

44-136

EL
PAPEL

POR

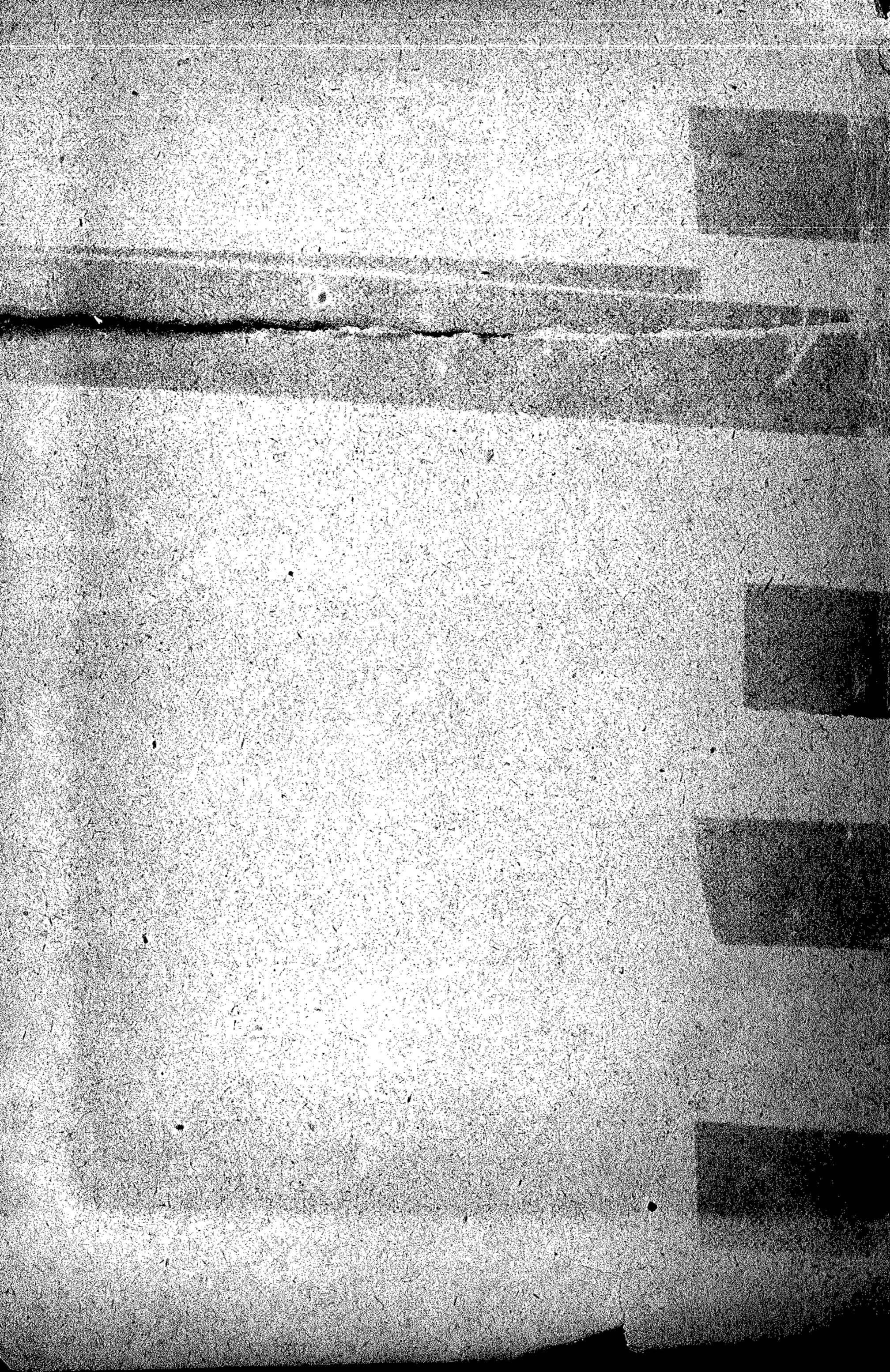
D. LUÍS MARÍN Y DÍAZ

INGENIERO DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS



MADRID
IMPRESA DE FORTANET
CALLE DE LA LIBERTAD, NÚM. 20

1898



EL PAPEL



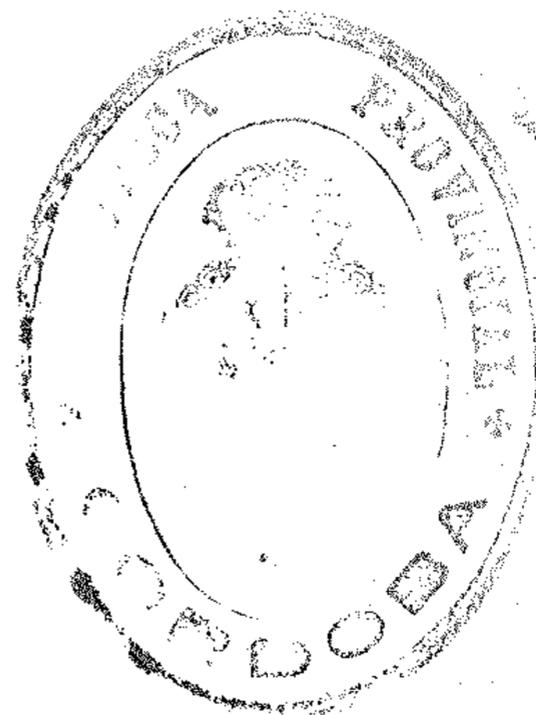
XIX
2506

EL PAPPEL

POR

D. LUÍS MARÍN Y DIAZ

INGENIERO DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS



MADRID
IMPRESA DE FORTANET
CALLE DE LA LIBERTAD, NÚM. 29

—
1898

EL PAPEL

Su historia.

Los primeros signos de escritura fueron grabados sobre piedras, pieles de animales y cortezas diversas; después, buscando para dicho objeto substancias ligeras y de fabricación económica, se creó el *papyrus* y luego el *pergamino* y la *vitela*; mucho después se fabricó el papel de *algodón* y, por último, el de *trapo* y sus similares de todas clases.

El *papyrus* ó *papiro*, planta de tallo triangular y raíz comestible, casi desaparecida hoy, crecía en las orillas pantanosas del Nilo, y sirvió durante mucho tiempo para preparar el papel que lleva su nombre; operación que se realizaba cortando en trozos iguales el tallo de dicha planta y separando poco á poco, con una larga aguja,

bandas ó láminas de albura lo más largas y delgadas posible; estas láminas, extendidas sobre una superficie plana, se recubrían con otras colocadas en sentido contrario y ligeramente humedecidas con agua para que se pegaran á las primeras; las hojas obtenidas de este modo se prensaban, se secaban al sol, se recortaban y se entregaban al comercio. Así, en bruto, y en largas tiras, se solían enviar de Egipto á Roma, en donde sufrían una preparación con cola, resina ó goma, y se pulimentaban después, procedimiento seguido desde los tiempos más remotos hasta bien entrado el siglo ix de nuestra Era.

