



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTILÁN**

**“NUEVAS HERRAMIENTAS PARA LA OPERACIÓN DE
DRENADO DENTRO DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL PAPEL”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

P R E S E N T A :

HUGO ALBERTO LÓPEZ JUÁREZ

ASESOR: Q. CELESTINO SILVA ESCALONA

CUAUTILÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
ASUNTO: VOTO APROBATORIO



DRA. SUEMI RODRÍGUEZ ROMO
DIRECTORA DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: L.A. ARACELI HERRERA HERNÁNDEZ
Jefa del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos a comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

Nuevas herramientas para la operación de drenado dentro del proceso de obtención del papel

Que presenta el pasante: Hugo Alberto López Juárez
Con número de cuenta: 406093204 para obtener el Título de: Ingeniero Químico

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 29 de mayo de 2013.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Q. Celestino Silva Escalona	
VOCAL	IQ. María Elena Quiroz Macías	
SECRETARIO	Dra. Abigail Martínez Estrada	
1er. SUPLENTE	IQ. Elvia Mayen Santos	
2do. SUPLENTE	IQ. Miguel Ángel Vázquez Flores	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

DEDICATORIA

Me gustaría dedicar esta Tesis primeramente a Dios por bendecirme enormemente con todas esas maravillosas personas que han sido parte de mi vida, porque gracias a Dios al fin he logrado concluir una etapa más en mi vida.

A mi familia por su comprensión y apoyo en momentos malos y peores. Me han enseñado a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. Me ha dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño, y todo ello con una gran dosis de amor y sin pedir nunca nada a cambio.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por sus bendiciones, inimaginables que me han permitido ser lo que hoy soy y por darme unos padres maravillosos.

A mi madre, por su amor y confianza, por siempre estar a mi lado.

A mi padre por mostrarme que la responsabilidad es la clave del éxito.

A mi familia que me acompañó en esta aventura y que, de forma incondicional, entendieron mis ausencias y mis malos momentos, que desde un principio hasta el día hoy sigue dándome ánimo para terminar este proceso.

A mi tío el Ing. Héctor Alejo López León por su paciencia y apoyo, pero sobre todo por mostrarme lo bello de esta maravillosa profesión.

Gracias también a mis queridos compañeros y amigos, que me apoyaron y me permitieron entrar en su vida durante estos casi cinco años de convivir dentro y fuera del salón de clase.

Agradezco al Q. Celestino Silva Escalona por haber confiado en mi persona, por la paciencia y por la dirección de este trabajo. A los miembros del jurado por los consejos, el apoyo y el ánimo que me brindaron, por atenta lectura de este trabajo.

A todos ustedes gracias.

Índice

	Pág.
Índice	5
Objetivos	7
Introducción	8
1. Generalidades	10
1.1. Historia del papel	10
1.2. Campo de aplicación del papel	12
1.3. Tipos de papel	14
2. Proceso de obtención del papel	18
2.1. Características generales del proceso de obtención del papel.	18
3. Drenado	36
3.1. Drenado del papel en la antigüedad	36
3.2. Lonas tejidas o no espirales y lonas espirales o no tejidas	40
3.2.1. Lonas espirales o no tejidas	40
3.2.2. Lonas tejidas o no espirales	46
3.3. Drenado del proceso del papel	48
3.3.1. Drenado con lona no tejida o espiral	54
3.3.2. Drenado con lona tejida o no espiral	56
4. Fabricación de los diferentes tipos de lonas	58
4.1. Características básicas de elaboración para las lonas tejidas y no tejidas	58
4.2. Fabricación de las lonas tejidas	67
4.2.1. Urdido	71
4.2.1.1. Estilos de urdido	72
4.2.2. Tejido	74
4.2.3. Acabado	83
4.2.3.1. Aspectos mecánicos del acabado químico	84
4.3. Fabricación de lonas no tejidas o espirales	89

4.3.1	Fabricación de los espirales	90
4.3.2	Ensamble de los espirales	92
4.3.3	Acabado de las lonas espirales	93
4.3.3.1	Termofijado de las lonas espirales	93
	Conclusiones	95
	Bibliografía	97

Objetivos

- Analizar la información técnica más relevante y reciente acerca de la etapa de drenado del proceso de obtención de papel con la finalidad de describir los fundamentos tecnológicos de los procesos más eficientes que ofrezcan grandes mejoras en el transporte, soporte y drenado del papel.
- Realizar un análisis técnico acerca de las nuevas telas empleadas en la actualidad para llevar a cabo el proceso de drenado de la pulpa para la obtención del papel, con la finalidad de proporcionar herramientas bibliográficas y técnicas para ingenieros relacionados con el proceso de fabricación de papel.

Introducción:

En el proceso de obtención del papel existen varias etapas que son críticas para el producto terminado, una de las etapas que representan un mayor gasto a los productores de papel, es la etapa del secado, en esta etapa, el agua de la hoja de papel es imposible que sea eliminada por medios físicos, es decir es necesaria la aplicación calor para eliminar el agua que esté presente en la hoja de papel.

No es posible que la humedad no exista en la hoja de papel, lamentablemente no siempre es conveniente realizar la eliminación de agua por medio de una fuente de calor, por lo que se requiere de una etapa previa que permita la mayor eliminación de agua; esta etapa es la que se conoce como drenado.

El drenado requiere de una lona o tela que es una malla con finos orificios en la que se inicia el proceso de drenaje de la pasta o suspensión, que permite que las fibras formen una alfombrilla entretejida. La tela se desplaza aproximadamente a la misma velocidad que el chorro de suspensión. Ello se conoce como relación chorro-tela, que determina la formación de fibras en una capa entretejida y cohesionada al comenzar el drenado del agua de la suspensión.

La mayoría de las fibras se orientan en el sentido de desplazamiento de la tela, lo que resulta en un papel con una mayor resistencia en la dirección de la máquina de papel respecto a su sentido transversal. Si el proceso de drenado se basara exclusivamente en la gravedad, la hoja de papel resultante presentaría dos superficies bien diferenciadas.

Con el fin de evitar un papel con dos caras distintas, una segunda tela procesa la parte superior de la suspensión en su desplazamiento sobre la tela inferior. El uso de chapas de turbulencia y cajas de aspiración posibilita el drenaje del lado superior de la suspensión, uniformizando así la distribución de fibras finas y disminuyendo la diferencia entre las caras. La sección de tela incrementa el grado de sequedad del 1 al 16-19%

Hoy en día las empresas lo que necesitan es reducir todos los gastos que sean posibles, para tener una mayor sustentabilidad, es por eso que el drenado es una etapa vital e imprescindible para los productores de papel, con las nuevas tecnologías que se tiene

para el drenado, es posible disminuir tiempos de secado y reducción de servicios auxiliares.

Actualmente existen en México y el mundo nuevas técnicas que permiten un drenado óptimo dependiendo del tipo de papel que se vaya a producir; el drenado es imprescindible dentro del proceso de fabricación de papel ya que sin él la relación pasta-agua no permitiría obtener ciertos tipos de papel.

La producción de telas para drenado están organizadas en dos grandes grupos; las telas tejidas y las no tejidas.

Las herramientas de las que se habla son las telas tejidas para llevar a cabo la etapa del drenado que cuentan con la capacidad de absorber mayor cantidad de agua dependiendo del número de capas que posea. Actualmente los nuevos materiales han desplazado a las telas de asbesto.

Dentro de las telas que existen, las lonas no tejidas o lonas espirales, tienen como única finalidad el proporcionar al drenado condiciones extremas de trabajo, permitiendo un mayor o menor grado de eliminación de humedad dependiendo las condiciones de operación.

Con base en lo antes expuesto, el presente trabajo pretende identificar el impacto generado dentro del proceso con las nuevas técnicas para el drenado que se tienen actualmente satisfagan las necesidades de los productores de papel.

Capítulo 1 Generalidades

1.1 Historia del papel

La invención del papel se atribuye a Ts'aiLun, en el año 105 a. C. En esa época era el jefe de los eunucos del Emperador, y estaba al frente de los suministros de la Casa Real. Ts'aiLun fue el primero en organizar la producción del papel a gran escala, y se las arregló para conseguir las patentes exclusivas para hacerlo. China en ese tiempo era ya una sociedad burocrática que requería documentos en abundancia para llevar sus registros por escrito. Estaban sentadas las bases para el desarrollo de un material más ligero, fácil de almacenar y transportar que las existentes tablillas de madera o las telas de seda. Posteriormente, por el año 800 D.C, apareció en Egipto, iniciándose su fabricación 100 años después.¹

Los egipcios usaron material vegetal en la fabricación de papiros y piel de cabra y oveja para los pergaminos. El papiro alcanza entre uno y tres metros de altura. Las hojas son largas y los tallos son blandos y de sección triangular. La parte inferior del tallo es tan gruesa como un brazo humano. La médula del papiro era consumida hervida pero su principal uso fue en la elaboración de un material parecido al papel. La fabricación era a partir de capas de la médula dispuestas longitudinal y transversalmente. Todo esto se impregnaba de agua, se prensaba y se secaba. Tras el secado el papiro se frotaba contra una pieza de marfil o una concha lisa. El tamaño fluctuaba entre los 12,5x12,5 centímetros y entre los 22,5x37,5 centímetros. Cada "papel" se unía a otro formando rollos de entre 6 y 9 metros. Los egipcios escribían sobre el papiro en columnas de 7,6 cm de ancho, el tamaño para la prosa literaria y en la poesía las columnas eran más anchas. 2

En Europa el papel fue introducido por los árabes, quienes en el siglo VIII hicieron prisioneros en el Turquestán a soldados chinos conocedores de su fabricación. Los

¹Turner, S, "*Appendices. A Short History of Papermaking. Which Paper?*" Ed. Design Press, New York, 1991.

²<http://www.nevado.com.mx> visitado Enero de 2013

musulmanes mejoraron la técnica de producción del papel utilizando materiales como algodón, lino y cáñamo.³

Con el pasar los siglos las técnicas se extendieron a otros países europeos. El papel podía ser confeccionado en grandes cantidades y a bajo precio. Las características de este nuevo material era que a simple vista tenía aspecto algodonoso, tenía menos cuerpo y se desgarraba con facilidad. En comparación al pergamino, el papel es más ligero, suave y de superficie rugosa. En un principio el papel fue utilizado como borrador de cartas, para tomar apuntes, prohibiéndose su empleo en documentos oficiales.⁴

Los cultivos de cáñamo y lino se extendieron por toda Europa. Se perfeccionaron las técnicas del encolado y se mejoraron las máquinas, mismos que significaron la masificación de su uso. Era tan beneficioso que los mercaderes italianos lo dieron a conocer por todas sus rutas hasta que finalmente el pergamino fue remplazado por el papel. Aquellos edictos que prohibían su uso en documentos oficiales fueron dejándose de lado y progresivamente comenzó su empleo en documentos notariales y de cancillería.⁵

En el siglo XIII los holandeses inventaron una máquina que entregaba una pasta de mejor calidad, más refinada y en menos tiempo. A mediados de siglo XV se inventó la imprenta y se conocieron los tipos móviles. Este hito significó el abaratamiento de la impresión de libros y estimuló la fabricación del papel. El uso del papel aumentó en los siglos XVII y XVIII provocando una escasez de trapos, única materia prima conocida por los impresores europeos. Buscaron múltiples sustitutos pero ninguno alcanzó interés comercial. Simultáneamente, se intentó reducir el costo del papel por medio de una máquina que remplazará el proceso de moldeado a mano en la fabricación del papel.⁶

En 1798 el francés Nicholas Louis Robert inventó una máquina que abarataría los precios, y fue mejorada por los hermanos ingleses Henry y Sealy Fourdrinier en 1803. Producir una materia prima barata era, hasta ese entonces, uno de los grandes

³<http://www.nevado.com.mx> visitado Enero de 2013

⁴Forest Products Laboratory, *“Wood handbook, wood as engineering material”*, USDA, United States, 1999

⁵<http://www.nevado.com.mx> visitado Enero de 2013

⁶<http://www.nevado.com.mx> visitado Enero de 2013

problemas. Sin embargo, por 1840, se inventó la primera máquina que tenía por objetivo triturar la madera para fabricar pulpa.⁷

Diez años después se conoció el proceso químico para éste fin. En 1844 Federico Gottlob Keller consiguió por primera vez, mediante procedimiento mecánico, la pasta de madera. Por 1852 Meillier descubrió la celulosa y Tilghman patentó el procedimiento mediante el cual se obtenía celulosa de la madera a base de bisulfito de calcio.⁸

De aquí en adelante los futuros mecanismos sólo buscarían la perfección de la maquinaria existente, la utilización de nuevos materiales y la disminución de los tiempos productivos. La industria papelera siempre ha estado en constante desarrollo y durante el siglo XX alcanzó elevados niveles de producción. Estados Unidos y Canadá son los mayores productores mundiales de papel, pulpa y productos papeleros⁹

1.2 Campo de Aplicación del Papel

El papel es una estructura obtenida en base a fibras vegetales de celulosa, las cuales se entrecruzan formando una hoja resistente y flexible. Estas fibras provienen del árbol y, según su longitud, se habla de fibras largas de aproximadamente 3 milímetros (generalmente obtenidas de pino insigne u otras coníferas) o de fibras cortas de 1 a 2 milímetros (obtenidas principalmente del eucalipto). Según el proceso de elaboración de la pulpa de celulosa, ésta se clasifica en mecánica, química o semiquímica, cada una de las cuales da origen a diferentes tipos de papel en cuanto a rigidez y blancura.

Dependiendo del uso final que se le dará al papel, en su fabricación se utiliza una mezcla de los diferentes tipos de fibras, las que aportarán sus características específicas al producto final. Así, un papel para fabricar sacos de cemento en que su resistencia es muy importante, se fabrica con fibras largas, en cambio un papel para escribir, en que su resistencia no es un atributo clave, pero si su formación, textura y opacidad, se fabrica principalmente con fibras cortas. Dentro de las tendencias actuales, las que se enmarcan dentro del crecimiento sustentable, el reciclado de papel ha tomado hoy una importancia

⁷ Agosin, E, "*Lignina, un recurso que promete*", Revista Creces, Noviembre 1986 (<http://www.creces.cl>)

⁸ <http://www.nevado.com.mx> visitado Enero de 2013

⁹ Forest Products Laboratory, "*Wood handbook, wood as engineering material*", USDA, United States, 1999

preponderante y es así como los últimos proyectos de papel para periódicos, tissue, papeles para corrugar e incluso papel para sacos se están produciendo con materia prima reciclada, logrando valores semejantes a los productos vírgenes. El Papel está siempre presente en nuestra vida diaria ya que cubrirá necesidades tales como el pañal del recién nacido, el papel higiénico, los cuadernos para estudiar, los blocks para dibujar, las agendas para anotar, los libros para leer, los periódicos, en fin, muchos otros.¹⁰

Los papeles para corrugar se utilizan para fabricar las típicas cajas de color café con que se embalan televisores, electrodomésticos, productos para el hogar y principalmente fruta de exportación, vinos, salmones, etc. Otro ejemplo los papeles de Impresión y escritura, como sus nombres lo indican, son de uso diario en colegios y oficinas; su color usualmente es blanco. El papel típico es el de los cuadernos escolares.

Las cartulinas, se emplean para fabricar los envases de pasta dental, perfumes, detergentes, los cereales, la leche líquida de larga vida, etc. Uno de los más comunes es el papel para periódico; en estos papeles se imprimen los diversos periódicos que circulan a diario por todo el país.

Los papeles tissue¹¹ son de uso común en los baños y cocinas como por ejemplo el papel higiénico, servilletas de papel, toallas absorbentes y pañuelos desechables.

Papeles para envolver Todo tipo de papeles utilizados en el embalaje de paquetes, encomiendas, en el comercio, etc.¹²

Los campos de aplicación del papel son demasiados que es casi imposible el poder describir todas sus aplicaciones en un capítulo sin embargo; el papel siempre estará en función de sus propiedades, las cuales le permite uno o varios usos dependiendo la variación de cada una de sus propiedades.¹³

Las propiedades del papel se pueden agrupar en propiedades mecánicas o de resistencia y propiedades visuales o de presentación. Una de las principales propiedades mecánicas es la rigidez. Ésta depende de las fibras que forman el papel, ya que un papel producido con mayor contenido de fibra larga será más rígido que aquel fabricado con mayor

¹⁰ www.empresascmpc.cl visitado Enero de 2013

¹¹ Papel fino de alta absorción, y de gran finura

¹² www.empresascmpc.cl visitado Enero de 2013

¹³ www.empresascmpc.cl visitado Enero de 2013

cantidad de fibra corta. También el tipo de pulpa de celulosa usado afecta la rigidez que tendrá el papel. En este caso, la pulpa mecánica aporta más rigidez que la pulpa química. Otras propiedades mecánicas son la resistencia al rasgado, la resistencia superficial y la resistencia a la absorción de agua. Respecto a las propiedades visuales, se distinguen principalmente la blancura, brillo, tersura y opacidad del papel. Por último, otras propiedades importantes son el gramaje- que indica el peso en gramos por metro cuadrado de papel-, la estabilidad dimensional que es la capacidad del papel de mantener sus dimensiones originales al variar las condiciones ambientales o al verse sometido a esfuerzos, y la humedad, que es el contenido de agua como porcentaje del peso total del papel.¹⁴

1.3 Tipos de Papel

Existen diferentes tipos de papel, cada uno con una finalidad en específico que mediante sus propiedades permitirá el desarrollo de diversas actividades, en función a esto a continuación se mencionan algunos tipos de papel más comunes y útiles para el ser humano.

- Papel cristal: Papel translúcido, muy liso y resistente a las grasas, fabricado con pastas químicas muy refinadas y subsecuentemente calandradas. Es un semisulfurado de calidad superior fuertemente calandrado. La transparencia es la propiedad esencial. Papel rígido, bastante sonante, con poca mano, sensible a las variaciones higrométricas. A causa de su impermeabilidad y su bella presentación, se emplea en empaquetados de lujo, como en perfumería, farmacia, confitería y alimentación. Vivamente competido por el celofán o sus imitaciones.
- Papel de estraza: Papel fabricado principalmente a partir de papel recuperado sin clasificar.
- Papel libre de ácido: En principio, cualquier papel que no contenga ningún ácido libre. Durante su fabricación se toman precauciones especiales para eliminar cualquier ácido activo que pueda estar en la composición, con el fin de incrementar la permanencia del papel acabado. La acidez más común proviene

¹⁴ www.empresascmpc.cl visitado Enero de 2013

del uso de aluminio para precipitar las resinas de colofonia usadas en el encolado, de los reactivos y productos residuales del blanqueo de la pasta (cloro y derivados) y de la absorción de gases ácidos (óxidos de nitrógeno y azufre) de atmósferas contaminadas circundantes. Un proceso de fabricación de papel ácido es incompatible con la producción de papeles duraderos.

- Papel kraft: Papel de elevada resistencia fabricado básicamente a partir de pasta química kraft (al sulfato). Puede ser crudo o blanqueado. En ocasiones y en algunos países se refiere al papel fabricado esencialmente con pastas crudas kraft de maderas de coníferas. Los crudos se usan ampliamente para envolturas y embalajes y los blanqueados, para contabilidad, registros, actas, documentos oficiales, etc. El término viene de la palabra alemana para resistencia.
- Papel liner; Papel de gramaje ligero o medio que se usa en las cubiertas, caras externas, de los cartones ondulados. Se denomina kraftliner cuando en su fabricación se utiliza principalmente pasta al sulfato (kraft) virgen, cruda o blanqueada, normalmente de coníferas. La calidad en cuya fabricación se utilizan fibras recicladas se denomina testliner, a menudo constituido por dos capas.
- Papel (cartón) multicapa: Producto obtenido por combinación en estado húmedo de varias capas o bandas de papel, formadas separadamente, de composiciones iguales o distintas, que se adhieren por compresión y sin la utilización de adhesivo alguno.
- Papel semi sulfurizado: Papel exento de pasta mecánica que presenta una elevada resistencia a la penetración por grasas, adquirida simplemente mediante un tratamiento mecánico intensivo de la pasta durante la operación de refinado, que también produce una gelatinización extensiva de las fibras. Su porosidad (permeabilidad a los gases) es extremadamente baja. Se diferencia del sulfurizado verdadero en que al sumergirlo en agua, durante un tiempo suficiente, variable según la calidad.
- Papel sulfurizado: Papel cuya propiedad esencial es su impermeabilidad a los cuerpos grasos y, asimismo, una alta resistencia en húmedo y buena impermeabilidad y resistencia a la desintegración por el agua, incluso en ebullición. La impermeabilización se obtiene pasando la hoja de papel durante unos segundos por un baño de ácido sulfúrico concentrado (75%, 10 °C) y

subsiguiente eliminación del ácido mediante lavado. Al contacto con el ácido, la celulosa se transforma parcialmente en hidrocélulosa, materia gelatinosa que obstruye los poros del papel y lo vuelve impermeable.

- **Papel tisúe:** Papel de bajo gramaje, suave, a menudo seco, compuesto predominantemente de fibras naturales, de pasta química virgen o reciclada, a veces mezclada con pasta de alto rendimiento (químico-mecánicas). Es tan delgado que difícilmente se usa en una simple capa. Dependiendo de los requerimientos se suelen combinar dos o más capas. Se caracteriza por su buena flexibilidad, suavidad superficial, baja densidad y alta capacidad para absorber líquidos. Se usan para fines higiénicos y domésticos, tales como pañuelos, servilletas, toallas y productos absorbentes similares que se desintegran en agua.
- **Papel permanente:** Un papel que puede resistir grandes cambios físicos y químicos durante un largo período (varios cientos de años). Este papel es generalmente libre de ácido, con una reserva alcalina y una resistencia inicial razonablemente elevada. Tradicionalmente la comunidad cultural ha considerado crucial usar fibras de alta pureza (lino o algodón) para asegurar la permanencia del papel. Hoy día, se considera que se ha de poner menos énfasis en el tipo de fibra y más sobre las condiciones de fabricación. Un proceso de fabricación ácido es incompatible con la producción de papeles permanentes.
- **Papel corrugado (fluting):** Papel fabricado expresamente para su ondulación para darle propiedades de rigidez y amortiguación. Normalmente fabricado de pasta semiquímica de frondosas, (proceso al sulfito neutro, neutral sulfite semichemical (NSSC)), pasta de alto rendimiento de paja de cereales o papel recuperado, se usa en la fabricación de cartones ondulados.
- **Papel de piedra:** Es una combinación de Carbonato Cálcico (80%) con una pequeña cantidad de resinas no-tóxicas (20%) para crear un sustrato sostenible fuerte. El Carbonato Cálcico proviene mayoritariamente de desperdicios de la industria de construcción, como el mármol, la caliza y el yeso, que son molidos en un polvo muy fino. Este proviene en parte de residuos post-industriales reciclados y actúa como un ligante para el Carbonato Cálcico. De la simbiosis de esos materiales resulta un producto que resiste fuertemente, tanto al agua como a las roturas. Es un proceso de fabricación ecológico y de los más modernos, durante el proceso de producción el consumo de energía representa

aproximadamente el 50% de lo que se consume fabricando pasta de papel normal, no hace falta utilizar para nada el agua y no se emite ningún gas tóxico.

- Papel China: Los primeros papeles chinos fueron creados de capullos y residuos de seda embebidos en agua, los cuales eran molidos y pulverizados a los que agregando agua quedaban reducidos a un barro que se extendía sobre una estera de ramas muy finas. El agua se filtraba a través de la estera y el barro al secarse daba origen a un pliego de papel pero de pobre calidad para la escritura, por ello y dadas sus características de maleabilidad, fueron utilizados principalmente para envolver, hacer lamparillas o faroles y cometas (papalotes, barriletes, etc.). Para darle mayor atractivo al delicado papel, se le añadió algunas veces color.¹⁵

¹⁵García, J.A, *“Fibras Papeleras”*, Ediciones UPC, Barcelona, 2007

Capítulo 2 Proceso de obtención del papel

Dentro de este capítulo se hablará de forma breve y general acerca del proceso de obtención de papel.

