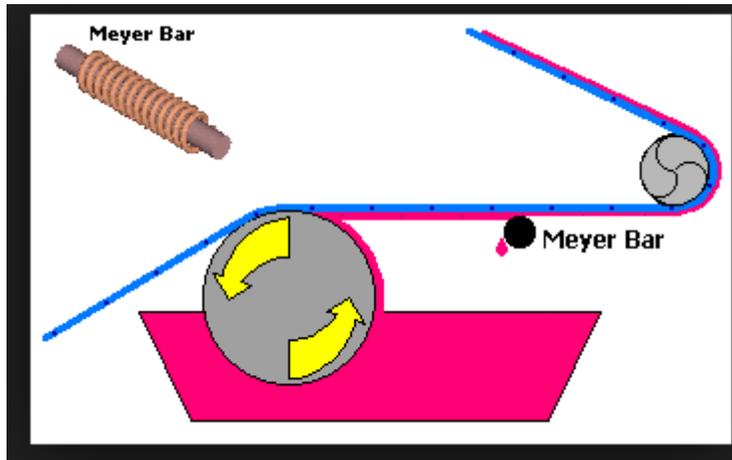


Fig. A1.3 Barra de medición (metering / Barra Meyer)  
<http://www.tciinc.com/capabilities/>

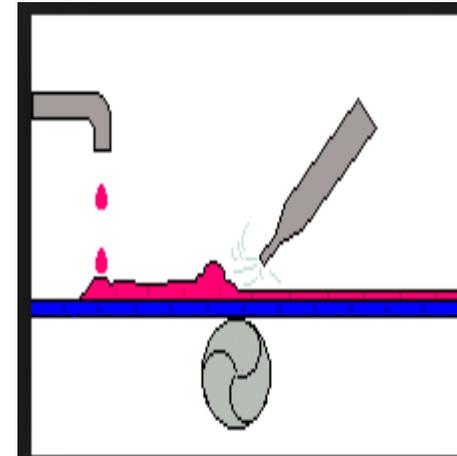


Fig. A1.4 El cuchillo de aire (Air Knife Coating) según

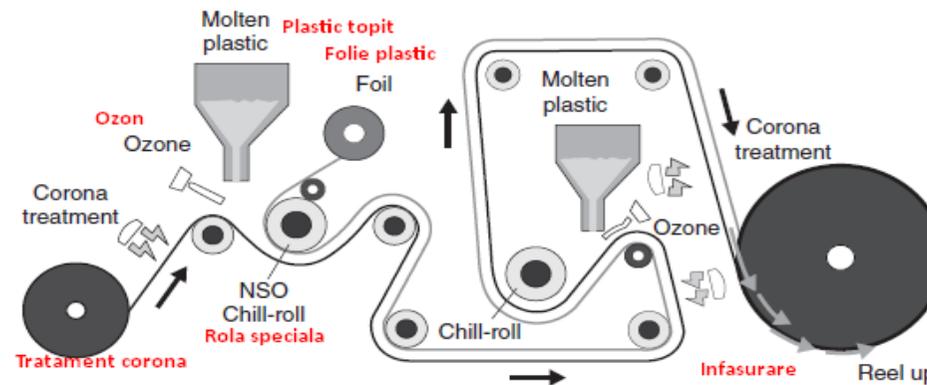


Fig. A1.5 El proceso de extrusión y extrusión - laminación



Anexo 1: Figuras

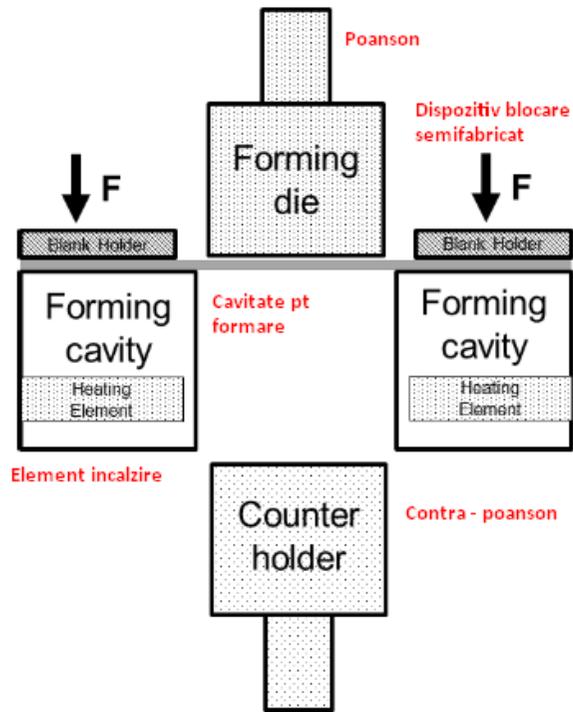


Fig. A1.7 Proceso Fixed blank de formación

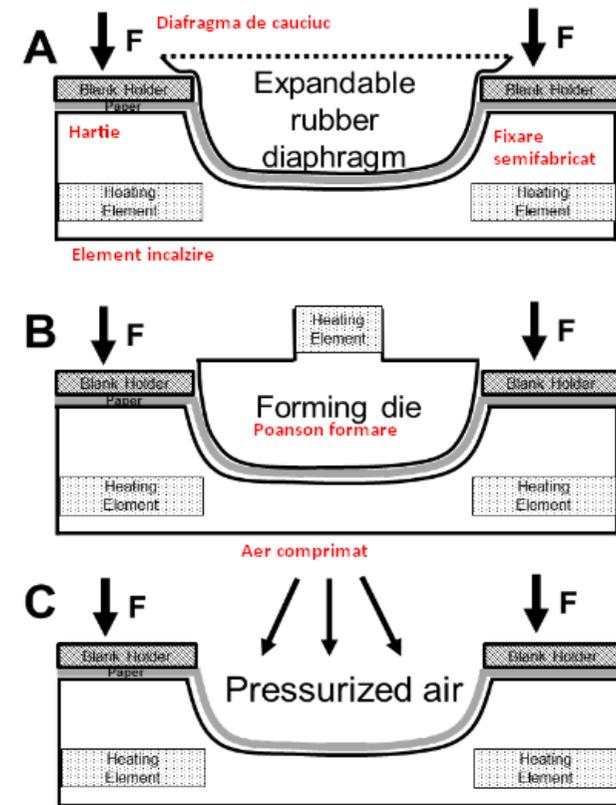


Fig. A 1.6 Proceso deep-drawing

A (hidroformado), B (presión en caliente), C (formado por aire)