2.1 Características generales del proceso de obtención del papel.

Como ya se mencionó la fabricación de papel tiene su origen en China hacia el año 100 D.C. se utilizaban trapos, cáñamo, paja y hierba como materias primas y se golpeaban contra morteros de piedra para separar la fibra original. Aunque con el tiempo ganó terreno la mecanización, hasta el siglo XIX siguieron utilizándose los métodos de producción por lotes y las fuentes de fibra agrícolas.

Las primeras máquinas continuas de papel se patentaron en los años de cambio del siglo XIX al XX. Entre 1844 y 1884 se desarrollaron los primeros métodos para la obtención de pasta de madera, una fuente de fibra más abundante que los trapos o las hierbas; estos métodos implicaban la abrasión mecánica y la aplicación de procedimientos químicos a base de sosa cáustica, sulfitos y sulfatos (Celulosa al sulfato). Con estos cambios se inició la era moderna de la fabricación de pasta y de papel.

Hoy día, la industria se puede dividir en dos grandes sectores de acuerdo con los tipos de productos fabricados. La pasta se elabora generalmente en grandes fábricas situadas en las mismas zonas donde se recolecta la fibra (es decir, las principales regiones forestales). Muchas de estas instalaciones también fabrican papel (p. ej., papel prensa, papel de escribir, papel para imprenta o papel de seda) o cartón.

En fábrica donde se produce pasta blanqueada al sulfato, pasta termomecánica y papel prensa, las distintas operaciones de transformación se realizan habitualmente cerca de los centros de consumo y utilizan papel o pasta comercial para fabricar bolsas, cartones, contenedores, papel de seda, papel de envolver, papelería decorativa, material de oficina y otros semejantes. En los últimos años se ha acentuado la tendencia a que las empresas fabricantes de pasta y de papel pasen a formar parte de grandes compañías integradas de productos forestales. Estas compañías controlan las operaciones de recolección forestal, las serrerías, la fabricación de pasta y de papel, y los procedimientos de transformación.

Una estructura así planteada les garantiza una continua fuente de fibra, una utilización eficaz de los residuos de la madera y unos compradores asegurados, todo lo cual

favorece un aumento de su cuota de mercado. La integración se ha desarrollado en conjunción con la creciente concentración y mundialización, derivada de la orientación de las empresas hacia las inversiones internacionales.¹⁶

La carga financiera derivada del establecimiento de plantas industriales estimula esta tendencia para permitir economías de escala. Algunas empresas han alcanzado ya niveles de producción de 10 millones de toneladas, semejantes a la capacidad total de países con la máxima producción. Muchas son multinacionales, y algunas tienen fábricas en 20 o más países de todo el mundo. Con todo, aun cuando muchas de las empresas y fábricas más pequeñas estén desapareciendo, la industria aún cuenta con centenares de miembros.¹⁷

Se ha mencionado con anterioridad, algunas de las formas de obtener papel, sus fuentes de fibra para la fabricación de pasta y de papel se describen a continuación.

La estructura básica de la pasta y el papel es un entramado de fibras de celulosa (un polisacárido con 600 a 1.000 unidades de sacarosa) unidas mediante enlaces de hidrógeno. Una vez separadas del resto de componentes no celulósicos, mediante el proceso de elaboración de la pasta de papel, estas fibras tienen alta resistencia a la tracción, absorben los aditivos empleados para transformar la pasta en papel y cartón, y son flexibles, químicamente estables y blancas. Esos componentes no celulósicos son, en el caso de la madera, principalmente hemicelulosas (con 15 a 90 unidades iguales de sacarosa), ligninas (altamente polimerizadas y complejas, fundamentalmente monómeros de fenil-propano; actúan como aglutinante de las fibras), extractos (grasas, ceras, alcoholes, fenoles, ácidos aromáticos, aceites esenciales, oleorresinas, esteroides, alcaloides y pigmentos colorantes), y minerales y otros compuestos inorgánicos.¹⁸

En la Tabla 1 se muestra cómo varía la proporción relativa de estos componentes según la fuente de la fibra.

¹⁶ Casey, J.P., *"Pulpa y papel"*, Ed. Limusa, México, 1990.

¹⁷Stellman, J. y McCann, M., *"Enciclopedia de la salud y seguridad en el trabajo"*, Tercera Edición, Edit. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales Subdirección General de Publicaciones, Madrid 2001

¹⁸ Casey, J.P., *"Pulpa y papel"*, Ed. Limusa, México, 1990.

Tabla 1 Componentes químicos de las fuentes de pasta y de papel (%).¹⁹

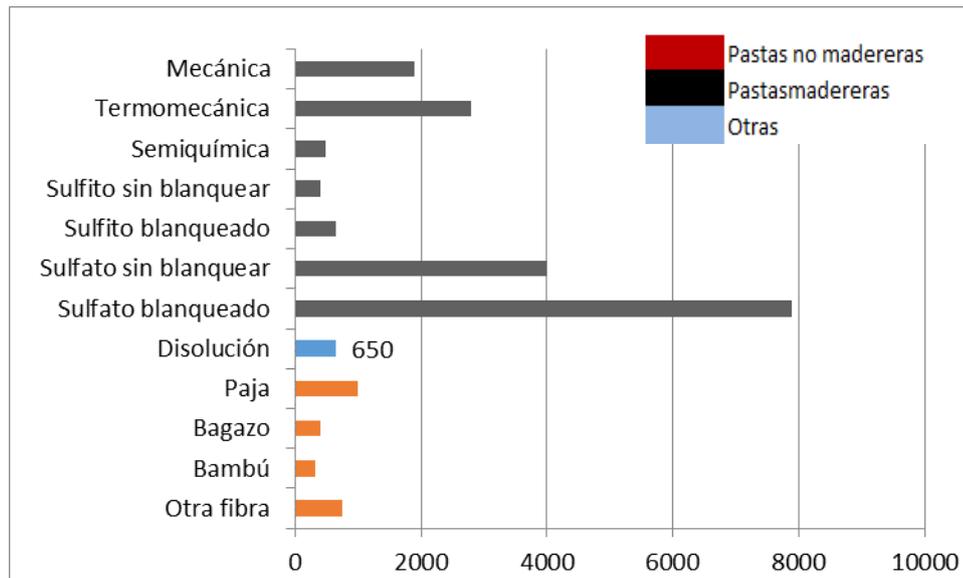
Fuente de fibra	Maderas blandas	Maderas duras	Paja	Bambú	Algodón
α-celulosa	38-46	38-49	28-42	26-43	80-85
Hemicelulosa	23-31	20-40	23-38	15-26	n.d
Lignina	22-34	16-30	12-21	20-32	n.d
Extraíbles	1-5	2-8	1-2	0.2-5	n.d
Minerales y otros compuestos inorgánicos	0.1-7	0.1-11	3-20	1-10	0.8-2

La principal fuente de fibra para la fabricación de pasta y de papel es la madera de coníferas y de especies arbóreas de hoja caduca. Fuentes secundarias son la paja de trigo, el centeno y el arroz; cañas, como el bagazo; los tallos leñosos del bambú, lino y cáñamo, y fibras de semillas, hojas y cortezas, como las del algodón, el abacá y el henequén o sisal. La mayor parte de la pasta se hace de fibra virgen, aunque la producción de papel reciclado es cada vez mayor, habiendo pasado del 20 % en 1970 al 33 % en 1991. La producción a partir de la madera supuso un 88 % de la producción mundial de pasta en 1994 (176 millones de toneladas, Gráfica 1); en consecuencia, la descripción de los procesos de elaboración de la pasta y del papel del siguiente artículo se centra en la producción basada en la madera. Los principios básicos se aplican también a otras fibras.²⁰

¹⁹Stellman, J. y McCann, M., *“Enciclopedia de la salud y seguridad en el trabajo”*, Tercera Edición, Edit. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales Subdirección General de Publicaciones, Madrid 2001

²⁰ Stellman, J. y McCann, M., *“Enciclopedia de la salud y seguridad en el trabajo”*, Tercera Edición, Edit. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales Subdirección General de Publicaciones, Madrid 2001

Gráfica 1: Producción Mundial de pasta por tipos²¹



Con respecto a la manipulación de la madera, llega a la fábrica de pasta en forma de troncos en bruto o como astillas de una planta de cortado de tablonos. En ocasiones, la propia fábrica dispone de serrerías que producen tanto tablonos comercializables como materia para la fábrica de pulpa. Aquí se examinan aquellos elementos de la preparación de la madera que son específicos de una fábrica de pasta de papel.

En la zona de preparación de la madera se llevan a cabo varias tareas básicas: recepción y cubicaje de la madera al ritmo requerido por la factoría; preparación de la madera para que responda a las especificaciones de aprovisionamiento por especies, limpieza y dimensiones de la fábrica; y recogida de todos los materiales desechados en las operaciones anteriores y envío para su eliminación final.

La madera se transforma en astillas o troncos adecuados para la transformación en pasta mediante una serie de pasos, entre los que figuran el descortezado, el aserrado, el astillado y el tamizado. Los troncos se descortezan porque la corteza contiene poca fibra, presenta un alto contenido de sustancias extractivas, es oscura y con frecuencia acarrea grandes cantidades de tierra. El descortezado se puede realizar hidráulicamente, mediante chorros de agua a alta presión, o mecánicamente, rozando los troncos unos con otros o con herramientas metálicas de corte.

²¹FAO 1995 , Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO (Food and Agriculture Organization por sus siglas en Inglés) <http://www.fao.org/docrep/03500s/03500s03.htm> (visitado en Enero de 2013)

Las descortezadoras hidráulicas se pueden utilizar en zonas costeras; sin embargo, las aguas residuales producidas no son fáciles de tratar y contribuyen a la contaminación del agua. Los troncos descortezados pueden serrarse en segmentos pequeños (1 a 6 metros) para la obtención de pasta mecánica a la piedra, o astillarse para los métodos de refinado mecánico o químico de obtención de pasta.

Las astilladoras producen astillas de una amplia gama de tamaños, pero la preparación de la pasta requiere que éstas sean de dimensiones muy específicas para asegurar un flujo constante a través de los refinadores y un nivel de reacción uniforme en los digestores. En consecuencia, las astillas se hacen pasar por una serie de cribas cuya misión consiste en clasificarlas por longitud y grosor. Las astillas demasiado grandes se vuelven a pasar por la astilladora, y las menores se utilizan como residuos combustibles o se vuelven a introducir en el flujo de astillas. Los requisitos de un proceso concreto de obtención de pasta y las condiciones de las astillas determinarán la duración de las astillas almacenadas.

Dependiendo del suministro de fibra y de la demanda de la fábrica, ésta puede mantener una reserva de astillas sin tamizar para un período de 2 a 6 semanas, normalmente apiladas al aire libre. Las astillas se pueden degradar como consecuencia de reacciones de auto oxidación y de hidrólisis, o de la acción de los hongos sobre los componentes de la madera. Para evitar la contaminación, los almacenamientos a corto plazo (de horas a días) se realizan en silos o arcones. Las astillas destinadas a pasta al sulfito se almacenan al aire libre durante varios meses para permitir la evaporación de los productos extractivos que pueden crear problemas en las operaciones subsiguientes. Las astillas utilizadas en fábricas de celulosa al sulfato (papel kraft), donde la trementina y el aceite resinoso se recuperan como productos comerciales, se envían directamente a la producción de pasta.²²(Ver Figura 1)

²²Stellman, J. y McCann, M., *“Enciclopedia de la salud y seguridad en el trabajo”*, Tercera Edición, Edit. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales Subdirección General de Publicaciones, Madrid 2001



Figura 1: Zona de almacenaje de astillas con alas cargadoras frontales.²³

Al elaborarse la pasta, los enlaces dentro de la estructura de la madera se rompen mecánica o químicamente. Las pastas químicas se pueden producir en medio alcalino (por ejemplo, sulfato o kraft) o en medio ácido (por ejemplo, sulfito). La mayor parte de la pasta se obtiene por el procedimiento al sulfato, seguida por los métodos mecánicos (semiquímico, termomecánico y mecánico) y por el procedimiento al sulfito.

En los procesos de elaboración de la pasta el rendimiento y la calidad del producto, los métodos químicos, difieren los productos químicos utilizados y en la proporción que puede recuperarse para reutilización. Es por ello que la elaboración de las pastas requiere de diferentes métodos para su obtención, podemos describir brevemente cada una de ellas.

Pasta mecánica: Este método de elaboración de pasta, inventado aproximadamente en 1840, es el más antiguo. Los troncos descortezados se presionan contra una muela giratoria, que separa las fibras a través de un procedimiento de arranque. Se añade agua para facilitar el proceso y también refrigerar la muela recalentada por la intensa fricción

²³Stellman, J. y McCann, M., *“Enciclopedia de la salud y seguridad en el trabajo”*, Tercera Edición, Edit. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales Subdirección General de Publicaciones, Madrid 2001

de los troncos presionados contra ella. La pasta atraviesa unas finas cribas, lo que permite sólo el paso de las fibras, depurándose además de todo material extraño, como, por ejemplo, arena o polvo.

Pasta termomecánica: En este método de producción, los troncos se cortan en astillas. Las astillas son lavadas para eliminar cualquier resto de arena o polvo que pudiera desgastar o desgarrar la maquinaria. Seguidamente, las astillas se calientan mediante vapor para ablandarlas y son introducidas con agua a presión en el refinador. El refinador consta de dos discos de contra rotación, ambos con canales radiales desde el centro hasta el borde exterior. Los mencionados canales van estrechándose conforme se aproximan al borde del disco. Las astillas reblandecidas son introducidas entonces por el centro y, gracias a la acción de los discos, se separan en fibras individuales al alcanzar el borde exterior de éstos. Las fibras no desprendidas completamente se desechan en la etapa de cribado, enviándose al refinador de desechos para su posterior tratamiento

Pasta química: Los troncos descortezados son cortados en astillas y lavadas antes de pasar a la etapa de fabricación de pasta. Las astillas se introducen en un amplio recipiente de cocción llamado digestor. Se añaden productos químicos para disolver la lignina y liberar las fibras. El proceso se propicia aumentando la temperatura del digestor hasta los 150-200°C. A continuación, la pasta se criba y se extraen los haces de fibras que no se han separado, lavándose seguidamente para eliminar cualquier resto químico, arena o polvo. Las sustancias químicas utilizadas son recicladas para su posterior reaprovechamiento en el proceso.

Como se puede observar la pasta química puede seguir diferentes procedimientos, es importante conocer los procesos químicos por los cuales pasa.

Preparación de pasta al sulfato: El procedimiento al sulfato produce una pasta más fuerte y oscura, y requiere la recuperación química para poder competir económicamente. Su punto de partida está en el procedimiento a la sosa (que utiliza únicamente hidróxido sódico para la digestión) y comenzó a adquirir importancia en la industria del decenio de 1930 al de 1950 con el desarrollo del blanqueo por dióxido de cloro y la implantación de procedimientos químicos de recuperación, que también producen vapor y energía para la fábrica. También desempeñó un papel importante el

desarrollo de los metales anticorrosión, como el acero inoxidable, para manejar el entorno ambiental de las fábricas de pasta ácida y de pasta alcalina.

La mezcla de cocción (licor blanco) es hidróxido sódico (NaOH) y sulfuro de sodio (Na₂S).

La moderna pasta kraft se transporta generalmente en digestores continuos con frecuencia revestidos de acero inoxidable. La temperatura del digestor se sube lentamente hasta unos 170°C y se mantiene a ese nivel durante 3 ó 4 horas. La pasta se tamiza para separar los trozos de madera que hayan quedado sin digerir, se lava para separar la mezcla de cocción utilizada (ahora licor negro) y se envía o a la nave de blanqueado o a la de la máquina de producción de pasta. La madera sin digerir se devuelve al digestor o a la caldera para quemarla y producir energía.

El licor negro recogido del digestor y el papel pardo de los lavaderos contienen sustancias orgánicas disueltas cuya composición química exacta depende de las características de la especie de la madera y de las condiciones de la cocción. El licor se concentra por evaporación hasta que su contenido en agua es inferior al 40 %, y se pulveriza en la caldera de recuperación. La parte orgánica se consume como combustible, generando calor que se recupera en la parte superior del horno en forma de vapor a elevada temperatura. La parte inorgánica no quemada se recoge en el fondo de la caldera como una mezcla fundida. El fundido fluye fuera del horno y se disuelve en una solución cáustica débil, obteniéndose un “licor verde” que contiene principalmente Na₂S²⁴ disuelto y carbonato sódico (Na₂CO₃). Este licor se bombea a una planta de recaustificación, donde se clarifica y entonces reacciona con cal apagada, formando Hidróxido de Sodio (NaOH) y carbonato cálcico (CaCO₃). El licor blanco se filtra y se almacena para su ulterior uso. El CaCO₃²⁵ se envía a un horno de cal, donde se calienta para regenerar la cal.

Preparación de pasta al sulfito: El procedimiento al sulfito dominó la industria papelera desde finales del siglo XIX hasta mediados del XX, si bien estaba limitado por los tipos de madera utilizables y por la contaminación creada al eliminar el licor residual sin tratar en los cauces. Procedimientos posteriores soslayaron muchos de aquellos problemas, pero la pasta elaborada al sulfito representa actualmente tan sólo un pequeño

²⁴Sulfuro de Sodio

²⁵ Carbonato de Calcio

segmento del mercado de la pasta. Aunque suele utilizarse la digestión en medio ácido, existen variantes en las que se emplean un medio neutro o un medio básico. El licor de cocción de ácido sulfuroso (H_2SO_3) e ion bisulfito (HSO_3^-). Se quema azufre elemental para producir dióxido de azufre (SO_2), que se hace pasar a través de una torre de absorción que contiene agua y una de las cuatro bases alcalinas (CaCO_3 , el sulfito original, Na_2CO_3 , hidróxido de magnesio ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) o hidróxido amónico (NH_4OH) que producen el ácido y el ion y controlan sus proporciones. Normalmente, la pasta al sulfito se carga en digestores discontinuos revestidos de ladrillos. Para evitar reacciones no deseadas, los digestores se calientan lentamente hasta una temperatura máxima de 130 a 140° C, y las astillas se cuecen durante mucho tiempo (6 a 8 horas). Al aumentar la presión del digestor, el dióxido de azufre gaseoso (SO_2) se purga y se vuelve a mezclar con el ácido de la cocción. Cuando quedan aproximadamente de 1 a 1,5 horas de cocción, se interrumpe la calefacción y se disminuye la presión extrayendo gas y vapor de agua. La pasta se descarga en un tanque, se lava y criba. La mezcla usada en la digestión, llamada licor rojo, se puede utilizar para recuperar calor y productos químicos en todos los procedimientos menos en el que tiene como base bisulfito sódico. Para la pasta al sulfito amónico, el licor rojo diluido se deja primero para eliminar el SO_2 residual, y se concentra y se quema. El gas que sale contiene SO_2 se enfría y se pasa a través de una torre de absorción en la que se combina con amoníaco para regenerar el licor de cocción. Finalmente, el licor se filtra, se refuerza con SO_2 y se almacena. El amoníaco no se puede recuperar porque se transforma en nitrógeno y agua en la caldera de recuperación.²⁶

En la pasta al sulfito de magnesio, al quemar el licor concentrado se obtiene óxido de magnesio (MgO) y SO_2 , que se recuperan fácilmente. No se produce fusión en este proceso; se recoge bastante MgO del escape de gas y se apaga con agua para producir hidróxido de magnesio ($\text{Mg}(\text{OH})_2$). El SO_2 se enfría y se combina con el $\text{Mg}(\text{OH})_2$ en una torre de absorción para reconstituir el licor de cocción. El bisulfito de magnesio ($\text{Mg}(\text{HSO}_3)_2$) se refuerza con SO_2 y se almacena. Es posible una recuperación del 80 al 90 % de los reactivos de cocción. La recuperación del licor de cocción de la base de sulfito sódico es más complicada. Se incinera el licor de cocción concentrado utilizado y aproximadamente el 50 % del azufre se transforma en SO_2 . El resto de azufre y de sodio se recoge del fondo de la caldera de recuperación como una fusión de Na_2S y

²⁶ Kirk, R, "*Enciclopedia de tecnología química*", Ed. John Wiley & Son, New York, 1992.

Na_2CO_3 . Esta se disuelve para producir licor verde, que se transforma en bisulfito sódico (NaHSO_3) en varios pasos. El NaHSO_3 se refuerza y se almacena. El proceso de recuperación produce algunos gases sulfurados, en particular sulfuro de hidrógeno (H_2S).²⁷

Cabe señalar que una alternativa ambiental es la producción de pasta a partir de fibras recuperadas, la colecta de diarios y revistas antiguas, devolución de editoriales y excedentes de impresión constituyen la base de la pasta fabricada a partir de fibra recuperada. Esta recogida requiere de una importante inversión para el despliegue de contenedores de reciclaje en ubicaciones de fácil acceso para la ciudadanía. Ello se une a las recogidas comerciales por parte de editoriales e impresores a fin de obtener el volumen de materia prima necesario para una contribución significativa a la producción de papel. La primera etapa de producción combina una cantidad determinada de diarios y revistas, una solución de jabón de ácido graso y un gran volumen de agua caliente, que se hace rotar dentro de un tanque para la elaboración de una solución. Con esta acción se desprenden las fibras y se inicia el proceso de destintado, al deshacerse la unión entre la tinta y las fibras. Por otra parte, en esta fase se genera la mayor cantidad de material pesado no deseado que acompaña a los diarios y revistas, entre los que se incluyen grapas, material publicitario añadido de las revistas, fundas de CD, envolturas plásticas y demás elementos extraños. También se eliminan otros materiales no deseados con los depuradores centrífugos y el cribado de la pasta.

La pasta se limpia ahora en un proceso de lavado de múltiples etapas que extrae sistemáticamente más del 99% de la tinta adherida a las fibras. El jabón de ácido graso se agrega en un recipiente de gran tamaño con agua caliente y la pasta sucia. El jabón desprende la tinta de las fibras. Se aplica aire comprimido que va desde el fondo del recipiente hasta la superficie, lo que genera burbujas de jabón que atraen las partículas de tinta liberadas. Estas burbujas con tinta adherida ascienden hasta la superficie del agua para formar una espuma sucia, que se elimina con el agua residual. El procedimiento se repite con múltiples tanques hasta depurar por completo la pasta. Puede requerirse cierto blanqueo de la pasta para estabilizar su blancura hasta un nivel uniforme y constante.²⁸

²⁷Stellman, J. y McCann, M., *“Enciclopedia de la salud y seguridad en el trabajo”*, Tercera Edición, Edit. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales Subdirección General de Publicaciones, Madrid 2001

²⁸<http://www.sca.com> *“SCA Publications Paper”*, España, 2010, N° FSC: SGS-COC-00332

Ya que se ha preparado la pasta es necesario llevar un blanqueo a la misma, para poder obtener la mejor calidad posible en nuestro producto terminado.

El blanqueo es un requisito esencial para la obtención de una alta calidad. La pasta elaborada con cualquiera de los métodos de fabricación presenta un aspecto algo parduzco. Todas las pastas pueden blanquearse para aumentar su blancura. El blanqueo resulta imprescindible en la producción de papel para impresión de alta calidad, para una reproducción de colores superior. Aunque el gas de cloro y el dióxido de cloro son extremadamente eficaces en el blanqueo de fibras de madera, las consideraciones ambientales han llevado a la eliminación gradual de dichas sustancias químicas en el proceso de blanqueo. Los compuestos de cloro no pueden neutralizarse completamente en la estación de tratamiento de efluentes de la fábrica. Por lo tanto, las aguas procesadas vertidas en ríos o mar contendrían aún residuos de compuestos de cloro (dioxinas, etc.) que consumen oxígeno y destruyen los hábitats acuáticos.

La pasta blanqueada sin ayuda de estas sustancias químicas se denomina “totalmente libre de cloro” (TCF en sus siglas inglesas).

Las sustancias químicas utilizadas habitualmente para el blanqueo son las siguientes:

- Oxígeno (O_2),
- Ozono (O_3)
- Peróxido de hidrógeno (H_2O_2).

En las pastas mecánicas, el blanqueo mediante peróxido es el método más común para la obtención de grados de blancura superior.

Todos los residuos resultantes del uso de estos compuestos pueden tratarse con mayor facilidad en la estación de tratamiento de efluentes y el vertido final en el agua no supone efecto perjudicial alguno para la vida acuática.

Ya que se ha dotado a la pasta de la blancura adecuada, puede agregarse colorante para la estabilización del tono exacto. El ojo humano es muy perceptivo con las diferencias tonales. Podrán introducirse en la pasta otros aditivos y materiales de proceso, dependiendo del producto final. Antes de la entrada de la pasta en la caja de admisión se agrega gran cantidad de agua. Por lo cual la pasta se somete a un refinado que busca una mayor desfibrilación de las fibras resultantes en la digestión, que consiste en la

separación de las capas de la celulosa que componen a las fibras para aumentar la superficie de contacto entre ellas y generar de esta forma más puntos de unión y papeles más resistentes.²⁹

Concluida la preparación de la pasta, viene la preparación de la hoja de papel, este procedimiento se describirá brevemente en este capítulo

Utilizando diferentes tipos de máquinas, la pulpa se va depositando, y por drenado, vibración y succión se elimina el exceso de agua.

La pulpa, se lleva a la caja de admisión, en la caja de admisión, la pasta se compone de un 99% de agua y materiales de proceso y de un 1% de fibra. Se necesita este volumen de agua para evitar la floculación, es decir, la tendencia de las fibras a aglutinarse. De permitirse esto, la hoja de papel presentará una deficiente formación. Para evitar la floculación se genera una turbulencia en la caja de admisión. La caja de admisión distribuye un flujo controlado y regular de pasta a la siguiente parte de la máquina de papel para empezar a formar la hoja de papel.³⁰

Dentro de las máquinas que tenemos para este proceso se encuentran:

1. Máquina Fourdrinier: El corazón de la máquina Fourdrinier es una cinta sin fin de tela metálica que se mueve horizontalmente. La pulpa acuosa cae sobre la cinta, que va circulando sobre una serie de rodillos. Una pila poco profunda situada bajo la cinta recoge la mayor parte del agua que escurre en esta etapa. Esta agua se vuelve a mezclar con la pulpa para aprovechar la fibra que contiene. La extensión de la hoja de pulpa húmeda sobre la cinta se limita mediante tiras de goma que se mueven por los lados de la cinta. A medida que el papel avanza, pasa bajo un cilindro giratorio cubierto de tela metálica o de alambres individuales, llamado cilindro deafiligranar, que confiere al papel una textura apropiada. Además, la superficie del cilindro tiene letras o figuras trazadas con alambre que pasan al papel en forma de marcas de agua que identifican al fabricante y la calidad del papel. En los papeles fabricados a mano, las figuras de estas marcas se fijan a la superficie del molde. Cerca del final de la máquina, la cinta pasa a través de dos rodillos cubiertos de lonas (normalmente

²⁹Eldred, N, "*Chemistry of paper*", Edi Chemistry for the Graphics arts. Graphic Arts Technical Foundation, 1992

³⁰ Heller, J, "*About paper, Paper Making*", Watson-Guption Publication, Nueva York, 1992.

son lonas tejidas). Estos rodillos extraen aún más agua de la tira de papel y consolidan las fibras, con lo que quedan al papel suficiente resistencia para continuar pasando por la máquina sin el soporte de la cinta. La función de estos rodillos es la misma que la de las lonas empleadas en la fabricación manual. A continuación, el papel se transporta mediante una cinta de tela a través de dos grupos de cilindros de prensado de metal liso. Estos cilindros proporcionan un acabado liso a las dos superficies del papel. Una vez prensado, el papel está totalmente formado; después se pasa por una serie de rodillos calientes que completan el secado. La siguiente etapa es el satinado, un prensado con rodillos fríos lisos que produce el acabado mecánico. Al final de la máquina Fourdrinier, el papel se corta con cuchillas giratorias y se enrolla en bobinas. La fabricación del papel se completa cortándolo en hojas, a no ser que se vaya a emplear en una imprenta continua que utilice el papel en rollos.³¹

2. *Máquina de papel plana o de doble tela (Twinwire)*: La suspensión de pasta se traslada de la caja de admisión a la sección de tela mediante un flujo controlado y constante. La tela es una malla con finos orificios en la que se inicia el proceso de drenaje de la suspensión, que permite que las fibras formen una alfombrilla entretejida. La tela se desplaza aproximadamente a la misma velocidad que el chorro de suspensión. Ello se conoce como relación chorro/tela, que determina la formación de fibras en una capa entretejida y cohesionada al comenzar el drenaje del agua de la suspensión. La mayoría de las fibras se orientan en el sentido de desplazamiento de la tela, lo que resulta en un papel con una mayor resistencia en la dirección de la máquina respecto a su sentido transversal. Si el proceso de drenaje se basara exclusivamente en la hoja de papel resultante presentaría dos superficies bien diferenciadas. Con el fin de evitar un papel con dos caras distintas, una segunda tela procesa la parte superior de la suspensión en su desplazamiento sobre la tela inferior. El uso de chapas de turbulencia y cajas de aspiración posibilita el drenaje del lado superior de la suspensión, uniformizando así la distribución de fibras finas y disminuyendo la diferencia

³¹ Turner, S, "*Appendices. A Short History of Papermaking. Which Paper?*" Ed. Design Press, New York, 1991.

entre las caras. La sección de tela incrementa el grado de sequedad del 1 al 16-19%.³²

3. *Máquina de papel con Gap Former*: Entre los últimos avances en tecnología papelería se incluye la producción de sistemas Gap Former, utilizados en máquinas de papel de alta velocidad. Esta tecnología extrae la pasta suspendida de la caja de admisión y la inyecta mediante boquillas individuales en todo el ancho de la máquina de papel, directamente entre las dos telas. Ello permite el drenaje simultáneo de ambos lados, propiciando una estructura más uniforme en la formación de la hoja. En un dispositivo Gap Former, la formación y deshidratación de la hoja se inicia justo en el momento de introducir la pasta entre las telas. En una caja de admisión Gap Former, la pasta se inyecta entre las telas para comenzar la formación de la hoja de papel.

Una vez que la pasta ha pasado por cualquiera de estas máquinas o alguna otra, se lleva a la sección de prensado, una vez formada la hoja de papel, la eliminación del agua continúa en la sección de prensado de la máquina de papel. La hoja de papel, todavía con un alto contenido de agua, atraviesa una serie de grandes rodillos de acero que la comprimen, expulsando así una mayor cantidad de agua. La hoja de papel se sujeta a modo de “sándwich” entre capas de fieltro absorbente al pasar por entre los rodillos. El fieltro actúa como un papel secante en la absorción de agua, mientras que unas cajas de vacío extraen el agua de los fieltros antes de volver a encontrarse con la hoja de papel. Al final de la sección de prensado, el grado de sequedad se sitúa sobre el 40-50%. La hoja de papel ya puede sostenerse por sí misma.

Ya que paso por el prensado debe pasar a la sección de secado, esto para fijar el grado final de humedad del papel se elimina más cantidad de agua por evaporación. La sección de secado consta de una serie de cilindros calentados mediante vapor sobre los que pasa la hoja de papel. Los cilindros se disponen de modo que contactan primero con un lado del papel y luego con el otro para garantizar su homogénea deshidratación. La hoja de papel puede apoyarse durante esta fase o bien soportarse por sí misma, en

³²Eldred, N, *“Chemistry of paper”*, Edi Chemistry for the Graphics arts. Graphic Arts Technical Foundation, 1992

función del diseño del equipamiento. El apoyo mejora el contacto y la transferencia de calor, al tiempo que facilita una alta velocidad operacional.³³

El papel se ha fabricado ahora conforme a la especificación adecuada y puede adoptar distintas vías en su posterior procesamiento. Para el papel prensa y productos basados en dicho papel, basta tal vez con una satinadora para obtener el producto acabado. Una calandra satinadora consta de una serie de rodillos de acero que presionan ambos lados del papel para alisar las fibras de la superficie exterior. Algunas máquinas de papel completan el proceso con una calandra blanda, que incluye dos pares de rodillos de acero. En cada par, uno de los rodillos va cubierto con un material plástico blando, y se disponen de forma que ambos lados del papel contactan con cada uno de los rodillos. El emparejamiento de un rodillo blando con otro duro genera diferentes fuerzas de fricción sobre el papel, aportando un ligero efecto satinado en el alisamiento de sus fibras. El papel que va a someterse a un procesamiento adicional para la obtención de un producto final, se enrolla sobre un eje de acero y se forma un rollo gigante, también denominado tambor. Al final, el grado de sequedad es del 90-95%, dependiendo del tipo de producto elaborado.³⁴

Dependiendo la producción de papel que se requiera para una mayor calidad y blancura, durabilidad prolongada, se puede añadir una capa de estuco al papel base producido, este procedimiento se conoce como estucado. Donde la capa de estuco se compone principalmente de caolín (arcilla) y carbonato cálcico (CaCO_3). Se necesitan aglutinantes para garantizar que el material fino y polvoriento del caolín y el carbonato cálcico se adhieran al papel base formando una capa cohesionada. Al objeto de realzar la apariencia del papel pueden agregarse también otros materiales, como los blanqueadores ópticos, que convierten la luz ultravioleta al espectro visible, lo que dota al papel de un aspecto blanco-azulado.

El papel puede presentar en su configuración final un acabado brillante o mate, dependiendo de los procesos posteriores.

El estucado se lleva a cabo en las estucadoras, en la mayor parte de los procesos de producción de papel para publicaciones, el estucado puede realizarse de dos maneras

³³Eldred, N, "*Chemistry of paper*", Edi Chemistry for the Graphics arts. Graphic Arts Technical Foundation, 1992

³⁴Eldred, N, "*Chemistry of paper*", Edi Chemistry for the Graphics arts. Graphic Arts Technical Foundation, 1992

distintas, o mediante una combinación de ambos métodos. En el estucado por película se aplica un grosor de volumen regulado sobre el papel base. La capa de estuco se adapta a la forma del papel base, resultando en una capa de grosor constante. En el estucado por cuchilla, por el contrario, se aplica una capa por encima del volumen final de estuco necesario. El estuco sobrante lo retira del papel base una cuchilla, lo que produce una capa superficial lisa de estuco. Con ambos métodos, primero se estuca y se seca una cara del papel y luego la otra, siguiendo el mismo método. El secado se efectúa a través de secadores por flotación de aire e infrarrojos, según el fabricante del equipamiento.

El papel se satina para proporcionarle su acabado final. La función de la calandra consiste en corregir las pequeñas anomalías en la estructura del papel y aportar a éste el acabado final. En el papel estucado, la calandra pule la superficie estucada para proveer una suavidad y un brillo de acabado conforme a la especificación requerida.

En el papel súper calandrado (SC), el mismo caolín y carbonato cálcico utilizado en la fabricación del estuco se integra con la pasta en la fase de mezcla (la masa), antes de su llegada a la caja de admisión de la máquina de papel. Durante la formación de la hoja de papel, estos minerales se distribuyen por toda la estructura del papel, trasladándose una cantidad superior hacia las capas exteriores del papel. Estos minerales, junto con la fibra de la superficie del papel, se plastifican y orientan en una estructura consolidada mediante presión y calor. El resultado es una superficie de papel uniforme y brillante, adecuada para impresión en rotativas tanto offset como en huecograbado³⁵

Las calandras están disponibles en distintas formas, entre otras, satinadoras, según lo descrito anteriormente en este prospecto, calandras blandas y súper calandras. Todas ellas realizan el acabado de la superficie del papel de acuerdo a sus especificaciones finales. Las calandras se componen de juegos de rodillos de acero por los que pasa el papel. Los rodillos aplican calor y presión al papel, lo cual pule su superficie hasta el nivel de brillo requerido. Alternadamente los rodillos se pueden recubrir con un material blando de plástico, lo cual contribuye a crear el efecto pulido mediante una ligera diferencia de velocidad entre el rodillo de acero y el revestido de plástico. El calor del vapor dentro del rodillo hueco de acero ayuda también al proceso.³⁶

³⁵ <http://www.sca.com> “SCA Publications Paper”, España, 2010, N° FSC: SGS-COC-00332

³⁶ <http://www.camaradelpapel.com.mx> (Visitada Enero de 2013)

Tras el control final del papel mediante análisis en laboratorio, el papel aprobado va a parar a la bobinadora, independientemente de la calidad producida, en forma de bobina jumbo o tambor. Ahora el papel debe cortarse y enrollarse de acuerdo a las exigencias del cliente final. Se utilizan programas informáticos para planificar el corte de una bobina a fin de incrementar al máximo el papel disponible, con una mínima pérdida en los bordes de la bobina. La bobina jumbo o tambor se coloca en un lado de la bobinadora, situándose los distintos mandriles del largo apropiado en los brazos de las estaciones receptoras. Al fijarse las guías en los mandriles, el papel se tensa y unas cuchillas circulares lo seccionan mientras va desenrollándose la bobina y se acumula el papel en los nuevos mandriles.

Finalmente las bobinas presentan ahora un papel de calidad adecuada, con el ancho, diámetro y gramaje encargado por el cliente/usuario final. A fin de proteger las bobinas durante la cadena de transporte, se embalan con una envoltura impermeable y se etiquetan con la información necesaria para facilitar su identificación. De la protección interior de las cabezas, la envoltura de flancos, los protectores exteriores y el etiquetado se encarga un sistema totalmente automatizado. Las bobinas están ahora listas para su traslado a una unidad de almacenamiento o directamente al cliente.

En cada etapa de la fabricación de la pasta y el papel, operarios altamente cualificados aplican un estricto control. Aparte de la experiencia técnica de estos trabajadores, unos sofisticados sistemas informáticos de control supervisan y ajustan los parámetros críticos de cada fase del proceso de fabricación. Ello cuenta con el respaldo de unos sistemas analíticos de laboratorio, que ejercen una función de doble comprobación de los sistemas de control en línea. Todos estos mecanismos garantizan que el papel producido cumpla siempre con las especificaciones técnicas propias de cada calidad específica y ofrezca un rendimiento óptimo en todos los procesos de impresión apropiados para tal calidad.

Es necesario ser consciente de que existe materia prima renovable que puede proporcionar un manejo sostenible del bosque.

Ya sea fresca, es decir, procedente directamente del bosque, o recuperada, la fibra es la base de los productos papeleros. La fibra de madera es un recurso renovable. Es reciclable y, cuando finalmente se agota, se puede utilizar en la producción de energía. Los árboles en crecimiento reabsorben el producto residual, el dióxido de carbono.

Existen distintos sistemas de certificación de gestión forestal sostenible, entre ellos, PEFC (Programa para el Reconocimiento de la Certificación Forestal) y FSC (Forest Stewardship Council), cuyo fin es promover a nivel mundial una silvicultura ecológica, socialmente beneficiosa y económicamente viable.³⁷

Dentro de los recursos más importantes encontramos al agua y la energía como factores esenciales para la producción de papel.

El agua se utiliza para disolver la materia prima empleada en la producción de papel, así como los aditivos y sustancias químicas durante el proceso de elaboración. El agua transporta las materias primas disueltas desde las plantas donde se producen a la máquina de papel. El agua se usa asimismo en labores de refrigeración y depuración. La demanda de agua fresca se ha recortado incesantemente durante un largo período de tiempo gracias a un mejor uso energético y un consumo más cuidadoso. Las aguas residuales se tratan en tres pasos: mecánico, biológico y químico. El consumo de energía se basa en gran medida en los biocombustibles, con una producción combinada de electricidad y calor. La gama de fuentes energéticas varía según la ubicación geográfica de la fábrica y los productos manufacturados.³⁸

La electricidad se usa principalmente en la producción de pasta mecánica y para la propulsión de motores y bombas. En el proceso se recupera un 60% aproximadamente de la energía eléctrica en forma de vapor a baja presión, que se destina principalmente al secado de papel en la máquina. El calor se obtiene de diversas fuentes: de la combustión de biocombustibles (ramas, copas de árboles, etc.), de la combustión de gas natural, a menudo en combinación con producción eléctrica, y de la recuperación energética de los procesos de fabricación de pasta mecánica.

La sección de secado de la máquina de papel es la mayor consumidora de calor, en forma de vapor. Mediante la continua mejora y desarrollo de los procesos de fabricación, la industria del papel ha reducido al mínimo las emisiones atmosféricas y al agua³⁹

³⁷ Lenz, W. y Tirado, A. “*Lucha y triunfo contra la contaminación*”, Editorial Disproteq, México, 1987.

³⁸ Lenz, H, “*Historia de papel en México y cosas relacionadas*”, Editorial Porrúa, México, 1990.

³⁹ <http://www.camaradelpapel.com.mx> Memoria Estadística de Cámara del Papel, edición 2007.

Capítulo 3. Drenado

Como se mencionó en el capítulo anterior, el drenado es el proceso por el cual se va a eliminar el agua que posea la hoja de papel, esto con la finalidad, de tener un producto terminado con las mejores condiciones de calidad posible.

En la antigüedad el drenado se llevaba con mantas de cielo, con bastidores e inclusive con la simple exposición al sol para papeles de carácter artesanales, actualmente este proceso utiliza otras técnicas de drenado empleando herramientas útiles para el proceso.

A continuación se mostrarán las herramientas, así como sus diferencias entre ellas que se empleaban antiguamente y en la actualidad.

3.1 Drenado del papel en la antigüedad

En la antigüedad muchas culturas que fabricaban papel, no tenían más que pieles de animales para realizar la eliminación de agua para la hoja de papel, se presume que la piel de los animales era sumergida en soluciones a base de cal, que eliminaban mucha de la velloidad del animal, la hoja de papel se ponía sobre estas pieles y por medio de gravedad comenzaba el drenado.

Posteriormente el papel durante muchos siglos, se elaboró con base en un marco provisto de una malla filtrante que se hundía sobre una tina llena de una suspensión fibrosa y así captar una cantidad de ella permitiendo así filtrar el agua y reteniendo una capa de fibras sobre la malla. Este proceso limitaba no sólo el volumen de producción sino también las dimensiones de los papeles que podían fabricarse con ellos.

La principal herramienta del papeleros en la antigüedad era el molde, una tela metálica reforzada con mallas cuadradas o rectangulares. El dibujo de las mallas podía apreciarse en la hoja de papel terminada si no se le daba un acabado especial.

El molde se coloca en un bastidor móvil de madera, y el papeleros sumerge el molde y el bastidor en una tina llena de esta pasta. Cuando los saca, la superficie del molde queda cubierta por una delgada película de pasta primaria.

El molde se agita en todos los sentidos, lo que produce dos efectos: distribuye de forma uniforme la mezcla sobre su superficie y hace que las fibras adyacentes se entrelacen, lo

que proporciona resistencia a la hoja. Mientras se agita el molde, gran parte del agua de la mezcla se filtra a través de la tela metálica.

Posteriormente se deja reposar el molde, con la hoja de papel mojado, hasta que ésta tiene suficiente cohesión para poder retirar el bastidor.

Una vez retirado el bastidor del molde, se da la vuelta a este último y se deposita con suavidad la hoja de papel sobre una capa de fieltro. Después se coloca otro fieltro sobre la hoja, se vuelve a poner una hoja encima y así, sucesivamente. La etapa final de la fabricación del papel es el secado y lo que se hacía es que el papel se colgaba de una cuerda en grupos de cuatro o cinco hojas en un secadero especial hasta que la humedad se evapora casi por completo.

No fue sino hasta 1799 cuando por las exigencias del consumo de papel, se inició la producción de papel de forma continua, debido a la invención de la máquina de papel que lleva el nombre de sus inventores: Fourdrinier. Esta máquina de papel se utilizó durante muchísimos años. A partir de entonces el desarrollo de la máquina de papel ha seguido su curso hasta llegar a las modernas máquinas de papel de alta velocidad.

Actualmente se puede hablar entonces de diferentes tipos de formadores de papel, como el formador de mesa plana o fourdrinier, el formador cilíndrico, el formador de doble tela y los formadores híbridos. Pero cualquiera que sea el formador, el principio que utiliza para formar la hoja de papel es la filtración, es decir, todos utilizan como principio fundamental la filtración.

Sin embargo, la diferencia estriba en cómo cada formador realiza y lleva a cabo este proceso. Si se analiza cada formador se puede definir cuáles fuerzas utiliza para llevar a cabo la filtración. El proceso de filtración que se tiene durante la formación y estructuración del papel, no es un proceso común y corriente como se puede entender en una operación unitaria, sino que es un proceso donde no sólo importa drenar sino que esta filtración debe de ser controlada en cantidad y tiempo, para con ello darle a la parte sólida que queda sobre la malla filtrante, ciertas propiedades que hagan de ella un producto de óptima calidad. Así se obtiene una red fibrosa homogénea en sólidos en las tres direcciones.⁴⁰

Lo anterior garantiza, no solo una red fibrosa que es agradable a la vista y al tacto sino también con las mejores propiedades que garanticen una óptima satisfacción en el

⁴⁰ Libby, E.C, *“Ciencia y tecnología sobre la pulpa y papel”* Ed. CECSA, México, 1967.

último eslabón de la producción, el cliente, quien determina y caracteriza sin error al papel o cartón usados por él.⁴¹

Debida la necesidad de tener diferentes tipos de papel hoy en día existen diferentes maquinas o formadores que permiten condiciones diferentes para el drenado, de los más importantes que existen y que han trascendido para la formación de la hoja de papel, se tiene a la maquina Fourdrinier que es de gran utilidad y de mayor comercialización en el mundo,⁴²

Analizando el proceso de filtración en los formadores utilizados actualmente, en el formador tradicional, el fourdrinier, se tiene una filtración libre donde los mecanismos de drenado que se utilizan para la formación y estructuración del papel son diversos. La filtración inicial es debido al impacto del chorro sobre la tela, cuyo drenado depende fundamentalmente del ángulo de impacto del chorro; lo ideal es eliminar la mínima cantidad posible de agua, aunque de cualquier manera es un drenado muy basto. Los otros mecanismos de filtración son las fuerzas hidrodinámicas creadas por los laminados, cuyo volumen de drenado depende de la geometría de la cuchilla, no sólo en lo que se refiere a la cantidad de agua desgotada sino también a la posibilidad que esta auxilie a la estructuración de la red fibrosa a través de la creación de la actividad. Otro mecanismo de drenado es el vacío, que es aplicado a cajas de succión y rodillo de succión de la tela. Una cuarta fuerza de drenado, será la fuerza de la gravedad, que aunque su influencia es muy poca en el drenado, siempre debe de considerarse. Es pues evidente que en un formador fourdrinier, son muchas las variables que se pueden tener en cuenta para controlar la velocidad y tiempo de drenado durante la formación y estructuración del papel.

Otro caso común es el formador de doble tela, igual que en el fourdrinier, el primer mecanismo de desgate es el de inercia, sin embargo, todos los formadores de doble tela tienen como principio fundamental de la filtración, la presión entre las telas en medio de las cuales va la suspensión fibrosa.

Sin embargo, la forma en que se crea la presión en las telas depende del diseño y la geometría de cada formador. Lo que es definitivo, para que haya filtración es necesario que se cree un pulso de presión, de lo contrario no hay drenado. En los formadores de

⁴¹Libby, E.C, "*Ciencia y tecnología sobre la pulpa y papel*" Ed. CECSA, México, 1967

⁴²Bermudez, J.D, "*La industria de la pasta de celulosa, papel y cartón*", Revista del centro del centro de investigación de innovación y recursos tecnológicos de la madera, Galicia, 1999

doble tela existen áreas donde la tela y la suspensión fibrosa forman un conglomerado tela – pasta - tela, pero no por ello se tiene drenado.

Existen formadores de doble tela de cuchilla y de rodillo. En un formador de cuchilla, sólo habrá filtración cuando el conglomerado tela – pasta – tela pase sobre el borde de la cuchilla y no habrá drenado en espacios habidos entre las cuchillas, porque no existe el pulso de presión creado que genere la filtración. Generalmente, estos formadores de doble tela tienen también elementos de succión, como cajas o rodillos de succión, para completar el drenado y consolidación de la hoja de papel.⁴³

Cuando es un formador de rodillo, de acuerdo a su geometría, el pulso de presión estará en el centro del rodillo, razón por la cual el máximo drenado se tiene en esta zona. Estos formadores, casi siempre se utilizan para la elaboración del papel tisú. Un formador híbrido, utiliza una combinación de mecanismos de filtración tanto de la fourdrinier como del formador de doble tela. Es decir utiliza tanto mecanismos de filtrado libre como de presión entre telas.

El objetivo de la filtración es definitivamente el retener una cantidad de materiales sobre la malla filtrante, pero estos materiales no sólo deben retenerse sino también ordenarse de tal manera que se obtenga una red fibrosa homogénea. Si este objetivo lo confrontamos con los tres tipos de formadores descritos anteriormente, puede afirmarse que para lograrlo se tendrá mayor dificultad en un formador fourdrinier.

Esto no quiere decir que en una fourdrinier no se tengan posibilidades para obtener una hoja de calidad, sino que por su propia estructura en el formador tradicional, se obtendrá una hoja quizá bien formada pero no con ello se garantiza que la hoja resulte con una estructuración óptima, debido a que en este formador el tiempo de permanencia de la pasta, en estado de libertad, es muy largo provocando con ello que la red fibrosa manifieste una propiedad anisotrópica⁴⁴ en su estructura.

En los formadores de doble tela e híbridos, el diseño de cada formador está dado para que la filtración tenga lugar en una área demasiado corta, dando con ello a la hoja una formación y estructuración mejores que en la obtenida en la fourdrinier. Todo esto presupone ante todo que la caja distribuidora esté operando bajo condiciones que aporte un chorro al formador con aquellas características de velocidad y consistencia, que faciliten el trabajo del formador.

⁴³Libby, E.C, *“Ciencia y tecnología sobre la pulpa y papel”* Ed. CECSA, México, 1967.

⁴⁴Se refiere a la particularidad o capacidad que tiene la madera de expandirse y/o contraerse en sus diversas direcciones

Finalmente, el objetivo que se persigue es la obtención de un papel de alta calidad, el cual no depende sólo de la calidad de las materias primas que se utilizan en su elaboración, sino definitivamente, de la eficiencia de todos los procesos, pero puede afirmarse que el proceso de filtración reviste una gran relevancia para lograrlo.⁴⁵

3.2 Lonas tejidas o no espirales y lonas espirales o lonas no tejidas.

Existen varios tipos de telas que permiten que el transporte y drenado del papel tenga un mejor desempeño dentro de la máquina de papel.

Las diferentes lonas permiten condiciones muy específicas adecuadas para el tipo de papel que se desea producir.

Es muy importante señalar que dentro de cada una de ellas existen diferentes tipos y estilos, cada una de ellas encaminadas en optimizar el proceso de drenado dentro la formación de papel.

3.2.1 Lonas no tejidas o lonas espirales

Las telas no tejidas son productos elaborados a partir de uniones paralelas, uniones cruzadas o bien de redes unidas al azar con la aplicación de fibras adhesivas o termoplásticas sometidas a la aplicación de calor y presión.

En otras palabras las lonas no tejidas pueden ser simplemente fabricadas a través de otros procesos diferentes del tejido de punto o tejido.

Las propiedades de las lonas depende de las siguientes características en gran manera.

- El estilo de la fibra
- La tecnología que determina cuál es el acomodo de las fibras
- El proceso de ensamble y el agente de unido

La primera etapa de producción de las telas no tejidas es el ensamble de la materia prima por medio de diferentes métodos.

La materia prima con la que se puede trabajar es:

⁴⁵Libby, E.C, *“Ciencia y tecnología sobre la pulpa y papel”* Ed. CECOSA, México, 1967.

- Materia fibrosa: la definición de las telas no tejidas es que las fibras están unidas mediante un agente de unido. Es necesario combinar de forma precisa el agente de unido con la fibra, esto para tener un proceso más eficiente.

Virtualmente todos los tipos de fibra se pueden usar, pero la elección dependerá de:

- Los requerimientos del cliente y de la lona
- El costo / El radio de uso (costo efectivo)
- La demanda de un proceso superior

Desde la implementación de las lonas no tejidas, su desarrollo para satisfacer las especificaciones de diseño, han vuelto a la selección de la fibra, como una etapa crucial para la producción ya que no solo se trata de la fibra si no que la fibra tengas las condiciones y propiedades necesarias para el proceso de drenado dentro del proceso de obtención de papel. Las fibras usadas hoy en día para la elaboración de las lonas no tejidas son el algodón, la seda artificial, el nylon y la lana. Dentro de las fibras sintéticas tenemos al poliéster y los acrílicos no para remplazar a las fibras si no para casos de condiciones extremas de drenado donde las temperaturas van más allá de los 90°C.

Finalmente con las nuevas modificaciones de las fibras tenemos a las fibras poliméricas, mejor conocidas como “fibridas” (Fibrids) que vuelven aún más adaptable a las lonas no tejidas para un mejor y óptimo drenado.

Las consideraciones a tomar con las fibras son:

- Rizado: las fibras no pueden terminar siempre de manera erecta, esto debido al tratamiento que se la da, dicho esto la cantidad de rizado influirá en las condiciones de acabado de la lona
- Longitud: La longitud de la fibra determinará las redes de unión que puede formar la fibra, sin embargo al ser una fibra muy larga puede tener menos resistencia, lo que puede ocasionar rupturas.

- Acabado: el acabado determinará si es una lona brillante, sin color o manchas, o si es semi-mate o mate totalmente, estas dos últimas pueden ocasionar que la hoja de papel se manche, y no se puedan fabricar ciertos tipos de papel.⁴⁶

A continuación se muestran en la tablas 2 las propiedades más comunes de los diferentes tipos de fibras.

Tabla 2: Propiedades más comunes de los diferentes tipos de fibras.⁴⁷

FIBRA	PROPIEDAD	RESULTANTE
	POSITIVO	NEGATIVO
Poliéster	Buena recuperación	Alta tendencia al pilling ⁴⁸
	Buenas propiedades para el termofijado	
	Alta elasticidad	Formación de carga estática
	Alta fuerza a la humedad	
Filamentos de Acetato	Sin pilling	Baja fuerza de humedad
	Fácil de maniobrar	
	Buena recuperación	Baja resistencia a la abrasión
	Costo bajo	Punto bajo de reblandecimiento
	Fácil unido	
Poliamida	Alta fuerza a la humedad	Mala maniobrabilidad
	Resistencia al ensuciamiento	
	Secado rápido	Alta tendencia al pilling
	Resistencia química elevada	Altos costos
	Resistencia a altas temperaturas	
	Buena elasticidad	Mala velocidad al blanqueado
Filamentos Viscoso	Sin pilling	Baja fuerza de humedad
	Fácil de limpiar	

⁴⁶ Lunenschloss, J. y Albrecht, W., *“Nonwoven Bonded Fabrics”*. Published by Ellis Horwood , Estados Unidos, 1985

⁴⁷ Wiertz, P, *“The contribution of nonwovens to a suitable world”*, EDANA, Delhi, India, 2008

⁴⁸ es el fenómeno por el cual se forman en la superficie de las lonas y durante su uso, pequeños nudos o bolitas que pueden restar valor estético de los elementos

	Buena recuperación	Baja resistencia a la abrasión
	Costo bajo	Difícil maniobrabilidad
	Buena resistencia	
Poliacrilonitrilo	Buena recuperación	Baja resistencia a la abrasión
	Resistencia a la humedad	Alta tendencia al pilling
	Fácil maniobrabilidad	
	Resistencia química excelente	Altos costos
	Resistencia a altas temperaturas	
	Buena elasticidad	

La tela no tejida es una malla o estructura formada por fibras o filamentos unidos por medios mecánicos, térmicos o químicos.

Estas son formaciones planas y porosas, por su método de fabricación no requieren de hilos fabricados a partir de las fibras.

Además pueden ser diseñadas para un tiempo de vida limitado, es decir desechable, o bien para un periodo largo de duración.

A partir de estas las telas no tejidas pueden ser confeccionadas para ofrecer funciones y propiedades específicas como:

- Absorbencia
- Resistencia
- Elasticidad
- Retardación al fuego
- Esterilidad
- Repelencia a líquidos
- Suavidad
- Filtración
- Barrera bacteriológica
- Entre otros

Estas propiedades pueden combinarse para lograr un producto para un uso especial, con un buen balance entre tiempo de vida y costo. Las telas no tejidas pueden simular la apariencia, textura y resistencia de las telas tejidas.

En combinación con otros materiales, proveen una gama de productos con diferentes propiedades. Son usadas solas o como componentes en ropa, muebles, cuidado de la salud, aplicaciones industriales o productos de consumo.

Entre sus aplicaciones podemos encontrar

Filtración de aire: se utilizan para este fin artículos de diferente composición, obtenidos generalmente por doblado de varios velos o con cruzamiento de los mismos, seguidos de una unión química.

Su composición es de tela de doble cara, por la cara interna, o sea la expuesta a la corriente de aire, está constituida por un material grueso más resistente a base de fibras de título elevado y poco enlazadas entre sí. La cara externa está constituida por una estructura más cerrada, de fibras más finas, con objeto de mejorar la filtración y retener partículas pequeñas. Las fibras que constituyen estos tipos son de poliéster, acrílicas o poliolefinas.

Otro tipo de filtro que se fabrica es mediante punzonados, asociando dos lonas no tejidas, una ligera, otra más densa, siendo la finalidad la misma; la cara ligera retiene las impurezas más gruesas y la más densa, las más pequeñas.

La mayor parte de estos filtros se desechan una vez han sido usados, a excepción de ciertos tipos más elaborados y más costosos que pueden ser regenerados por lavado en seco o en húmedo. También se utilizan para la filtración de líquidos, en especial de aceites, con lo que se han construido unos bombos adecuado para lograr filtraciones a la continua. Análogos artículos se usan para la filtración de la leche y para las industrias papeleras. El trabajar en algunos casos con caídas de presión, obliga a que estos filtros posean una buena resistencia mecánica, incluso en estado húmedo, lo que lleva a utilizar fibras sintéticas.

En las industrias eléctricas se utilizan actualmente como separadores de electrodos en las baterías de acumuladores. Evidentemente las telas deben ser permeables al electrolito y no atacables por él, lo que excluye a la fibranas o poliamida, pues ambas fibras son

sensibles a los ácidos. Se utilizan con éxito el poliéster y el polipropileno. Se fabrican también aislantes de conductores eléctricos que pueden alcanzar temperaturas elevadas, telas a base de poliamida especial termo resistente.

Esta propiedad de resistencia térmica de ciertas poliamidas se utiliza para fabricar cintas transportadoras destinadas a trabajar a temperaturas elevadas, también para revestimientos de prensas y mesas de planchar. Se utilizan para estos casos, materiales espesos de unos 200 g/m.", agujeteados o unidos mediante ligantes químicos especiales, poco sensibles a la temperatura. Es interesante hacer resaltar que en prensas que trabajan a 200°C, estos revestimientos puedan asegurar un tiempo de 2.500 horas de trabajo, mientras que los molotes u otros artículos clásicos no resisten mucho más de 300 a 350 horas.

Los artículos a base de telas no tejidas presentan algunas ventajas: en primer lugar la de ser ligeras, suaves y adaptables a formas irregulares, pudiendo retener abrasivos dentro de su «masa», lo que permite su utilización desde la periferia del disco hasta el centro del mismo.

Los artículos usados para abrasivos están constituidos por velos espesos de fibras de título grueso y generalmente de poliamida. El ligante termoendurecible lleva una cierta proporción de abrasivo y es depositado por pulverización dentro de la napa textil. La naturaleza, granulometría y dureza del abrasivo se eligen según la función del producto acabado.

El interés de las telas no tejidas es de orden técnico y económico.

La relación de velocidades de fabricación en los telares se sitúa alrededor de 5 a 10m²/hora

Para que estas cantidades sean verdaderamente ventajosas económicamente, es necesario saberlas vender, es preciso encontrar campos de utilización en donde sus características y sus precios produzcan una ventaja importante de cara a los tejidos.

Se puede decir que Europa está aún ligada a los tejidos y géneros de punto tradicionales, y sin embargo ello no impide que las telas no tejidas se afiancen. A continuación se citan algunos de los diferentes usos:

- Telas industriales ligeras: Telas para la protección de edificios, para aglomerados de espumas, para refuerzos de superficies. Decoración sobre madera contra placada o sobre materia plástica, separadores para baterías.
- Telas industriales pesadas: Fieltros para sombreros, fieltros, discos de pulidores, filtros para máquinas de prensar, planchar y lavar, telas de refuerzo, cubiertas. *Complementan y compiten con:* Fieltros de lana, lana bruta, pelos, tejidos y cubiertas.
- Materia para acolchados: Agujeteados o cosidos, anoraks, colchas de cama, chaquetas, elementos de relleno, aislamientos.

La tela no tejida obtenida por vía húmeda, es suave, tiene débil aptitud para el lavado. Se compone principalmente de fibrana y nylon o fibrana y poliéster.

Con las lonas espirales la hoja de papel se desplaza alrededor de cilindros de gran diámetro que pueden tener o no temperatura (esto dependerá del tipo de papel a producir), donde el agua se elimina a través de las membranas de la lona espiral. Los espirales mantienen la hoja firmemente en contacto con los cilindros a través de la sección de drenado. Las lonas espirales deben ser resistentes al calor, resistentes al desgaste, diseñadas para la eficiencia en el área de drenado y proveer una gran operatividad. Las lonas espirales duran mucho más tiempo que las lonas tejidas con un promedio de vida de 6 a 18 meses.

3.2.2 Lonas tejidas o lonas no espirales

En épocas prehistóricas se utilizaban pelo de animales, plantas y semillas para obtener fibras. La seda empezó a utilizarse en China alrededor del año 2600 a.C., y a mediados del siglo XVIII de la era actual se crearon las primeras fibras sintéticas. Aunque las fibras sintéticas elaboradas a partir de celulosa o productos químicos derivados del petróleo, solas mezcladas entre sí o con fibras naturales se emplean cada vez más, no han conseguido eclipsar por completo a los tejidos de fibras naturales, como la lana, el algodón, el lino o la seda.

La seda es la única fibra natural formada por filamentos que se retuercen para obtener un hilo. Las demás fibras naturales hay que estirarlas, disponerlas en paralelo peinándolas y torsionándolas en una máquina continúa de hilar que hace el hilo. El huso

fue la primera herramienta para hilar; se mecanizó por primera vez en Europa alrededor del año 1400 d.C. con la invención de la rueda de hilar. A finales del siglo XVII se inventó la máquina de hilar algodón, que acciona varios husos a la vez.

La fabricación de tejidos para la formación de papel tiene una historia similar. Ya desde sus orígenes en la antigüedad, el telar manual ha sido la máquina básica para tejer. Las mejoras mecánicas empezaron en tiempos muy antiguos con el desarrollo del lizo⁴⁹, al que se van uniendo hilos de urdimbre alternos; en el siglo XIII d.C. se introdujo la cárcola o pedal, que permite manipular varios grupos de lizos. Con la incorporación del batán sobre bancada, que golpea la trama o los hilos de la trama para colocarlos en su lugar, el telar “mecanizado” se convirtió en el instrumento predominante en Europa y, excepto en las culturas tradicionales donde se mantuvo el manual, en todo el mundo.

La lanzadera volante, inventada por John Kay en 1733, permite al tejedor impulsar la lanzadera automáticamente a todo lo ancho del telar, y fue el primer paso hacia la mecanización de la tejeduría. Edmund Cartwright desarrolló el telar accionado a vapor y en 1788, junto con James Watt, fundó en Inglaterra la primera fábrica textil accionada por vapor.

Los primeros telares motorizados eran de madera, y poco a poco se fueron sustituyendo por modelos de acero y otros metales. Desde entonces, el cambio tecnológico los ha ido sustituyendo por aparatos más grandes, más rápidos y mucho más automatizados⁵⁰

Una hoja de papel comienza en la sección de formación, donde se introduce una mezcla de 99% de agua y 1% de fibra de celulosa uniformemente a través de la lona tejida de formación, que actúa como un transportador de hojas y un dispositivo de deshidratación. Es aquí que la lámina de papel se forma y se produce la eliminación del agua inicial. A medida que la tela avanza, el agua se drena a través de ella, mientras que las fibras y cargas que forman la hoja deben permanecer en la parte superior. Hoy en día, las lonas tienen una vida útil promedio de 45 a 60 días.

Se cuenta con una tecnología multicapa que ofrece actualmente una alta velocidad para las máquinas de papel.

⁴⁹ Hilo fuerte que se utiliza como urdimbre en algunos tejidos.

⁵⁰ Stellman, J. y McCann, M., *“Enciclopedia de la salud y seguridad en el trabajo”*. Tercera Edición, Edit. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales Subdirección General de Publicaciones, Madrid 2001

Dentro las ventajas que encontrar con este tipo de lonas son:

- Mejora la Formación y la apariencia de la hoja de papel
- Mejora la tracción
- Proporciona al drenaje Mayor Capacidad
- Mejora la Productividad

3.3 Drenado del proceso del papel

En este apartado hablaremos del proceso de drenado y la máquina fourdrinier, su importancia que esta tiene en la industria papelera y porque es la más común de las máquinas dentro de esta industria.

Como nos podemos dar cuenta el drenado, es el primer paso para dar pie al secado de la hoja de papel. Las nuevas herramientas independientemente de si se trata de una lona tejida o una lona espiral buscan proporcionar al productor de papel un mayor rendimiento, y condiciones de operación aún más extremas que anteriormente no se tenían con las mantas de cielo, o las láminas de asbesto.

Estas lonas son ajustadas y diseñadas dadas las necesidades de la máquina de papel, muchas de estas máquinas sirven como primer drenado ocupan fieltros, el fieltro es un textil no tejido, en forma de lámina, cuya característica principal es que para fabricarlo no se teje, es decir, que no surge del cruce entre trama y urdimbre.⁵¹

Dos cosas le suceden a la suspensión conforme va pasando sobre la mesa fourdrinier. Más del 95% del agua se drena a través de la tela, dejando del 60 al 100% de las fibras sobre la tela en forma de una red húmeda. Las fibras que quedan sobre la tela se entrelazan unas con otras para formar una hoja continua de densidad casi uniforme. La disposición mediante la cual las fibras se arreglan en la hoja se denomina formación de la hoja, y los fabricantes de papel juzgan esta cualidad observando la hoja por luz transmitida, de lo que ha derivado la expresión ver a través. No obstante, el termino formación cubre más que tan sólo ver a través; por ejemplo el proceso de deposición de fibras, la distribución de cargas y diferentes tipos y tamaños de poro en la hoja, son todos aspectos de la formación. Un fabricante de papel debe operar su fourdrinier para

⁵¹Udale, J, *“La construcción de los textiles”*, Diseño textil. Tejidos y técnicas, Editorial Gustavo Gilis. Barcelona , 2008.

lograr el drenado necesario y al mismo tiempo, obtener la mejor formación. No tiene valor alguno optimizar uno de estos factores sin tener en cuenta el otro.

El drenado en la fourdrinier se efectúa como resultado de gradientes de presión hidráulica, estos se pueden producir de cinco formas.

1. Presión hidrostática debida al peso de la suspensión sobre la tela. Esta fuerza es solo de importancia práctica en máquinas sumamente lentas en las cuales se produce la mayor parte del drenado sobre la sección de los rodillos desgotadores.
2. Presión de inercia, producida por el impacto, en un ángulo grande, del chorro de la regla sobre la tela, el drenado se emplea en algunas máquinas de tissue que por lo general se evita en las máquinas de papeles finos ya que ocasiona una formación pobre en las hojas más pesadas.
3. Fuerzas de succión hidrodinámica producidas por el movimiento de la tela sobre soportes estacionarios especialmente contorneados de un 60 a 75 del total
4. Fuerzas de succión o vacío, producidas por las cajas de succión de debajo de la tela un 25 del drenado total.
5. Presión de los cilindros que giran sobre la superficie superior de la hoja, tales como el cilindro Dandy o el cilindro rompe grumos, recubierto con hule suave, que se localiza sobre el cilindro de succión. Estas fuerzas deben usarse con cuidado, ya que la hoja sobre la tela es relativamente delicada y demasiada presión puede deformar la hoja.

Las fuerzas de solución hidrodinámicas se originan por el movimiento sobre los rodillos desgotadores y sobre soportes contorneados estacionarios, tales como las cuchillas Drenadoras o cuchillas de agua.

Cada elemento de drenado a lo largo de la mesas es menos efectivo en la eliminación de agua que el anterior, ya que la resistencia de la red fibrosa al drenado se incrementa uniformemente al aumentar la cantidad de fibras depositadas sobre la tela.

Un rodillo desgotador, al girar en contacto con el lado inferior de la tela, ocasiona una zona de presión reducida a en la región delantera de contacto entre el rodillo y la tela, que hace que la pasta que va sobre esta región drene agua a través de la tela.⁵²

En el primero o los dos primeros rodillos la resistencia al drenado está controlada por la resistencia de la tela; después de este punto, no obstante, la resistencia al drenado está cada vez más controlada por las fibras depositadas sobre la tela por el drenado inicial. Así la resistencia al drenado aumenta a lo largo de la mesa; y como resultado, la longitud de la zona de succión en rodillos sucesivos disminuye.

Las redes de fibra son compresibles; por consiguiente, mientras mayor es la velocidad de la máquina, más grande es la succión aplicada y más se comprime la red fibrosa y se vuelve resistente al drenado.

Un método neumático conveniente en la teoría del drenado de los rodillos desgotadores, es el hecho de que el pico de succión desarrollado por un rodillo es numéricamente igual al cabezal teórico para esa velocidad de máquina. Se podrá observar que a velocidades superiores a unos 1500ft/min, la succión desarrollada por los rodillos desgotadores excede a la de las cajas de succión (el vacío usual máximo en las cajas de succión es de 5 a 8inHg). En las cercanías de 2500 ft/min se alcanzará un pico límite de vacío igual a la presión parcial de vapor de la suspensión.

A altas velocidades a menudo es necesario, por razones de una mejor formación, reducir la eliminación de agua en un rodillo desgotador por debajo de la que se tendría a partir de las fuerzas normales de succión en dicho rodillo. A velocidades muy altas el drenado producido por esta succión es tal que muchas fibras alcanzan a ser arrastradas en posición vertical a través de la tela y otras son atraídas, por sus extremos, sobre la tela misma. Esto produce en el papel terminado en un lado de tela muy áspero y fibroso. Se dispone de dos soluciones prácticas para este problema: sustitución de los rodillos desgotadores ordinarios por rodillos desgotadores ranurados o por cuchillas drenadoras estacionarias.

El uso de rodillos ranurados constituye actualmente el método más común. Consiste de un rodillo desgotador recubierto con hule, en cuya superficie se ha hecho una serie angosta de ranuras. Estas son por lo general, de 1/16 a 1/8 in de ancho y están

⁵²Libby, E.C, "*Ciencia y tecnología sobre la pulpa y papel*" Ed. CECSA, México, 1967.

similarmente espaciadas. Las ranuras casi siempre están hechas circunferencialmente, pero también existen espirales y axiales. Las ranuras producen dos efectos el primero es reducir la superficie del rodillo en contacto con la tela, y el segundo es limitar las fuerzas de succión a un nivel inferior al de un rodillo convencional. El drenado de un rodillo ranurado puede variar de una décima parte a la mitad del de un rodillo sólido en la misma posición.

La cuchilla drenadora estacionaria consiste de un elemento que hace contacto con la tela metálica, el cual tiene forma de cuchilla en el borde delantero y se separa gradualmente de la tela hacia el borde trasero.

Una ventaja práctica de este sistema es que permita al operador controlar el drenado mediante el ajuste del ángulo y la curvatura del elemento drenador.

Las succiones logradas son del rango de 0.2 a 0.5 de la producida por un rodillo desgotador.

La diferencia importante entre la cuchilla y el rodillo es que la succión máxima de la cuchilla es una función de su geometría y de su posición en la máquina, en adición a la velocidad de la máquina.

A velocidades bajas es común que el chorro de pasta caiga en tela directamente sobre el cilindro. En estos casos, el cilindro se comporta como un gran rodillo desgotador y elimina un porcentaje bastante alto del flujo de la regla. Dentro de ciertos límites, esto permite el uso de secciones formadoras relativamente cortas. Conforme aumenta la velocidad, el drenado del cilindro se vuelve demasiado grande y produce perturbaciones muy violentas en la parte superior de la tela.

La temperatura de la pasta tiene influencia en su viscosidad y, por tanto, en la facilidad de flujo. Subiendo la temperatura de la pasta, por consiguiente se tiene un medio de aumentar la velocidad de drenado. Sin embargo las altas temperaturas conducen a problemas de espuma y babazas y a menudo pérdida de formación. La refinación de la pasta aumenta su resistencia al drenado; lo mismo sucede con otros factores que mejoran la formación de la hoja.⁵³

⁵³Libby, E.C, "*Ciencia y tecnología sobre la pulpa y papel*" Ed. CECSA, México, 1967.

Los aumentos de retención en la máquina, por métodos tales como el uso de telas metálicas de tejidos más finos y de productos especiales que ayudan en dicha operación, generalmente ocasionan un drenado más lento en la máquina.⁵⁴

Dos factores de importancia en relación con las superficies estacionarias que tienen contacto con la tela son el desgaste de dichas superficies y de la tela, y el coeficiente de fricción entre ambos elementos. El desgaste, determina la vida de la tela y el periodo entre las rectificaciones de las tapas de las cajas. La fricción determina la fuerza que debe ser transmitida por la tela y por tanto la tensión que ella deberá llevar. Los tipos de materiales usados en las superficies estacionarias son muchos y muy variados; entre ellos se incluyen madera, plásticos, laminados, hules, metales y cerámicas.

Existen máquinas como la de cilindros el operador tiene muy poco control sobre la calidad de la hoja. La condición de la pasta, el peso base y los niveles de agua pueden ser cambiados; pero la forma del círculo y del diámetro del molde se tienen que usar forzosamente. Las reglas del moldeo las tablas formadoras o las tablas-delantal pueden manipularse. Se han hecho prometedores esfuerzos para tener círculos y cilindros móviles que se ajusten a las necesidades y requerimientos de las diferentes calidades de pasta para el mejor control de la calidad del papel, lamentablemente estos ensayos no han sido aceptados universalmente.

El diseño de la maquina es inflexible. Cuando las condiciones han hecho fijar, generalmente a base de costosos tanteos, un peso base, una calidad y una velocidad, si las condiciones se van a cambiar considerablemente la calidad debe ser sacrificada.

Los factores que afectan al drenado son:

1. Peso base
2. Libertad de la pasta
3. Temperatura
4. Área expuesta
5. Diferencial de cabezal o de presión en la cara

El área de drenado está fijada por el diseño de la instalación. El peso de la hoja es una especificación de la orden de fabricación. La libertad de la pasta se debe determinar de

⁵⁴Libby, E.C, *“Ciencia y tecnología sobre la pulpa y papel”* Ed. CECSA, México, 1967.

acuerdo con la calidad deseada en el papel terminado. La temperatura usualmente no se sujeta al control.

Si la velocidad del drenado es tal que el peso apropiado de papel se deposita durante la primera mitad del viaje del molde por la pasta, el resto del viaje origina que la formación se lave y se altere. En ese momento se necesitaría un molde más pequeño, pero dicha solución es técnicamente impráctica.

Se puede ajustar el refinador de la máquina, disminuyendo la velocidad del drenado hasta que toda el área sumergida del molde se emplee en levantar el peso deseado de pasta. Esto mejora enormemente la formación sin embargo puede producir un papel muy duro y quebradizo, que no corresponda a la calidad deseada. Si el nivel de agua en el interior del molde sube o baja, cambiando el nivel del derrame o la posición del nivel del flotador, el nivel de la pasta que llega al molde subirá o bajará correspondientemente. Este es un autoajuste para mantener la misma diferencia del cabezal forzando agua a través de la torta de pasta y de la malla metálica de la cara del cilindro.⁵⁵

Dicho lo anterior podemos percibir que existen muchos factores que afectan al drenado, esto nos permite delimitar que las lonas son un avance tecnológico que cualquier productor de papel puede aprovechar; es sin duda importante conocer cada una de estas variantes de operación, ya que cada una de ellas al ser identificada el diseño de la lona podrá ajustarse de tal forma que el mejor rendimiento sea obtenido.

Es esencial resaltar que el drenado de no llevarse correctamente puede ocasionar grandes pérdidas económicas dentro de la industria papelera, ya que de no llevarse a cabo de la mejor forma, solo se desperdician insumos que generaran gastos innecesarios a la empresa.

Cada estilo de papel requiere condiciones de acabado diferentes, por lo que una manta de cielo, una lámina de asbesto o un bastidor jamás podría satisfacer la demanda de papel y mucho menos sus requerimientos de calidad.⁵⁶

⁵⁵Libby, E.C, "*Ciencia y tecnología sobre la pulpa y papel*" Ed. CECSA, México, 1967.

⁵⁶<http://www.albint.com> visitada en Enero de 2013

3.3.1 Drenado del papel con lonas no tejidas o espirales

Como se mostró inicialmente, la primera hoja de papel se produjo en torno al año 100 D.C en China. Sin embargo, tomó cerca de 1000 años para este nuevo arte llegara a Europa. En la época medieval, el progreso de la fabricación del papel fue muy lento y el ingrediente principal de trabajo fueron trapos viejos. Con el comienzo del siglo 19, el progreso de esta industria se aceleró enormemente. La primera máquina de papel práctica se produjo a principios de 1800, a continuación las técnicas de secado continuo se introdujeron en la industria por medio de secado de cilindros en 1817 por John Dickinson, más tarde, a mediados de la década de 1840, el extenso uso de la madera como una fuente de celulosa comenzó con el advenimiento de la trituradora de madera. Hoy en día, la fabricación de papel se ha convertido en una de las industrias más importantes del mundo.

La producción de papel se incrementó enormemente, más de 60 millones de toneladas por año en los Estados Unidos. Las velocidades de la máquina también se incrementaron hasta 10 a 15 m/s e incluso más alto para productos de papel tisúe, para mantener el ritmo de aumento de las velocidades de producción

La fabricación del papel es esencialmente una operación de deshidratación masiva. Una suspensión de fibra con agua con consistencias iniciales de 0,2 a 1,0% (consistencia $\frac{1}{4}$ gramos de fibra por gramo de suspensión de fibras de agua) se entrega a una pantalla, donde, con la aplicación de vacío, gran parte del agua libre se drena y las consistencias elevarse a alrededor del 18 al 23%.

Entonces, el agua libre se separa por acción mecánica a través del aplastamiento en la sección de prensa. La hoja se transfiere entonces a la sección de secado, con una consistencia del 33 al 55% para eliminar el exceso de agua restante para obtener el producto final con el contenido de humedad 6 a 9%. En los Estados Unidos, la producción de más de 60 millones de toneladas de papel por año implica la eliminación de más de 80 millones de toneladas de agua por los secadores térmicos. Teniendo en cuenta que para una máquina de papel típico el agua extraída en los secadores es menor que 1% del agua original, se puede fácilmente tener en cuenta la cantidad de agua que debe ser eliminada en el proceso de fabricación de papel. A pesar de esto el secado elimina la menor cantidad de agua en términos absolutos, sigue siendo el paso más costoso y consume mucha energía en el proceso.

Por lo tanto, la mejora de la eficiencia de eliminación de agua antes del secado y la mejora del sistema de secado y su eficiencia térmica sin afectar negativamente a la calidad del producto es de gran importancia para la industria de pulpa y papel⁵⁷

Mejorar la eficiencia de secado es crítico para los fabricantes de papel. El drenado al ser una etapa previa al secado, permite que en caso de tener un drenado óptimo se disminuyan los costos de energía. Los diseños de las lonas no tejidas permiten reducir los costos de energía ya que a través de las barreras de producción, el drenado aumenta, esto debido a que las lonas espirales permiten aumentar la velocidad de los rodillos haciendo que la transferencia de calor aumente a la hoja de papel, y no solo eso sino que la ventilación aumenta lo que implica una mayor permeabilidad de la humedad de la hoja de papel. Todo esto refiere a un menor consumo de vapor.

Las lonas no tejidas se adhieren firmemente a la suspensión de papel lo que permite una compresibilidad enorme, a su vez proporciona rápidas puestas en marcha de la máquina de papel con excelentes características de deshidratación.

Los usuarios de las lonas no tejidas podrán ver:

- El arranque más rápido posible de la máquina de papel con una deshidratación consistente con bajo volumen
- Un drenado máximo, con su zona de contacto uniforme; compresibilidad y recuperación
- Superior estabilidad dimensional y mayor precisión de unión entre la zona de relleno y las membranas de los espirales.

Como se mostró anteriormente las fibras empleadas para la fabricación de los espirales normalmente poseen costos elevados, y de no ser elevados en costos tienen una baja resistencia a la abrasión lo cual disminuye su periodo de vida. Dicho esto no todos los productores de papel pueden emplear este tipo de lonas, por lo que se debe realizar un análisis de costo beneficio, para determinar si es redituable el uso de las lonas espirales.⁵⁸

⁵⁷Mujumdar, A, "*Handbook of industrial drying*", Taylor and Francis Group, Estados Unidos, 2006.

⁵⁸<http://www.albint.com> visitada en Enero de 2013

3.3.2 Drenado del papel con lonas tejidas

El papel es higroscópico, la transferencia de humedad entre el papel y la atmósfera circundante se lleva a cabo a menos que la hoja está en equilibrio con el entorno. Sin embargo, la cantidad de agua presente en el papel en condiciones de equilibrio depende de si se ha tomado o liberado por el papel.

Este fenómeno de histéresis⁵⁹ es conocido por muchas otras sustancias higroscópicas. El comportamiento de sorción de una muestra de papel puede mostrar que un contenido de humedad de equilibrio alcanzado por humedecimiento y secado será diferente a la misma humedad. No hay ninguna teoría satisfactoria para explicar la histéresis. La teoría de Luikov sugiere dos explicaciones para este fenómeno. Una es que el equilibrio higrotérmico se establece lentamente, como resultado de lo cual el equilibrio observado no es un verdadero equilibrio. La otra hipótesis sugiere que los fenómenos de evaporación y condensación son irreversibles. En el secado (desorción), la humectación completa de las paredes de los capilares se produce. Por otro lado, durante la humidificación (sorción), las paredes de los capilares se van cubiertos con una capa de gas licuado de vapor, pero el menisco no se forma hasta que la capa de adsorción es lo suficientemente gruesa para cerrar el poro en el punto más estrecho.

El ciclo de secado de papel está dividido en tres etapas bastante distintas, como para la mayoría de los materiales. El calentamiento es la etapa inicial, posteriormente es seguida por la etapa de velocidad constante, que da pie finalmente a las caídas de velocidad.

El calor se suministra a la hoja para aumentar su temperatura hasta un punto donde la demanda de calor será la necesaria para la evaporación y las pérdidas vienen dentro del equilibrio con el suministro de calor. En este punto, la velocidad constante comienza el secado. Durante este período, el agua se evapora de la superficie del papel y la difusión de humedad desde el interior de la hoja es lo suficientemente rápida para continuar con la tasa de extracción de vapor de la superficie.

⁵⁹Tendencia de un material a conservar una de sus propiedades, en ausencia del estímulo que la ha generado. Podemos encontrar diferentes manifestaciones de este fenómeno. Por extensión se aplica a fenómenos que no dependen sólo de las circunstancias actuales, sino también de cómo se ha llegado a esas circunstancias.

Cuando la velocidad de difusión no puede seguir con la velocidad de evaporación, el plano de secado retrocede en la hoja y comienza una etapa caída de en la velocidad. El período de caída de la velocidad puede dividirse en tres fases. El comportamiento de movimiento de la humedad en estas fases no está todavía bien entendido. En general se acepta que la acción capilar y difusión dentro de las fibras son responsables del primer secado y la caída de la velocidad da vida a diversos periodos de secado. Al final de estas dos etapas, la hoja es casi secada al horno. La última etapa es para romper los enlaces químicos fuertes, y para eliminar las moléculas de finales de agua.⁶⁰

⁶⁰Mujumdar, A, "*Handbook of industrial drying*", Taylor and Francis Group, Estados Unidos, 2006.

Capítulo 4 Fabricación de los diferentes tipos de lonas.

Dado que el drenado permitirá proporcionar a la hoja de papel diferentes condiciones de acabado, el diseño de cada lona será fundamental para obtener la satisfacción del cliente y que este a su vez pueda cumplir con las demandas que el mercado impone día a día.

Dentro de la demanda del mercado, y como ya se mencionó anteriormente existen dos grandes tipos de lonas para el drenado de papel; por un lado encontramos principalmente a las lonas tejidas que con su diseño permite obtener una gran mayoría de los papeles más utilizados y por el otro encontramos las telas no tejidas (espirales) que con su innovación permiten ahorros impresionantes para la papelera en cuestión energética y de durabilidad.

4.1 Características básicas de elaboración para las lonas tejidas y no tejidas.

La industria productora de lonas ha sido orientada a manejar una fibra en un rango limitado de longitudes y finuras, y solo unos pocos hilos de estándar en tamaño, peso y construcciones. Los diseños han sido basados primariamente en años de práctica y experiencia con un número limitado de variables.

Con el advenimiento del rayón y del acetato y más recientemente con toda una multitud de nuevas fibras con un amplia variedad de propiedades únicas e interesantes, la pregunta importante para el productor, fabricante, y consumidor se ha convertido: ¿Cómo puede el enorme potencial de las muchas nuevas materias primas el mejor uso en el desarrollo de nuevos productos de consumo?

Para responder a esta pregunta complicada de una manera razonablemente en un corto período de tiempo se requiere el establecimiento de puntos significativos de referencia

para medir las características fibra-hilo-tejido en términos de requerimientos de proceso y uso final.⁶¹

Un número limitado de los principales factores que intervienen en la ingeniería de tejidos se muestran a continuación en la tabla 3.

Tabla 3: Elementos básicos que deben ser tomados en cuenta para la elaboración de lonas.⁶²

Características de la Fibra	Inherencia física y propiedades químicas
	Tamaño, forma, longitud, riza, lustre, Superficie de Acabado
	Costo y disponibilidad
Variables de Lona	Hilo: sistema, tamaño, giro, capas
	Construcción: Textura, estilo, ondas
	Proceso: Tintura, acabado
Fabricación en prendas	Corte, patrón, costura, problemas de alteración
	Compatibilidad con otros componentes
Rendimiento del usuario final	Renovación comercial
	Lavado
	Limpieza del secado
Evaluación	Desarrollo de nuevos métodos de prueba
	Establecimiento de la correlación resultados laboratorio
	y aceptación del consumidor

⁶¹Press, J, "*Manmade textile encyclopedia*", Textile book publishers ,Brooklyn ,1959

⁶²Press, J, "*Manmade textile encyclopedia*", Textile book publishers ,Brooklyn ,1959

Para ser útil una fibra debe ser fina, larga, flexible y fuerte. Algunas fibras se encuentran en el rango de diámetro desde las 0.0004in a las 0.002in; son desde 500 a 5000 veces más largas (básico) o infinitamente más largas (filamento continuo) como su anchura, deben ser bastante rígidas para impartir cuerpo y la mano la lona, y debe ser fuerte y resistente suficiente para soportar el rigor del proceso de cardadura y otros procesos. Estos requisitos de ingeniería primarios son más modificables para un uso particular en consideración de las características del teñido, rizado de costos, la elasticidad, disponibilidad,

Las características de la fibra son importantes ya que de estas dependerán las condiciones de fabricación.

Dentro de las características más importantes tenemos las siguientes:

- *La finura o tamaño;* las fibras están usualmente designadas por una simple relación entre la longitud y el peso (densidad lineal) o por el diámetro. El último puede ser determinado microscópicamente o calculado a través de la densidad lineal (denier⁶³, tex, etc.) La medida directa con el microscopio del diámetro en el área transversal con la mayoría de las fibras es muy difícil dada la irregularidad de su forma. La densidad lineal es probablemente lo más conveniente para comparar fibra ya que no esté influenciado por las variaciones de la densidad y forma de la fibra.
- *La longitud:* las fibras sintéticas, se cortan a longitudes determinadas de 1 a 10in o más según sea necesario para la mezcla o transformación en los sistemas convencionales, como un empaque pesado (remolque) de fibras continuas para la conversión directa por el cortador o quebrador en la parte superior, y, entonces en un continuo monofilamento o un hilo multifilamento para tejer o cortar. En casos especiales, las fibras se cortan en longitudes cortas para uso en la impresión de rebaño (0.04in) o especialmente para la manufactura del papel (0.125-0.5in). Con grapas engarzadas la longitud específica es para enderezar la fibra. Cortada o engrapadas la longitud de la fibra está relacionada a la facilidad

⁶³Unidad de medida del Sistema Inglés de la densidad lineal de masa de fibras. Se define como la masa en gramos por cada 9.000 metros de fibra.

de apertura y cardado, la cohesión en la elaboración e hilado, el límite del hilado, uniformidad del hilado y el tejido de la fuerza imprecisión de la lona.

- *La densidad linear:* la medida más común para la densidad linear para las fibras sintéticas es el “denier”. Una nueva unidad el “tex” propuesta por ISO (organización Internacional de la Estandarización) como una medida universal estándar para la fibra y el hilo comenzó en Europa. La densidad linear está relacionada al hilado y el peso de la lona. La densidad nos permitirá encontrar la permeabilidad deseada para cada lona.
- *Diámetro:* el diámetro normal en fibras textiles es aproximadamente 0.4mils (10 μ) para el algodón y un denier viscoso, alrededor de 1 mil (25.4 μ) para lana 58s y 8 denier viscoso. Fibras superfinas (debajo de 0.1 μ) se han desarrollado para un uso para filtros especiales y monofilamentos más gruesos en un rango desde 1.4mils (10 denier nylon) hasta 15mils o más. Para un denier dado, el diámetro, el área de sección transversal y el área de superficie varía considerablemente, con respecto a las diferencias en la densidad de la fibra. El diámetro de la fibra y la sección del área transversal son factores principales inherentes que afectan el empaque del hilo y la opresión en el tejido, y también fuertemente influenciado en la aceptación del giro del hilo, la rigidez de la lona y su peso, espesor y costo. El área de superficie tiene un cojinete importante sobre el área de contacto entre fibras (masa de cohesión) permeabilidad del aire, etc.
- *Rigidez:* en la ingeniería existen diferencias importantes entre dos tipos de rigidez fibra, intrínseco y aparente. La rigidez intrínseca es el comparativo de la rigidez de la sustancia de la fibra orientada al polímero y esta expresada en términos de módulos o resistencia para la deformación por unidad linear de densidad (denier) o la sección del área transversal a rigidez aparente es la rigidez bruta de la fibra actual y los módulos característicos de fibra como la forma y el tamaño.
- *Módulos de fibra (rigidez Intrínseca):* Porque su largo, delgadez y el método de aplicación, las fibras deben resistir, combinaciones variantes, estirar, doblar y girar. Debajo de las condiciones del proceso de y evaluación de fibras y ropa, las fibras derechas tienen un menor orden de magnitud, esto es conveniente, de tal modo que comparar las fibras sobre la base de la resistencia intrínseca relativa

para dar pequeñas deformaciones. Las constantes de relación de tensión para pequeñas deformaciones son conocidas como módulos. Porque la característica de las fibras y del hilo, muchas de las deformaciones en proceso y deformaciones de las lonas en uso, implica primeramente estiramiento (tensión) y comportamiento del doblado. Mientras las fibras tienen piel-núcleo no son completamente homogéneas, la relación continúa en general, demasiada proximidad para permitir el uso más fácilmente de la medición inicial del módulo de estiramiento para comparación de fibras primarias. La elección de un valor del módulo representativo para una fibra dada puede ser muy difícil. Existen cambios grandes en el módulo que puede resultar de los cambios físicos y químicos durante el procesamiento y el desgaste. Esto es particularmente con hilos de filamento continuo. Las estructuras con diversas fibras y mezclas, generalmente es necesario recurrir a mantener el hilo de fibra de en el área de sección transversal aproximadamente constante. Estos cálculos, los módulos de estiramiento pueden convenientemente ser reducidos para comparar el denier por unidad de densidad⁶⁴ en la sección transversal, únicamente multiplicando del módulo de estiramiento de una fibra dada por su densidad.

- *Rigidez de la fibra(Rigidez Aparente)*: en la práctica el doblado y rigidez del giro es mucho más complicado que aplicar la rigidez de estiramiento porque son afectados por variaciones en el tamaño de fibra, forma y densidad. Así para las fibras redondas, la rigidez de estiramiento es proporcional al denier(o diámetro cuadrado) y el doblado y la rigidez de giro. Para una fibra dada, que va del 1 denier al 3 denier en tamaño, rigidez de estiramiento solo aumentará el triple. Sin embargo el doblado y la rigidez de giro puede incrementar al triple o nueve veces más. Es sabio comparar entre fibras con una misma densidad lineal y módulos de estiramiento pero diferentes densidades de fibra, la fibra con la menor densidad tendrá un mejor doblado o rigidez de giro. Además las variaciones en la fibra del área transversal influyen de manera en el doblado intrínseco y en los módulos de giro los cuales contribuyen al doblado y a la rigidez de giro

⁶⁴ Unidad de medida del Sistema Inglés de la densidad lineal de masa de fibras. Se define como la masa en gramos por cada 9.000 metros de fibra.

- *Elongación y Resistencia:* En la ingeniería de lonas para conocer los requerimientos específicos de uso final, la resistencia y la elongación son características importantes. Para uso industrial en el refuerzo de plásticos, cinturones, etc., generalmente, un tipo de fibra individual es usado en alta resistencia y en baja elongación. Es importante escoger mezclas o combinaciones para complementar o equilibrar la resistencia y relacionar las propiedades más eficientemente. Una fibra fuerte con una buena retención de húmedo/seco, complementa la menor resistencia, en las fibras sensibles a la humedad como el acetato. La importancia particular en el balance de una mezcla es el uso de las fibras con ruptura de alargamiento comparables. Cuando un hilo o lona contiene fibras de altas y bajas elongaciones es estirado o desgarrado, las fibras con menor elongación se rompen primero. En las mezclas, la resistencia de la fibra son aditivos sólo en la medida de la tensión absorbida, hasta el límite de estiramiento del menor componente de elongación. Así el nylon básico con una elongación del 40% contribuye al refuerzo del algodón, viscosa y lana en el orden de su incremento a las rupturas de elongación. Actualmente se pone más atención en el desarrollo de nuevas o fibras modificadas, que son comparables en sus módulos de ruptura y elongación con otras fibras que provienen de la mezcla de más de una fibra. Las fibras se clasifican por la resistencia a la rotura (en seco), resistencia de ruptura, y la ruptura de elongación.
- *Tensión:* Gran parte de la contracción residual una lona es el resultado de las tensiones aplicadas a la lona durante el proceso húmedo. Algunas lonas tejidas se contraerán tanto en anchura como en longitud durante la preparación. Estos deben ser retirados para mantener el ancho y los rendimientos de yardas. Estas tensiones se añaden a la contracción residual. Los productos de punto son inherentemente resistentes a las arruga, sin embargo, algunos se sacan a una anchura mayor de calibre de tejido y esto también se suma a la contracción residual. Gran parte de la contracción de tensión inducida puede ser eliminada por medios mecánicos de compactación de la lona. La compactación se traducirá en la reducción de los rendimientos de yardas. La reticulación también reduce la lona al encogimiento. Por esta razón, la estabilización química del tejido tiene un valor económico real. Sin acabados de resina, las lonas tendrán una contracción residual excesivamente alta. Afortunadamente, un acabado de resina es bueno para estabilizar el tejido y reducir la contracción residual a menos de 2%. El

grado de estabilización requerida por acabados químicos dependerá de la historia previa de la tela.

- *Color amarillo:* El color amarillento puede ser causada por una serie de condiciones. Por ejemplo, las temperaturas excesivas de curado y / o catalizador excesivos. Algunos reactivos tienen cuerpos de color que causan color amarillento. Compuestos nitrogenados, generalmente decolora con el calor. Los tampones se añade a menudo a comercial termina para combatir problemas de coloración amarillenta, esto puede manchar la hoja de papel del productor.

Existen Factores no dimensionales que afectan la elaboración de las lonas tejidas y no tejidas

Principalmente tenemos que verificar el calibre y la permeabilidad, ya que estas van relacionadas con el aspecto de que la lona debe de proveer una superficie que pueda ser permeada para que el aire caliente sea transferido a la hoja de papel y permita el intercambio así se pueda dar la función de que se seque el papel y pueda ser enrollado sin humedad, si la lona no tiene las características de permeabilidad, difícilmente se podrán dar la transferencia y también para que pueda mantenerse limpia. El calibre forma una parte esencial ya que hay una medida que se llama volumen hueco, es decir la capacidad que tiene la lona de almacenar agua y poderla desalojar del papel, como hemos visto el papel lleva un cierto porcentaje de humedad, al inicio del proceso se da una migración del agua hacia la lona y si no tiene la suficiente capacidad de alojar el agua, se gastará mayor energía calorífica, a esta propiedad interviene el calibre.

Ya que hemos descrito a grandes rasgos las características de la fibra debemos conocer las características del hilo

El hilo es el elemento menos definido en la estructura de las lonas tejidas. Se describe principalmente en términos de las existencias de fibra, se hizo de la transformación del sistema utilizado y la densidad lineal y la construcción del hilo terminado. Esto nos dice muy poco sobre el carácter real del hilo y la naturaleza del conjunto de fibras en el hilo que se refiere a la traducción de propiedades de la fibra en propiedades del hilo. A

continuación se presentan en esta sección temas para ilustrar de forma más simple, todo acercamiento a la caracterización de hilo y su aplicación.⁶⁵

Existen diferentes tipos de hilos, cada hilo posee propiedades diferentes, que al final afectan el acabado de las lonas.

Los hilos pueden ser considerados como barras con diferentes grados de porosidad o rangos de empaquetamiento desde un material sólido (monofilamento) hasta uno muy poroso, menor giro de hilo contiene un 75% vacío o espacio de aire.

Para una densidad linear dada (denier, conteo de algodón, etc.) como el paquete o espacio de vacío incrementa, el diámetro y el volumen de barras incrementaran. A la inversa, desde el devanado, tejido, etc., ocupan espacio del hilo, en un incremento al el vacío o espacio de aire disminuirá el número de hilos que pueden ser empaquetados lado por lado. Basado en esta relación se pueden conocer los diámetros correspondientes, empaque, área, factor parcial área-fibra y factor parcial área-aire en un monofilamento para un hilo poroso que contiene un 75% de aire.

Hay varios factores de aplicación que afectan a los hilos, y estos son la orientación, el giro y la tensión.

Por lo menos uno de los factores debe ser conocido. Sin embargo generalmente no es fácil o conveniente obtener hilos suaves compresibles ya que no siempre son redondos.

En la fabricación de las primeras aproximaciones, se revisaron cantidades considerables de información publicada y no publicada para llegar a algunos de los valores razonables de diámetro, de embalaje, y factores parciales de área-fibra, variaciones en la fibra como la orientación, la torsión, y la tensión. Se encontró conveniente dividir la información disponible en tres clases de orientación de fibra. En hilos de filamento continuo, las fibras largas y rectas pueden empacarse de manera más compacta, para un determinado grado de giro o presión de tensión del hilo, que para una fibra más corta, rizada, menos orientada en un hilado de hilos.⁶⁶

Estas descripciones se refieren al diámetro del hilo y son indicativos del tipo de producto que se produce normalmente. Los hilos producidos en otros lugares pueden utilizar

⁶⁵ Press, J, "*Manmade textile encyclopedia*", Textile book publishers ,Brooklyn ,1959

⁶⁶ Press, J, "*Manmade textile encyclopedia*", Textile book publishers ,Brooklyn ,1959

diferentes sistemas de descripción. Por ejemplo, Australia y Nueva Zelanda pueden utilizar un método de capas en el etiquetado de sus hilos. El número de capas que figuran en la etiqueta se refiere al diámetro del hilo.

Las fibras de diferentes especies varían mucho en su peso intrínseco. Esto hace que sea difícil comparar los hilos de diferentes especies fibras. Una libra o gramo de hilo de un diámetro específico será una longitud diferente a la de otro del mismo diámetro de una especie diferente de fibra. Es por eso que se establece un sistema que permita contabilizar el número y tamaño de hilos.

Dentro de los sistemas más comunes tenemos:

- Sistema Hilado total por unidad TYPP (Total Yarn Per Pounds): Es importante el contabilizar el número y tamaño de hilos; hace varios años, por conveniencia en la iniciación del desarrollo se presentó el diseño de aproximación, el sistema TYPP de numeración de hilos (número de 1000yd. Longitud/lb) fue elegido como un sistema práctico de densidad lineal para usar con todos los hilos. Este sistema aparece para ser muy conveniente para el diseño de lonas, producciones de lonas y evaluación de las lonas usando la yarda y las libras del sistema Inglés.
- El sistema Tex: Este método por lo general utiliza yardas por libra o gramos por kilómetro (1000 metros) y se basa en la medición y la descripción de una hebra del hilo, llamado "Single". Hay dos números en una descripción hilo TEX. El primer número se refiere al número de gramos de una hebra de hilo que sería 1000 metros de longitud. Una barra y un segundo número que indique cuántos solteros o hebras se unen para hacer el hilo. Por ejemplo, un número de TEX 100/2 significa un hilo hecho de Singles que pesan cada uno 100 gramos por 1000 metros (kilómetros) y que tiene dos hebras o individuales enlazados entre sí. La 2 capas de hilo es de 200 gramos por 1000 metros. Dos libras de este hilo 2 capas sería aprox. 4960 metros (5000 yardas para cálculos sencillos). Una libra de la cadena sencilla sería de unos 5.000 metros.

Ya que hemos definido las características tanto de las fibras y de los hilos podemos comenzar a describir el proceso para la elaboración, de cada tipo de lonas, a continuación se describirán los procesos de elaboración para las lonas tejidas y lonas espirales.⁶⁷

4.2 Fabricación de las lonas tejidas

El uso de fibras, hilados y tejidos para aplicaciones que no sean prendas de vestir y el mobiliario no es un fenómeno nuevo. Tampoco está exclusivamente vinculada a la aparición de las modernas fibras artificiales y textiles. Las fibras naturales como el algodón, lino, yute y el sisal se han utilizado por siglos en aplicaciones que van desde tiendas de campaña y lonas impermeables para cuerdas, lona y saqueo. Hay pruebas de tejidos y mallas que se utilizan en la época romana y antes de estabilizar un terreno pantanoso para la construcción de carreteras los primeros ejemplos de geotextiles lo que ahora se denominan y geomallas, como se muestra en la figura 2.⁶⁸

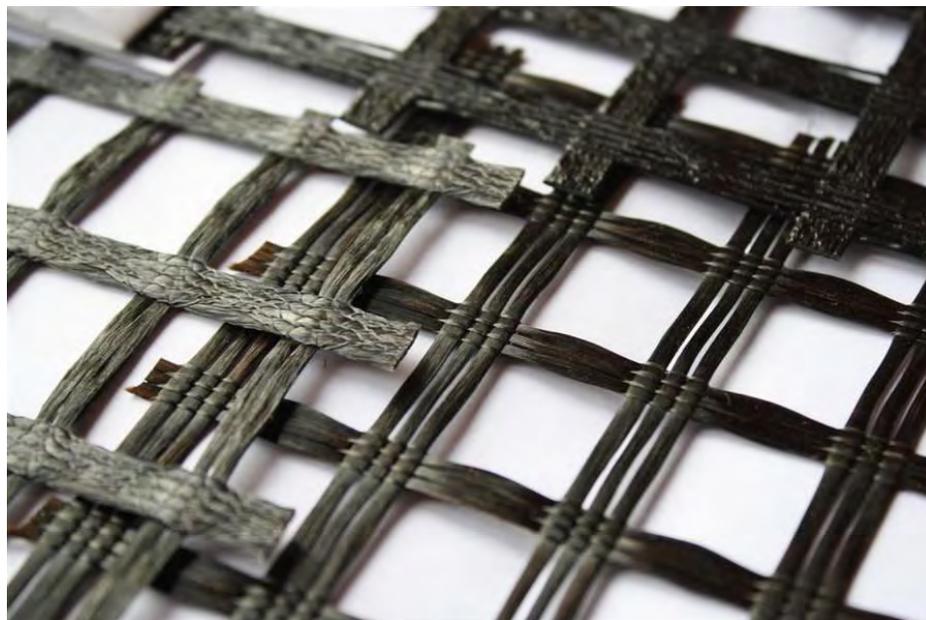


Fig.2 Estructura de una geomalla⁶⁹

⁶⁷ Press, J, *“Manmade textile encyclopedia”*, Textile book publishers, Brooklyn ,1959

⁶⁸ Horrok, S, *“Hand book of technical textiles”*. Woodhead Publishing Limited in association with The Textile Institute Abington Hall, Abington, 2000.

⁶⁹ http://www.atarfil.com/productos_y_aplicaciones/productos/geomallas/

Lo que es relativamente nuevo es el creciente reconocimiento de los derechos económicos y estratégicos del potencial de textiles tales a la fibra y la fabricación de tejidos y el procesamiento de las industrias de los países industrializados y de industrialización por igual. La cadena de suministro de lonas de uso técnico es una larga y compleja, que se extiende desde los fabricantes de polímeros para las fibras técnicas, y las membranas de recubrimiento de la especialidad a través de los convertidores y fabricantes que incorporan textiles técnicos en productos acabados o utilizarlos como una parte esencial de sus operaciones industriales. El alcance económico e importancia de los textiles técnicos se extiende mucho más allá de la industria textil sí mismo y tiene un impacto en la esfera de casi todos los de la actividad humana económica y social. Y sin embargo, este dinámico sector de la industria textil no ha sido totalmente inmune a los efectos de la recesión económica, del producto y la madurez del mercado, y de la competencia mundial cada vez mayor que están todos muy bien conocido en los sectores más tradicionales de la ropa y el mobiliario. No hay caminos fáciles para el éxito y los fabricantes y convertidores todavía se enfrentan al reto de lograr beneficios económicos proporcionales a los riesgos involucrados en la operación en los mercados nuevos y complejos. En todo caso, la constante necesidad de desarrollar los productos novedosos y aplicaciones, invertir en nuevos procesos y equipos, y de mercado para una gama cada vez más diversa de clientes es más exigente y costosa que nunca.

Las lonas tejidas nunca han tenido un solo segmento del sector industrial, se está desarrollando en muchas direcciones diferentes, con distintas velocidades y niveles de éxito.

Existe una erosión continua de las barreras entre las definiciones tradicionales de textiles y otros materiales de ingeniería flexible, como papel y plásticos, películas y membranas, metales, vidrio y cerámicos. La mayoría de los productores tienen en común muchas de las habilidades básicas de la manipulación de textiles fibras, tejidos y técnicas de acabado, así como un entendimiento de cómo interactúan todos estos y llevar a cabo en diferentes combinaciones y ambientes. Más allá de eso, mucha de la tecnología y los conocimientos asociados con la industria reside en la comprensión de las necesidades y la dinámica de muchos y muy distintos usos finales y los sectores del mercado. Es aquí donde las nuevas líneas divisorias dentro de la industria están surgiendo.

Una apreciación de la evolución y el potencial de los mercados de lonas para la elaboración de papel, comienza con una aclaración de la terminología y las definiciones de evolución ámbito de la industria y sus mercados. En este capítulo se pasa a considerar algunos factores tales como la técnica, comercial y global que están impulsando la industria hacia adelante.⁷⁰

El número de estructuras de un tejido que pueden ser producidas son prácticamente ilimitadas en esta sección las estructuras básicas, su importancia en las construcciones de orilla, y tejidos triaxiales, muestran estructuras simples que pueden afectar a las propiedades físicas de las lonas. La mayoría de las dos dimensiones lonas tejidas se construyen a partir de tejidos simples y de éstos por lo menos 90% de ligamento tafetán⁷¹.

El tejido llano es el patrón más simple entrelazado que puede ser producido. Está formado por alternativamente por levantar y bajar un hilo de urdimbre a través de un hilo de trama. La figura 3 muestra un tejido de ligamento tafetán vista en planta y forma de urdimbre y trama manera secciones transversales a través de los diagramas de la lona.

⁷⁰Horrok, S, "*Hand book of technical textiles*". Woodhead Publishing Limited in association with The Textile Institute Abington Hall, Abington, 2000.

⁷¹Tejido de seda formado de un cruzamiento de hilos pares de la urdimbre por un hilo de la trama y un cruzamiento de hilos impares de la urdimbre por otro hilo asimismo de la trama.

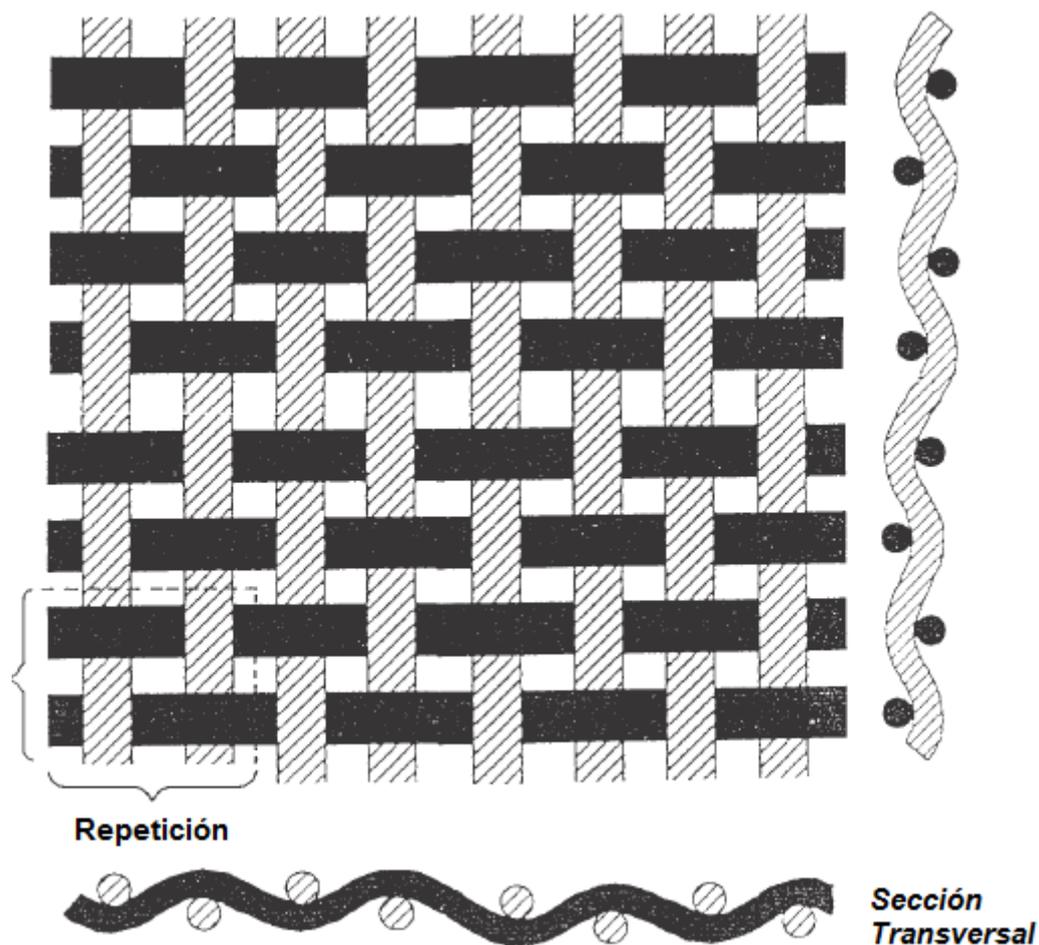


Fig. 3 Lona Tejida con tejido llano o simple⁷²

Los diagramas son ideales, ya que raramente los hilos son perfectamente regulares y la presión entre los extremos y picos tiende a distorsionar la forma de los hilados en las secciones transversales a menos que las telas se tejan con hilos monofilamento o tiras de hilos de película. Los hilos también no se encuentran directamente en la tela debido a que la urdimbre y la trama tienen para doblar alrededor de unos a otros cuando están forma de onda entrelazada. La forma asumida por el hilo se llama engarzado.

Para la elaboración de las lonas tejidas se debe comenzar con los requerimientos y especificaciones del cliente; esto determinará las especificaciones de diseño y desarrollo para la lona. Un grupo de ingenieros y técnicos llevan a cabo el control y la planeación

⁷²H Horrok, S, "*Hand book of technical textiles*". Woodhead Publishing Limited in association with The Textile Institute Abington Hall, Abington, 2000.

para la elaboración de la lona; este último dependerá de la urgencia y del cliente al cual se le enviará la lona.

4.2.1 Urdido

Ya que hemos establecido las características de la lona se debe comenzar con el urdido de los hilos o de la fibra.

El urdido puede ser definido como la operación con la cual se obtiene la urdimbre arrollada sobre un plegador, partiendo de un cierto número de bobinas. La urdimbre es el conjunto de los hilos ordenados, plegados en forma paralela, con una longitud preestablecida. Posee además los elementos auxiliares que permiten que se conserve este orden de los hilos en las operaciones siguientes. Los parámetros que detallan a esta urdimbre son: el número de hilos, la longitud de los mismos, el colorido que forman, el ancho de la misma. Los conceptos que enmarcan a esta opción son: conservar la elasticidad propia de los hilos una vez arrollados en el plegador, obtener una superficie rectilínea del mismo y que presente una dureza uniforme a cualquier diámetro. Dos sistemas de urdir son muy conocidos: Directo y seccional, que acompañados de métodos de trabajo específicos cubren gran parte de las necesidades de urdido.

4.2.1.1 Estilos de urdido

El estilo directo, también llamado americano, por su origen histórico, consta de una máquina plegadora (urdidor directo) y una fileta de bobinas.

La máquina plegadora produce el giro del plegador al cual se han fijado los hilos de las bobinas albergadas en las filetas. Este giro provoca el arrollado de los mismos y con él la consecución de la urdimbre.

Es un sistema muy conocido y aplicado en urdumbres lisas y de gran metraje. Pero el número de bobinas que forman la fileta viene limitado por el tamaño de las mismas y por consecuencia por el espacio ocupado. No existe una regla fija para escoger el número de bobinas que debe poder almacenar una fileta y en el mercado existen desde 400 a 1500, lo cual no impide que para ciertas aplicaciones muy concretas las haya de mucho menos.

El número de hilos que forman las urdimbres de las máquinas de tejer es normalmente muy superior y por ello es necesaria una operación de ensamblado, por su superposición de varios plegadores. Se realiza normalmente aprovechando la operación de encolado ya sea antes o después de la misma.

Esta operación de ensamblado por superposición es muy fácil en el caso de hilos de un mismo color, ya que solo necesitan separaciones de orden, pero presenta dificultades de cálculo y realización en el caso de urdimbre colorido. Las cuales para su correcto funcionamiento en máquina de tejer deben poseer las cruces de situación de hilos.⁷³

En un principio, en estos urdidores, el giro del plegador era realizado por el contacto de un cilindro de arrastre apretado contra la superficie de los hilos. Con ello se obtenía la velocidad uniforme de urdido, de manera sencilla, a medida que aumentaba el diámetro del plegador durante el urdido. Y además se comunicaba compacidad al mismo. Pero con el aumento de la velocidad de urdido, aumento de aceleración en el arranque y disminución de tiempo de frenado, de los urdidores se producían deslizamientos entre el movimiento del cilindro y la superficie del plegador. Ello traía como consecuencias abrigamiento de hilos, rotura en algunos casos, inseguridad en la operación.

Modernamente los urdidores comunican movimiento al plegador por el eje del mismo, con un regulador de velocidad que mantiene los valores periféricos al aumentar el diámetro y sólo conservan el cilindro de contacto con la misión de comunicar compacidad al plegado de los hilos. Pero este cilindro no está animado de movimiento propio sino que el contacto apretado con los hilos lo hace girar. Y posee un freno propio para cuando se produce la rotura de un hilo y por tanto el paro del plegador de urdimbre.

Pero en el caso de urdidores muy rápidos, para que no se produzcan deslizamientos en los instantes de paro, por inercias descompensadas entre el plegador de los hilos y este cilindro de apriete, éste se separa levemente.

La compacidad a obtener presenta valores cercanos a. 0,7 en filamento, 0,5 en hilo hilado y 0,3 en hilo hilado por tintura sobre plegador.

Esta máquina tan extendida presenta variadas posibilidades de trabajo. Esta diversidad nace de las necesidades tan diversas de los hilos. Si son de filamento de ser torcidos o no,

⁷³ Alvarado, E y García, L, *“Guía de producción más limpia para la industria textil”*, Edit. AGA & Asociados Honduras, 2009

de ser texturizados o no. Si son hilados, de los distintos tejidos a fabricar, de su densidad de urdimbre o del diseño del artículo. A continuación se exponen distintos métodos observados en algunas industrias, acompañados de ventajas e inconvenientes que presentan: Ellos son:

1. Urdir y luego reunir en la operación de encolado.

Ventajas:

- Gran producción
- bajo número de roturas durante el urdido
- mezcla, disimulando posibles diferencias entre hilos

Inconvenientes:

- necesidad de largo metraje
- dificultad en poder realizar la cruz en gran densidad
- dificultad en el colorido
- límite de densidad en el encolado
- los hilos perdidos producidos en urdido

2. Urdir reunir encolar yuxtaposición: Sistema para obtener tejidos a franjas, en masa de color por urdimbre. No simétricas o no repetitivas. Con aplicación en la fabricación de tejidos de novedad en algodón poliéster.

Se urden en pequeños urdidores que guardan parecido a los de orillas pero con diámetros hasta de 50cm y anchos variables de 8 a 12cm. Pueden realizarse las cruces y las separaciones. Con la fileta llena (normalmente 200 a 400 hilos) se urden plegadores hasta agotarla. Después se reúnen estos plegadores en un cabezal reunido y se forma un plegador hasta agotarla. Después se reúnen estos plegadores en un cabezal reunido y se forma un plegador que posee el total de hilos

Directamente puede llevarse a tejer, con hilos a dos cabos, puede llevarse enconar fueron plegador de urdidor seccional, como lo ilustra la figura 4.

Limitaciones:

- metraje corto o medio
- sólo para hilos discontinuos



Figura 4: Conjunto de bobinas para preparar urdimbre.⁷⁴

4.2.2 Tejido

Una vez que contamos con las bobinas, estas son llevadas al área de tejido donde dependiendo de las características de la lona se solicitan el número de bobinas necesarias para poder ser acomodadas en el telar.

El tejido es un proceso continuo que se divide en dos categorías: tejido plano y tejido de punto.

El tejido plano, es el método comúnmente utilizado en la industria textil para la elaboración de lonas para papel. Los tejidos planos se emplean, a su vez, en la fabricación de una gran cantidad de productos industriales y de consumo.

⁷⁴ <http://www.textilumbert.com> (visitada abril de 2013)

Este proceso se lleva a cabo en cualquier tipo de telar; en términos generales, se entrelazan hebras dispuestas a lo largo (urdimbre) con otras que van en ángulo recto a las primeras (tramado) pasando por encima o por debajo de éstas.

Un tipo especial de telar sin lanzadera, conocido como telar de inyección de agua, usa un chorro de agua para impulsar las hebras de la urdimbre. En forma similar, un telar de inyección de aire, un método tecnológicamente nuevo de tejido, usa impulsos de aire secuenciales para impulsar la hebra del tramado. Con excepción de los telares de inyección de agua, este método de tejido constituye una operación en seco. Sin embargo, a fin de evitar que se rompa la hebra de la urdimbre como consecuencia de la fricción que se produce durante la operación en sí, con frecuencia es necesario agregar al procesamiento una etapa conocida como engomado, en la cual se puede generar una pequeña cantidad de agua residual⁷⁵

Por otra parte el tejido de punto, es el proceso en el que se fabrican las telas mediante la elaboración de gasadas e hilo y enlazándolas con otras nuevamente formadas con el mismo hilo, para producir la estructura que se denomina de punto o de calceta. La fabricación de géneros de puntos con máquinas requiere multitud de agujas, porta agujas y elementos portadores de la hilaza. El orden de entrelazado, el modo en que se forma la gasada, los tipos de agujas e hilaza determinan el tipo de tejido resultante. Un rasgo importante de este tejido es su capacidad de estirarse en cualquier dirección. Se distinguen dos tipos de tejidos de punto: tejidos por urdimbre y tejidos por trama. En el tejido primero miles de hilos entran en la máquina simultáneamente cada uno con su propia aguja y todos forman una gasada al mismo tiempo. El tricot, el milanés, el raschel y el simplex son variedades del tejido de punto. En el tejido de trama, la hilaza entra directamente a la máquina desde un cono, canilla u otra forma de empaque de modo que el hilo se entrelaza en una fila de gasadas previamente hecha a lo largo del tejido. La hilaza puede entrar desde uno o más puntos de la alimentación, por lo que se pueden formar de una vez una o más filas de gasadas en el tejido

Previo al tejido, las fibras se recubren con aprestos, utilizando productos químicos tales como: almidones, gomas, ablandadores, penetrantes y preservantes; cada fabricante tiene su propia formulación. También son usados materiales base más económicos como los

⁷⁵ Alvarado, E y García, L, *“Guía de producción más limpia para la industria textil”*, Edit. AGA & Asociados Honduras, 2009

adhesivos, almidones formadores de película y alcoholes. Los almidones, gomas y colas actúan adecuadamente sobre fibras naturales hidrofílicas, pero no dan buen resultado en las fibras de nylon y otras fibras hidrofóbicas. Los ablandadores se usan para proporcionar flexibilidad a la película de almidón, para propagar la lubricación a la hilaza que ha de pasar por los peines, lizos y atalajes del telar. Se usan como ablandadores el sebo, diversos aceites y grasas como el aceite de coco, el de resino, la estearina, la parafina y varios aceites y grasas sintéticos.

Cuando ya se tiene el tejido, sigue la limpieza como una operación de preparación de la tela para su posterior blanqueo y teñido. Estas operaciones de limpieza se hacen en la misma maquinaria de blanqueo o teñido según sea el caso.

Como con el urdido, existen diversos formadores para el tejido los cuales se muestran a continuación.

- Telares Manuales: Aunque no se sabe a ciencia cierta donde y cuando se inventó el telar, existen vestigios que lo colocan en tiempos prehistóricos. Se cree que el primer telar debió ser tan simple como una rama de árbol moviéndose de manera más o menos paralela al suelo formando tejidos más bien toscos. “En telares primitivos los hilos de urdimbre (longitudinales) debían mantenerse rígidos de manera horizontal, posteriormente se reemplazó la rama de árbol por una estructura fija de madera (modificada para ese fin en específico) que permitía trabajar en forma vertical, tal como lo demuestran pinturas pertenecientes a la antigua Grecia; por otra parte se cree que los egipcios fueron los primeros en utilizar una lanzadera para sostener y manipular la trama en telas que datan de más de 6000 años”⁷⁶. Se ha encontrado, que civilizaciones separadas geográfica y temporalmente basaron su producción textil en el mismo principio, particularizándose de acuerdo a las necesidades y materias primas propias de la región.
- Telar de cintura, cuyo uso, en la actualidad, continúa en nuestro país por algunos pueblos indígenas. La estructura es de forma rectangular o cuadrangular; los hilos de urdimbre se mantienen tensos al fijar uno de los soportes a una estructura vertical y el otro a una cinta que se ajusta alrededor de las caderas del tejedor, el

⁷⁶ www.thetextileguide.com (Consulta 26 de Julio de 2012)

cual se arrodilla o se sienta para realizar el trabajo. Los hilos de trama (transversales) se insertan por encima y por debajo ayudándose con los dedos y, más tarde dentro del desarrollo histórico, con la ayuda de una lanzadera que se hace pasar a través de los hilos de urdimbre que se han levantado. Para separar los hilos de urdimbre y hacer más rápido el tejido, se fijaron barras de madera que podían elevarse separando así la mitad de los hilos. Para apretar los hilos de trama que se pasan y se cortan, se utiliza un peine, similar al usado para el cabello. Posteriormente, con la especialización del trabajo y la necesidad imperante de aumentar la producción, el mecanismo de barras de madera fue transformado en mallas y lizos, que se fijaron a pedales de manera que el tejedor podía separar la urdimbre con los pies dejando libres las manos para poder insertar los hilos de la trama.⁷⁷ Este tipo de cambios, que requirieron una estructura con mayor estabilidad, dieron lugar a los telares de piso.

Durante mucho tiempo el tejido fue realizado bajo un sistema de producción autosuficiente utilizando telares de cintura operados por dos personas. Sin embargo, el aumento poblacional demandaba mayor producción, surgiendo así los primeros talleres textiles. A principios del siglo XVIII en Inglaterra, comienzan a darse los primeros intentos de mejora tecnológica, pues fue en este país donde los avances en la agricultura habían permitido elevar sustancialmente la producción de fibras como el algodón, lo cual incentivó la optimización del proceso de tejido.

La necesidad de dichos cambios también se vio impulsada alrededor del año 1700, cuando los textiles importados de la India empiezan a reemplazar a los europeos en los mercados internacionales, debido a su alta calidad y bajo costo. Los objetivos de los productores ingleses fueron entonces incrementar la producción y reducir los costos a través de la sustitución de procesos manuales por operaciones mecánicas más efectivas. Es por ello que muchas innovaciones tecnológicas tuvieron lugar en este período e influyeron enormemente a otras ramas de la industria.

En 1733 el inglés John Key patenta la lanzadera volante que consistía en un mecanismo de palancas que empujaba la lanzadera a través de una guía, esto permitía que la trama pudiese ser manejada por un solo trabajador que limitaba sus movimientos sólo al

⁷⁷Hollen, N, "Introducción a los textiles", Noriega Editores, México, 1999.

acomodo de ésta, incrementado con ello la velocidad del tejido. El aumento de la producción supuso una mayor demanda de materias primas, lo cual impulsó el mejoramiento de las máquinas hiladoras. Cuando éstas lograron avances significativos – los hilos eran producidos con mayor rapidez de lo que podían ser tejidos- presionaron a su vez la optimización de los telares, manteniendo un proceso constante de innovación tecnológica. Este ciclo de mejoramiento marcó el inicio de la Revolución Industrial.

Debido a esto surgió la necesidad de desarrollar el telar mecánico con la automatización de procesos durante la Revolución Industrial en Inglaterra fue resultado de las condiciones económicas, innovaciones técnicas, adelantos en la transferencia de energía y en la mecanización de las fábricas. Conceptos como la división del trabajo permitieron simplificar el mismo y permitió el diseño y construcción de máquinas que reproducían los movimientos del trabajador.

La evolución tecnológica permitió la posterior motorización, aumentando la eficacia productiva.

En 1769, el inglés James Watt diseñó una máquina que convertía la energía del vapor de agua en energía mecánica o movimiento. El vapor producido en la caldera hermética era dirigido mediante un sistema de tuberías al interior de un cilindro que impulsaba un émbolo o bien presionaba las palas de una turbina para hacerla girar.⁷⁸

En 1784 Edmund Cartwright desarrolla el primer telar basado en movimiento hidráulico, aprovechando la energía obtenida de la caída de agua que generaba la rotación de turbinas. La utilización de este nuevo tipo de energía supuso cambios en la configuración del telar, las piezas de madera que conformaban casi la totalidad de la máquina- tuvieron que ser reemplazadas por hierro. El telar de Cartwright permaneció prácticamente invariable durante 25 años hasta que William Harrocks incorporó mecanismos y flechas que permitían detener el telar en caso de que la trama o la urdimbre se rompieran o bien si la lanzadera no llegaba al final de su recorrido. Otros dispositivos habilitaban el intercambio de lanzaderas sin necesidad de detener el telar. Su funcionamiento consistía en colocar un cargador con varias bobinas llenas de hilo en uno de los extremos del telar, expulsando la bobina vacía y colocando una nueva en su lugar.

⁷⁸Gómez, F, *“Tecnología de la Industria Textil”*, Tesis de Ingeniería Textil. Escuela Superior de Ingeniería Textil, México, IPN, 1987

Una de las innovaciones más importantes en el desarrollo de los telares fue introducida en Francia en 1801 por Joseph Jacquard. Su telar empleaba un sistema de tarjetas perforadas que determinaban la posición (atrás/adelante) del hilo de trama con respecto a la urdimbre. El funcionamiento se basaba en una serie de tarjetas -una por cada pasada de trama perforada y acomodada de acuerdo al patrón de diseño. Estando en posición, permitían el paso de las agujas conectadas a los hilos de urdimbre correspondientes a las perforaciones, elevándolos para permitir el paso de la lanzadera. Una vez completado el movimiento se utilizaba la siguiente tarjeta y así sucesivamente. Al terminarse éstas, la secuencia comenzaba nuevamente, con lo cual se lograba un proceso continuo de diseños exactos. Esta técnica fue tan exitosa que, para 1812, el dispositivo fue incorporado a más de 18,000 telares en Francia, considerándose un cambio tecnológico muy importante. El uso de las tarjetas perforadas inspiró al matemático Charles Babbage para intentar diseñar una máquina calculadora basada en el mismo principio⁷⁹

Si bien los telares mecánicos aumentaron considerablemente la producción mediante la sincronización de procesos, el control y toma de decisiones seguía dependiendo del trabajador. Los telares mecánicos tradicionales, por ejemplo, tenían que ser detenidos para reemplazar la trama de la lanzadera. Debido a estos tiempos muertos el trabajador podía operar solamente un máximo de cuatro máquinas. James Northrop, emigrante inglés, desarrolló en 1889, en Estados Unidos, un sistema que permitía manipular la trama mediante el cambio de canillas sin necesidad de alentar o detener el telar, y lo más importante era que podía prescindir del hombre para realizarlo. De esta forma se crea el primer telar automático.

Esta innovación habilitó la operación de hasta 16 equipos por trabajador, al disminuir el tiempo de atención que requerían por parte de éste, obteniendo rendimientos mucho más elevados y mayor producción. Dicho cambio representó la consolidación de la industria americana a nivel mundial ya que en 1930 el 90% de sus telares utilizaban esta tecnología contra el 5% en países como Inglaterra⁸⁰.

Sin embargo, los cambios no versaron solamente en elevar la producción, sino también en mejorarla.

⁷⁹www.weavespindye.org/html/rfts-spr01. (Consulta 1 de agosto de 2012)

⁸⁰Gómez, F, *“Tecnología de la Industria Textil”*, Tesis de Ingeniería Textil. Escuela Superior de Ingeniería Textil, México, IPN, 1987

En 1865, Hattersley y Smith inventan un mecanismo de cambio de cajones que brindaba la posibilidad de utilizar diversas tramas en un mismo tejido, lo cual ampliaba de manera sustancial la variedad y complejidad de los diseños. A partir de ese momento, muchas compañías adaptaron, mejoraron e implementaron nuevos dispositivos. En 1898, Ruti, el mayor fabricante de telares suizo, mejoró el sistema de Northrop al desarrollar un mecanismo de bobina automático, cuyo movimiento se lograba mediante imantación temporal. Mientras tanto, empresas japonesas como Toyoda, Sakamoto y Tsudakoma lograron incorporar la transferencia automática de la lanzadera.⁸¹

Después de la Segunda Guerra Mundial, la productividad y eficiencia se convirtieron en elementos esenciales para superar los costos de trabajo de los países occidentales, volviéndose común la práctica de elevar la productividad para reducir costos de fabricación. Esto condujo al estudio de factores que afectaban la velocidad del telar, incluyendo los mecánicos y los humanos.

El desarrollo de los telares ha permitido reducir las horas de trabajo durante los últimos 125 años de 20 a 0.25 hrs.” (Rajagopalan, 2007). Las principales mejoras, en la actualidad, se han visto en el incremento de productividad, flexibilidad para producir cualquier tipo de tela, reducción en los tiempos “muertos” de cambio o suministro de materia prima, y la aplicación de controles electrónicos a mecanismos (automatización).

El elemento central que ha orientado las innovaciones tecnológicas en la industria textil es la búsqueda de un proceso continuo de producción donde se alcance la eliminación, simplificación y automatización creciente de las operaciones. Para ello los adelantos se han centrado en:

- 1) Dispositivos para separar la urdimbre y elaborar diseños tejidos más complicados;
- 2) el uso de computadoras y sistemas de control electrónico; y
- 3) métodos más rápidos de insertar el hilo de la trama.

A pesar de la eficiencia aceptable del telar convencional, su productividad se ha visto limitada debido a la velocidad de la lanzadera, la cual, al ser incrementada, presenta algunos inconvenientes: genera gran cantidad de ruido y vibración, el movimiento se vuelve más difícil de controlar y las probabilidades de error son mayores. Para superar

⁸¹<http://www.pdexcil.org/news> (Consulta: 1 de Agosto de 2012).

estas limitantes se han desarrollado tres tipos de telares sin lanzaderas: de chorro de agua, de chorro de aire y el telar de espadín. En estos sistemas, los hilos de trama no son continuos, sino que se miden y cortan dejando un borde a lo largo de la tela, pudiendo fundirse en el caso de las fibras sintéticas.

A continuación se describen brevemente las características de cada uno⁸²

- Telar de chorro de agua. Como su nombre lo indica, utiliza un chorro de agua de alta presión para llevar el hilo de la trama a través de la urdimbre. El hilo de trama viene de un paquete estacionario que se encuentra junto al telar, va hasta un tambor de medición que controla la longitud del hilo y continua a través de una guía hasta la boquilla de agua donde un chorro de líquido lo transporta a través de la calada de urdimbre. Cuando la trama regresa el hilo es cortado. El agua es eliminada del telar por un dispositivo de succión y la tela pasa por un proceso de secado. Este telar es más compacto, menos ruidoso y requiere de menos espacio que un telar convencional y puede trabajar a 400 o 600 pasadas por minuto (movimiento de la trama). Sin embargo, sus limitaciones radican en la utilización de fibras resistentes al agua así como el costo adicional que representa el secado.
- Telar de chorro de aire. Esta tecnología fue desarrollada en Suecia a principios de los 1920's, y limitaba su operación a una distancia de 100 cm., debido a la falta de control del flujo de aire. La segunda etapa se ubica en los 60's cuando se implementa el uso de boquillas que permiten lograr anchuras de 330cm. Este sistema funge de manera similar al anterior, pero utilizando aire en lugar de líquido. La trama es previamente medida y se guía a través de una boquilla en la cual un chorro de aire la pasa por la urdimbre. El telar puede trabajar a 320 pasadas por minuto y tiene limitaciones en el ancho de la tela porque el chorro de aire disminuye a medida que pasa por el tejido. Este tipo de telar presenta ventajas sobre los otros al poder utilizar tanto hilos de trama continuos como discontinuos, siempre y cuando estos sean de gran calidad, de otra forma el proceso se detendría debido a rupturas tanto de la urdimbre como de la trama.
- Telar de tipo espalda. El telar tipo espadín trabaja (principalmente) con hilados de fibra corta a 300 pasadas por minuto. Tiene dos brazos metálicos del tamaño

⁸²Hollen, N, "Introducción a los textiles", Noriega Editores, México, 1999.

aproximado de un pequeño portaplumas llamado transportador o falsa lanzadera, uno en el lado derecho y otro en el izquierdo del telar. Un mecanismo de medición mide y corta la longitud correcta de hilo de trama que va a pasar por la calada llevada por los transportadores. Estos entran a la calada de urdimbre al mismo tiempo y se juntan en el centro. El transportador opuesto toma el hilo y lo jala. Después de cada inserción, los hilos de trama se cortan cerca del borde y los extremos que sobresalen se introducen de nuevo a la tela para reforzar el borde. La figura 5 muestra un ejemplo de Telar de tipo espalda.



Figura 5: Telar de tipo espalda.⁸³

Algunas otras innovaciones en la evolución tecnológica del tejido plano han mejorado la calidad del producto: el tensionador de urdimbre, por ejemplo, el cual permite reducir la tensión de los hilos especialmente durante la inserción, la apertura y el cierre, y pueden ser seleccionados de acuerdo al material, lo cual brinda mayor uniformidad al tejido. Otras mejoras incluyen: mayor anchura en el peine, mayor precisión del tejido, versatilidad y disminución de ruido del telar, métodos de lubricación centralizados, modificación de accesorios y materiales más resistentes⁸⁴.

Una vez que hemos visto los diferentes telares, podremos ver la capacidad de un telar para poder producir lonas de diferentes dimensiones, es muy común con no contar con telares que abarquen toda la longitud de una lona, cuando esto ocurre, el proceso de

⁸³ <http://www.cannoncol.com> (visitada abril de 2013)

⁸⁴ Gómez, F, *“Tecnología de la Industria Textil”*. Tesis de Ingeniería Textil. Escuela Superior de Ingeniería Textil, México, IPN, 1987

tejido se lleva a doble tubular, que no es otra cosa que unir la lona mediante el doblado de la lona.

Ya que se ha sometido al proceso de tejido la lona tiene y debe ser inspeccionada, esto debido a que es necesario garantizar la calidad de la lona; para estos fines se requiere de una percha o bien del área de despinzado donde eliminarán las cocas⁸⁵ y rupturas que posea nuestra lona.

Una vez que la lona ha sido producida, se debe llevar a cabo una inspección minuciosa en la cual los desperfectos deben ser eliminados, para esto es necesario contar con una percha que facilite la ubicación de los desperfectos.

La percha está constituida por un par de tubos horizontales normalmente de acero inoxidable, donde la lona se monta y se empieza a recorrer a través de los polipastos poco a poco para poder evidenciar los desperfectos que pueda contener nuestra lona.

Esta tarea con lleva demasiado tiempo dependiendo de la longitud de la lona, por lo cual entre mejor se haya realizado el proceso de tejido, menores desperfectos tendrá nuestra lona. Es muy importante remarcar que mediante la percha de inspección o la mesa se corrijan los defectos para poder así someter la lona al proceso de acabado, donde obtendremos finalmente nuestro producto terminado.

4.2.3 Acabado

El acabado es la última etapa de fabricación en la producción de lonas tejidas. Como parte integrante de proceso húmedo, el acabado es la operación en la que las últimas propiedades de las lonas tejidas se desarrollan.

El acabado no se limita al tratamiento húmedo ya que cualquier operación para mejorar el aspecto o la utilidad de una lona después de que sale del telar o máquina de tricotar puede considerarse una etapa de acabado. En el acabado pueden ser tanto los productos químicos que modifican la lona de estética y / o las propiedades físicas o cambios en las

⁸⁵ Amontonamiento de hilos en una zona específica.

características de textura o superficie provocada por manipular físicamente el tejido con los dispositivos mecánicos.

El acabado se divide comúnmente en dos categorías, químico y mecánico. En el acabado químico, se utiliza agua como el medio para aplicar los productos químicos. El calor se utiliza para eliminar el agua y para activar los productos químicos. El acabado mecánico se considera una operación en seco a pesar de la humedad y los productos químicos son a menudo necesarios para procesar con éxito la lona.

El acabado hoy en día se ocupa de muchos puntos de preocupación ya que él es responsable de la calidad final de la lona. Entre los puntos de preocupación los que tienen que ver con los productos químicos ya que las reacciones con el tejido, la manipulación de grandes cantidades de sustancias químicas peligrosas, la seguridad de los trabajadores y los problemas ambientales que se produzcan emisiones de aire y agua son de un gran impacto. Por otra parte la calidad del producto tiene que ver con las máquinas que se utilizan para procesar la lona y el control a la producción de bienes. Otro punto de preocupación tiene que ver con factores económicos, es decir, productos químicos y el proceso de costos, la producción, la certificación de calidad y entrega oportuna de los productos a los clientes.

En este punto tocaremos los acabados químicos y mecánicos que son los que definen las propiedades de las lonas tejidas.⁸⁶

4.2.3.1 Aspectos mecánicos del acabado químico

Cuando se utilizan productos químicos para cambiar las propiedades de la lona, debe ser aplicado uniformemente a lo largo de la misma. Los pasos químicos de acabado implican la aplicación de una solución química con un aplicador adecuado, la eliminación de agua

⁸⁶Tomasino, C. *“Chemistry & Technology of Fabric Preparation & Finishing”*, Department of textile Engineering, Chemistry & Science College of Textiles, Estados Unidos, 1992.

(secado) y calentando la tela a una temperatura que activa el producto químico (curado). El proceso se refiere a menudo como almohadilla-seco-curado. Cada parte del proceso puede influir en el resultado del tratamiento. En este apartado hablaremos sobre los equipos utilizados en el acabado de productos químicos.

Tradicionalmente, las almohadillas o fulares se han utilizado para aplicar acabados químicos. Más recientemente, el costo de la energía que se refiere al costo del acabado de la lona tiene interés escalonado en técnicas de baja absorción de humedad. Existen varios tipos de aplicadores para el acabado, aquí presentamos dos de los más comunes.

A) Fulares: Un fular consta de un canal y un par de rodillos de compresión. La lona pasa bajo un rodillo sumergido en el canal lleno con el baño de tratamiento y, a continuación a través de rodillos escurridores. El proceso se denomina relleno. Tres factores controlan la cantidad de solución que queda en la lona, apriete presión (que se ve influenciada por la composición de los rodillos), la construcción de la lona (la solución reside en los espacios capilares entre hilos y fibras), y la naturaleza de absorción de la fibra. Todos los tejidos tienen límites de humedad altas y bajas. Dentro de estos límites, los ajustes en húmedo de se pueden hacer mediante el aumento o la disminución de la presión de compresión. Si la presión de compresión es demasiado baja, charcos de solución permanece en la superficie de la tela. Cuando esto se seca, química exceso se deposita en las zonas excesivamente húmedas resultantes en una aplicación no uniforme del tratamiento.

B) Las ranuras de vacío: El agua en los capilares y los espacios entre las fibras y los hilos no están ligados fuertemente como el agua en el interior de la fibra. La cantidad en los poros y espacios pueden reducirse haciendo pasar la tela sobre una ranura de vacío. Se compone de un tubo hueco con un orificio de ranura que recorre la longitud del tubo. Una bomba de vacío está conectado al extremo del tubo y la tela pasa por encima del orificio. El orificio está diseñado para que la caída de mayor presión a través de la tela. Un sello ranura automático cubre la porción de la ranura de la izquierda no cubierto por la tela y asegura la eficiencia máxima de vacío a través de la tela.

Si una ranura de vacío se agrega en línea con un fular, el vacío que va a extraer el líquido que residen en el tejido de los capilares y la reducción de los espacios abiertos absorción de humedad. La mayor parte de la solución que queda se

encuentra dónde se va a hacer el mayor bien, en el interior de la fibra. Termina ubicación y cómo influye en las propiedades de la tela será discutido en una sección posterior. El acabado se puede reciclar de vuelta a la almohadilla para su reutilización por lo general se pasa a través de un primer filtro para eliminar la pelusa que viene de la tela.

Una vez que el químico se ha aplicado es necesario darle un tiempo de secado y de curado.

El secado se define como el paso donde la porción líquida de la solución es evaporada de la lona. Para el secado que tendrá lugar, el líquido debe ser transformado en vapor y el vapor debe ser movido fuera de la superficie. La cantidad de agua líquida que se evapora depende en gran medida de la humedad relativa del aire y el volumen de aire que pasa sobre él. La velocidad a la cual el agua se evapora a partir de los tejidos depende de la temperatura de la tela y el volumen de aire que pasa a través de ella. La evaporación del agua se produce rápidamente a su punto de ebullición. Cuando la lona húmeda se calienta con aire caliente, la temperatura de la tela no se elevará por encima del punto de ebullición hasta que el agua líquida se haya ido. Esto es cierto independientemente de la fuente de calor que tiene la lona. Como el agua se evapora, la lona se enfría mediante enfriamiento por evaporación.

Habitualmente en el proceso de lonas el curado se basa en eliminar todo el excedente de químico que posea la lona; para estos fines es necesario emplear secadores u hornos para este fin.

Generalmente hablando, el mismo equipo es usado para secar como para curar, siempre que el equipo sea capaz de alcanzar temperaturas de curado. En muchos procedimientos de acabado, secado y curado se divide en dos pasos. Cada paso tiene sus propias condiciones individuales especificadas. La lona húmeda entra en el horno y sale la lona curada. Es necesario recordar que la temperatura de la lona no se aproximará a la temperatura del aire hasta que toda la humedad se haya ido. En muchos procedimientos químicos de acabado, las lonas en tiempo real y su relación con la temperatura es crítica con el fin de activar las reacciones químicas. Por lo tanto, en un paso de secado y curado, es importante saber cuándo la tela está seca por lo que la relación tiempo de curado - temperatura se cumple. El tipo de secador utilizado afectará a las propiedades de la lona.

Además las tensiones pueden distorsionar los tejidos frágiles. La elección del equipo adecuado para manejar la lona es un asunto importante cuando uno está tratando de crear propiedades específicas de tejido.

Una vez que se realizó el curado, se deben dar los ajustes finales para las propiedades finales de la lona y esto se lleva a cabo mediante el termofijado.

El propósito del termofijado es estabilizar dimensionalmente las lonas que contienen fibras termoplásticas. Poliéster y nylon son las fibras principales implicados. Mezclas de poliéster y algodón se producen en grandes cantidades. Estos tejidos pueden encoger, o de lo contrario se distorsionan, ya sea durante el proceso húmedo o en las manos del consumidor. El termofijado es una manera de reducir o eliminar estas propiedades indeseables.

El proceso es relativamente simple, la lona pasa a través de una zona de calentamiento durante un tiempo ya una temperatura en la cual se restablece la morfología de la fibra termoplástica. Este proceso alivia las tensiones y deformaciones impartidas a la fibra por los procesos de producción de hilos y el tejido, hace que la configuración estable que se encuentra en tela lisa y plana.

Lo cual permite impartir a la fibra las fuerzas para resistir las distorsiones del tejido y proporciona una manera de recuperarse de ellos. El tiempo y la temperatura necesaria para el tratamiento térmico dependerán de la densidad de tejido y la historia térmica anterior del poliéster. El tiempo y la temperatura deben ser superiores a la impartida por tratamientos térmicos anteriores. Por lo general, 15 - 90 segundos a temperaturas de 385 a 4150 °F. Será suficiente. El equipo de ajuste de calor puede ser aire caliente en un bastidor tensor, o calor contacto con la superficie de las latas calientes. Aunque el proceso es simple, el control se requiere una cuidadosa.

El calor de fijación se puede hacer bien al final de proceso húmedo o al comienzo. En cualquiera de los puntos, las lonas deben estar libres de arrugas y otras distorsiones de lo contrario las distorsiones de forma permanente establecidos.

Se debe tener cuidado cuando se ajuste al calor de bienes en crudo de tamaño con el alcohol de polivinilo. A altas temperaturas, el polivinil alcohol (PVA)⁸⁷ se deshidratan, convirtiéndose descolorida e insoluble en agua.

El termofijado puede ser particularmente beneficioso cuando se preparan fácilmente tejidos deformados, a fin de eliminar aún el tamaño. Para estos casos, se alternan la preparación de los equipos mecánicos de manipulación puede ser la respuesta. El calor endurece la lona.⁸⁸

Una vez que hemos sometido nuestra lona a todo este proceso, es preciso hacer índole de cuáles son las propiedades que se verá afectadas a lo largo de su transformación.

Los cambios en las propiedades de la lona están relacionados con el número de reticulaciones⁸⁹ impartidas a la fibra. Las mejoras en la recuperación de arrugas y clasificaciones de presiones de diseño⁹⁰, y la reducción de la contracción residual son proporcionales al número de enlaces cruzados. Las pérdidas en la fuerza y resistencia a la abrasión se relacionan también con el número de enlaces cruzados y con el grado de daño de celulosa por el catalizador ácido. El número de enlaces cruzados se ve influido por complemento, (la cantidad de reactivo depositado sobre la tela) y el grado de curado (porcentaje de la cantidad aplicada que se real enlaces cruzados). El grado de curado se ve influido por la estructura química del reactivo, el tipo de catalizador, la relación de catalizador a la resina, la presencia de tampones y el tiempo y la temperatura de curado.

Como podemos observar, las lonas tejidas pasan por 3 procesos importantes los cuales darán pie al producto final, con las condiciones requeridas de los clientes, esta razón nos lleva a analizar cada una de ellas, para determinar su importancia.

El proceso al comenzar con el urdido marcará la pauta para la lona, entre mejor calidad tenga una bobina más eficaz será el tejido; de lo contrario en la inspección final se tendrán demasiados problemas para el despinzado lo cual retardará la producción de la lona.

⁸⁷Polivinil alcohol, más conocido como "cola o adhesivo vinílico" es un polímero, obtenido mediante la polimerización del acetato de vinilo. Para preparar alcohol de polivinilo se usa la hidrólisis del polímero. Se presenta comercialmente en forma de emulsión, como adhesivo para materiales porosos, en especial la madera.

⁸⁸ Perry, R. H. *"Manual del ingeniero químico"*, Ed. McGraw Hill, México, 2001.

⁸⁹ implica la formación de una red tridimensional formada por la unión de las diferentes cadenas poliméricas homogéneas. Existen diferentes tipos de reticulación, que se pueden lograr con un solo polímero o dos o más polímeros que reaccionan para formar una unidad

⁹⁰ Presiones de Diseño (DesignPressure)

Finalmente llevamos a cabo el proceso final, el acabado, el cual posee un único fin, que es dar los toques finales a las características de la lona, para poder enrollar y almacenar las lonas hasta que llegue con el cliente, como se observa en la figura 6.



Figura 6: Lona tejida obtenida una vez terminado el acabado.⁹¹

4.3 Fabricación de Lonas no Tejidas o Espirales

Lamentablemente no existe una definición acordada internacionalmente para las telas sin tejer, a pesar del hecho de que la Organización Internacional de Normalización publicó una definición en 1988 (ISO 9092:1988-Textiles-Definiciones de No tejidos., actualmente se cuenta con la versión 2011 para esta norma). Muchos países, particularmente aquellos que han jugado un papel activo en el desarrollo de la tela sin tejer, siguen prefiriendo su propia definición nacional, que buscar el generalizar su definición.

Dado que es esencial tener claro que es una lona no tejida, la definición de la American Society for Testing Materials (ASTM D 1117-80) lo define de la siguiente manera; " No tejida es una estructura textil producida por la unión o entrelazado de fibras, o ambos, realizada por medios mecánicos, químicos, térmicos o disolvente y sus combinaciones".

Hay que reconocer que esta definición no es muy precisa, pero se ha elegido, ya que incluye muchos tejidos importantes que la mayoría de la gente considera como tela sin tejer, pero que están excluidos por la norma ISO 9092:2011.

⁹¹ <http://www.albint.com> (visitada en abril de 2013)

Una de las principales ventajas de fabricación para las lonas no tejidas es que son generalmente hechas en un proceso continuo directamente de la materia prima para la unión y el acabado, aunque hay algunas excepciones. Esto significa que el costo laboral de fabricación es baja, porque no hay necesidad de manejo de materiales como existe en los procesos textiles mayores. A pesar de este enfoque de producción en masa, la industria de telas no tejidas pueden producir una gama muy amplia de propiedades de los tejidos de guatas⁹² abiertos adecuados para el aislamiento que contiene sólo 2-3 fibras% en volumen a rígidas telas de refuerzo cuando el contenido en fibra puede ser más del 80% por volumen.

Todos los procesos de las no tejidas se pueden dividir en dos etapas, la preparación de las fibras en una forma adecuada para la unión y el proceso de unión en sí. Hay un número de diferentes formas de procesamiento de la fibra, cada uno produciendo su propia característica particular en la unión final.⁹³

Se dará a conocer el proceso que es esencialmente un proceso continuo en el que el procesamiento de la fibra y uniendo tendrá lugar en dos máquinas firmemente unidas entre sí, pero es imposible describir las máquinas combinadas juntas debido a la gran número de combinaciones de máquinas que son posibles. En su lugar, es necesario explicar los métodos de procesamiento de la fibra y los métodos de unión por separado. En el procesamiento de la fibra es común para hacer primero una fina capa de fibra llamada una banda y luego poner en varias bandas uno encima del otro para formar un bloque de material fibroso, que va directamente a la unión.

En el punto anterior vimos de manera breve las diferentes etapas para la producción de una lona tejida, en este punto hablaremos de las lonas no tejidas o espirales, las cuales comparten un paso en común que es el acabado.

4.3.1 Fabricación de los espirales

Cuando las máquinas están listas para trabajar, estas pueden trabajar de 2000 a 2500r.p.m., o bien a 1600 r.p.m. Los materiales redondos se trabajan en un rango de (2000 a 2500) r.p.m. y los materiales planos de (2000 a 2050 r.p.m.)

⁹² Lámina gruesa de algodón que se utiliza para acolchar o rellenar un tejido

⁹³Horrok, S, *"Hand book of technical textiles"*, Woodhead Publishing Limited in association with The Textile Institute Abington Hall, Abington, 2000.

Se toma la punta del hilo y se aprieta el botón de arranque y se jala el hilo hacia fuera hasta que el hilo salga del mandril, se ajusta la temperatura (incrementándola o disminuyéndola) de acuerdo al material que se esté procesando

Se checan las medidas del espiral (diámetro mayor y diámetro menor) por medio del calibrador, si están bien las medidas del diámetro mayor y el diámetro menor se coloca el material en un bote del color que corresponda al sentido de giro (bote blanco gira al lado izquierdo y el bote verde gira al lado derecho).

Cuando el espiral está grande en el diámetro mayor se le aplica mayor tensión, esto se logra por medio de la polea tensora que tiene un resorte, (se gira a la derecha para incrementar la tensión y se gira a la izquierda para reducir la tensión) y cuando está grande el diámetro menor se cierran las barras por medio de los tornillos ajustadores hasta alcanzar la medida que se tiene como especificación. Cuando el diámetro mayor está chico con respecto a la especificación se le disminuye la tensión girando la polea tensora hacia la izquierda, y de continuar con la falla se para la máquina y se revisa el ajuste del mandril.

En caso de continuar con el mismo problema se reporta la máquina al depto. de mantenimiento por medio de una orden de trabajo para que repare la máquina en cuestión

Para identificar un espiral derecho y en espiral izquierdo, se toma un espiral y se tiene que ver de frente, de tal forma que se vea el sentido de giro, es decir en espiral derecho el sentido de giro es hacia la derecha y en un espiral izquierdo el sentido de giro es hacia la izquierda.

Cuando un bote contenedor tenga más de una punta, es responsabilidad del operador de espirales de colocar una liga como indicador de que ese bote tiene más de una punta y en esa liga se colocaran tantas puntas contenga dicho bote.

Bote color verde espiral derecho, bote color blanco espiral izquierdo, sólo para material de Teijin y Homer. Bote color Azul espiral derecho, bote color rojo izquierdo, estos botes se utilizaran para material de Rai Thai

Es muy importante que los operadores estén patrullando la máquina cuando estas estén en operación, para evitar que el material se salga de especificaciones.

El operador al final de cada turno debe llenar la base de datos, producción de Kilos fabricados.

El material que ya este fabricado se colocara en su área asignada, donde estará la nomenclatura del espiral y el operador de fabricación colocará el número de lote en el bote por medio de una etiqueta de color o de diferente color cuando cambie el lote.⁹⁴

4.3.2 Ensamble de los espirales

Verificar las especificaciones del cliente para poder comenzar con el ensamblado.

Para el ensamble de espirales se requieren cortar segmentos de espirales con dimensiones definidas previamente por el área de diseño (ensamble de segmentos).

Una vez realizado los cortes, se requiere insertar un pasador, la función de los pasadores es para que no se abran los segmentos que se cortaron previamente. Para identificación de la zona del pasador se requiere colocar cinta adhesiva, para que posteriormente, se deslice un segmento de espirales 20 cm delante de la marca de cinta adhesiva.

Para poder tensar la lona se requiere colocar una guía, esta guía permitirá la tensión de la lona y llevar a cabo el ensamble de todos los espirales que se requieren para las dimensiones especificadas.

Con la ayuda de un tubo enrollador la lona se va enrollando una vez unidos los segmentos de espirales⁹⁵. La figura 7 muestra la estructura tridimensional de los espirales una vez unidos.

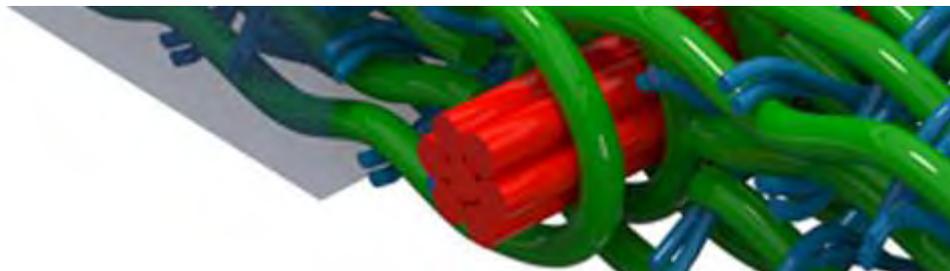


Fig. 7 Ensamble de una lona espiral.

⁹⁴ JIB From AIM 10000005705 “Elaboración de espirales”

⁹⁵ JIB From AIM 10000002953 “Ensamble de espirales para lonas spiral top en m3”

4.3.3 Acabado de las lonas espirales

EL acabado es la etapa por la cual se va a dimensionar la lona secadora a requerimiento del cliente en longitud, ancho y colocación de sellos de refuerzo en las orillas, así como aplicar tratamiento químico para hacer eficiente el manejo de lona en máquina de papel.

Como se observa en la figura 8, se muestra una lona preparada para ser termofijada, esto debido a las condiciones y características que esta presenta.

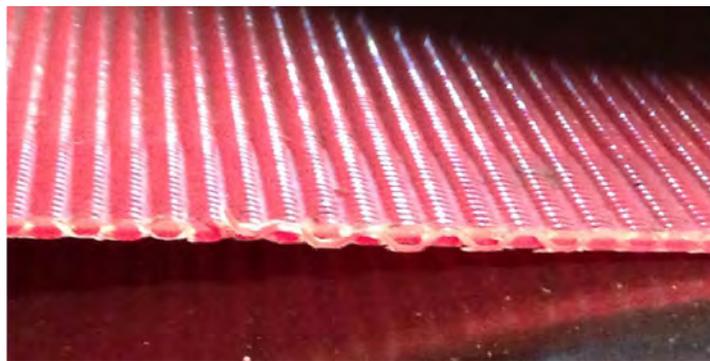


Figura 8. Lona espiral lista para termofijar

4.3.3.1 Termofijado de las lonas espirales

El primer paso del acabado consiste en el termofijado.

Como vimos en el capítulo anterior el termofijado es transferir calor por medio de convección y radiación a base plástica para dimensionar medidas a requerimientos del cliente

Como en las lonas tejidas, las lonas espirales se someten al mismo procedimiento de transferencia de energía, la única diferencia radica en que las lonas espirales normalmente se termofijan a temperaturas más altas a las de las lonas tejidas.

Una vez que el termofijado haya sido realizado, se lleva a cabo el unido de las lonas espirales. Como vimos inicialmente los segmentos de los ensambles se unen mediante pasadores y guías, una vez que los segmentos han sido formados, se unen tantos segmentos como sean necesarios para la lona todos estos segmentos tienen las mismas

características físicas. A esta etapa se le conoce como unido el cual se lleva a cabo mediante el entrelazamiento de espirales longitudinales y transversales.⁹⁶

Una vez termofijada la lona, su estructura será similar a la que se muestra en la figura 9, por otro lado la figura 10 muestra la unión de los espirales ya termofijados.



Figura 9 Estructura tridimensional de una lona espiral una vez termofijada.

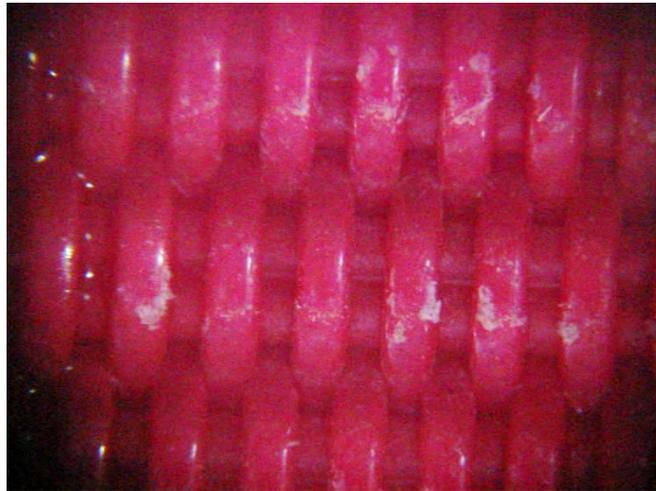


Figura 10. Foto de una lona espiral termofijada.

⁹⁶ JIB From AIM 10000002953 “ Ensamble de espirales para lonas spiral top en m3”

Conclusiones:

Mientras que las grandes empresas están en condiciones de invertir en nuevos desarrollos tecnológicos, muchas otras pequeñas y más antiguas siguen trabajando en plantas viejas con equipos desfasados que todavía funcionan. En varias partes del mundo podemos encontrar a muchos productores de papel (en su mayoría papel para fines artísticos) que aun realizan muchas operaciones de la producción de papel con bastidores para el drenado y el secado lo realizan mediante el empleo de planchas.

Esto implica un gasto enorme de recursos, tanto económicos como de servicios, si bien es cierto que las lonas no son económicas, en muchas ocasiones permiten tener ahorros millonarios, que no solo impactan a la economía del productor de papel, sino que también disminuyen el gasto de recursos naturales, tales como el agua y la energía eléctrica.

Al repasar la historia del papel podemos ver su evolución en las diferentes culturas que adoptaron las técnicas para su producción.

Uno de las etapas cruciales para la fabricación del papel es el drenado. A lo largo de este trabajo se han mostrado dos nuevas alternativas que facilitarán el proceso del drenado de la hoja de papel.

Es de vital importancia el mencionar, que no solo tiene un beneficio económico sino que también posee un beneficio ambiental. Hoy en día nuevas organizaciones e instituciones buscan proporcionar más y mejores opciones para el medio ambiente, todo esto derivado a que existen muchos desperdicios de recursos naturales no renovables en nuestro medio ambiente, el impacto del efecto invernadero y el calentamiento global son una muestra más de que se debe ahorrar tanto como sea posible en cuestión de recursos energéticos.

Las lonas tejidas y las lonas no tejidas (espirales) son una gran solución a este problema, ya que permiten una solución integral al ahorro de agua, y al ahorro de energía eléctrica.

Suponer que el papel será siempre parte de la vida del ser humano, es apostar a una deforestación inminente de los bosques. Actualmente la tecnología ha disminuido el

consumo de papel en muchos ramos, quizás estemos entrando en la etapa donde las computadoras o tabletas electrónicas desplacen a los cuadernos y los libros.

Sin embargo aún no es posible el eliminar al papel, de la vida diaria. El papel es parte importante de la vida cotidiana del ser humano, lamentablemente la conciencia del hombre no ha permitido que el papel y su uso sea disminuido mediante su reciclaje.

Si bien es cierto no se puede prescindir del papel, es posible reducir su uso en cualquier lugar.

La implementación de sistemas de gestión de calidad para la industria papelera son una alternativa más para el buen aprovechamiento de las lonas para el proceso de drenado.

Las tecnologías que se están desarrollando a diario en el mundo cada vez más definen a las empresas líderes en el mercado; en México no se ha desarrollado a gran manera esta área de oportunidad.

Sin duda alguna este trabajo muestra una parte de las alternativas que pueden ser empleadas por los productores de papel a gran escala.

Como se mostró, este trabajo tiene la finalidad de aportar a los Ingenieros Químicos que estén interesados en el área de producción de papel, el dar a conocer las nuevas herramientas con las que se cuentan en el mercado, los beneficios como se ha mencionado son enormes, lamentablemente en México no existe mucha información y difusión de estas nuevas herramientas, cabe mencionar que una de las empresas dedicadas a la producción de lonas para máquinas de papel en México es la principal exportadora a nivel internacional de estos productos. Estas lonas permiten una mayor eficiencia en la producción del papel, aumentando la producción y disminuyendo el gasto de los servicios auxiliares. Es de vital importancia el mencionar que en busca de nuevas certificaciones o acreditaciones para el medio ambiente las lonas tejidas o las lonas espirales pueden ser una herramienta extremadamente útil para poder alcanza este objetivo.

,

Bibliografía

- 1.- Casey, J.P, “Pulpa y papel”, Ed. Limusa, México, 1990.
- 2.- Libby, E.C, “Ciencia y tecnología sobre la pulpa y papel” Ed. CECSA, México, 1967.
- 3.-Perry, R. H, “Manual del ingeniero químico”, Ed. McGraw Hill, México, 2010.
- 4.- Kirk, R, “Enciclopedia de tecnología química”, Ed. John Wiley & Son, New York, 1992.
- 5.- Agosin, E, “Lignina, un recurso que promete”, Revista Creces, Noviembre 1986 (<http://www.creces.cl>)
- 6.-Forest Products Laboratory, “Wood handbook, wood as engineering material”, USDA, United States, 1999
7. - Turner,S, “Appendices. A Short History of Papermaking. Which Paper?” Ed. Design Press, New York, 1991.
- 8.-García, J.A, “Fibras Papeleras”, Barcelona 2007, Ediciones UPC
- 9.-Stellman, J. y McCann, M., “Enciclopedia de la salud y seguridad en el trabajo”, Tercera Edición, Edit. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales Subdirección General de Publicaciones, Madrid 2001
- 10.-Eldred, N, “Chemistry of paper”, Edi Chemistry for the Graphics arts. Graphic Arts Technical Foundation, 1992.
- 11.- Lenz, W. y Tirado, A. “Lucha y triunfo contra la contaminación”, Editorial Disproteq, México, 1987.
- 12.-Lenz, H, “Historia de papel en México y cosas relacionadas”, Editorial Porrúa, México, 1990.

- 13.-Bermudez, J.D, “La industria de la pasta de celulosa, papel y cartón”, Revista del centro del centro de investigación de innovación y recursos tecnológicos de la madera, Galicia, 1999
- 14.-Horrok, S, “Hand book of technical textiles”, Woodhead Publishing Limited in association with The Textile Institute Abington Hall, Abington, 2000.
- 15.-Alvarado, E y García, L, “Guía de producción más limpia para la industria textil”, Edit. AGA & Asociados Honduras, 2009
- 16.-Gómez, F, “Tecnología de la Industria Textil”, Tesis de Ingeniería Textil. Escuela Superior de Ingeniería Textil, México, IPN, 1987
- 17.-Lunenschloss, J. y Albrecht, W., “Nonwoven Bonded Fabrics”, Published by Ellis Horwood , Estados Unidos, 1985
- 18.-Wiertz, P, “The contribution of nonwovens to a suitable world”, EDANA, Delhi, India, 2008
- 19.- Heller, J, “About paper, Paper Making”, Watson-Guptill Publication, Nueva York, 1992.
20. - Udale, J, “La construcción de los textiles”, *Diseño textil. Tejidos y técnicas*, Editorial Gustavo Gilis, Barcelona, 2008.
- 21.- Press, J, “Manmade textile encyclopedia”, Textile book publishers, Brooklyn ,1959
22. - Mujumdar, A, “Handbook of industrial drying”, Taylor and Francis Group, Estados Unidos, 2006.
23. - Hollen, N, “Introducción a los textiles”, Noriega Editores, México, 1999.
- 24.- Tomasino, C, “Chemistry & Technology of Fabric Preparation & Finishing”, Department of textile Engineering, Chemistry & Science College of Textiles, Estados Unidos, 1992.
25. - <http://www.albint.com> (Visitado en abril de 2013)
- 26.-<http://www.pdexcil.org/news> (Consulta: 1 de Agosto de 2012).
- 27.-www.thetextileguide.com (Consulta 26 de Julio de 2012)

- 28.- <http://www.camaradelpapel.com.mx> Memoria Estadística de Cámara del Papel, edición 2007.
- 29.- <http://www.camaradelpapel.com.mx> (Visitada Enero de 2013)
- 30.- <http://www.fao.org/docrep/03500s/03500s03.htm> (visitado en Enero de 2013)
31. <http://www.sca.com> "*SCA Publications Paper*", España, 2010,Nº FSC: SGS-COC-00332
- 32- www.nevado.com.mx visitado Enero de 2013
- 33.- www.empresacmpc.cl visitado Enero de 2013
- 34.- www.ecodes.org, España, 2011