Se conservan algunos papiros, entre ellos un diploma de Clovis II, escrito en el año 653, que tiene metro y medio de longitud.

Sin dejar de usar el papiro empezaron á escribirse los libros en *pergamino*, fabricado con piel de carnero, en Pérgamo (Italia), y en *vitela* preparada con piel de ternera, y la mayor parte de lo escrito desde el siglo vi al xi fué en pergaminos raspados para utilizarlos de nuevo ó sobre papel de *algodón* (*carta cutánea*) fabricado en Oriente, probablemente en Damasco, como parece indicar el nombre de *Carta Damasciana*, con que se le designaba.

El papel de *algodón* es una especie de fieltro muy sólido, muy blanco y de superficie lisa y

pulimentada; así se fabricaba todavía á fines del siglo pasado en algunas poblaciones de Levante.

Nada se sabe de cierto respecto de la fecha del empleo del *trapo* como materia primera, y se ignora, por lo tanto, qué hombre ó qué nación puede reclamar la honra de este invento.

Unos opinan que fueron los Alemanes los inventores, otros que los Italianos y otros, y es la versión más aceptada, aseguran que fueron los Chinos. Éstos hubieron de escribir primeramente en tablillas, que por lo general eran de bambú; después emplearon telas de seda, y más tarde el famoso Tsai-Sun consiguió hacer papel con fibras de caña, trapos, cuerdas usadas y otros materiales semejantes, que hacían cocer y después trituraban en un pilón añadiendo agua hasta formar una pasta espesa, que extendían en una especie de cedazo, en hojas delgadas, para secarlas al sol.

De modo que por el año 153 de nuestra Era, apareció en China el fundamento de la fabricación actual del papel.

No es menos gloriosa la parte que al Japón corresponde en la industria que nos ocupa. Los papeles japoneses, mencionados por primera vez en el año 550 de nuestra era, se usaban para escribir y para otras industrias, su tejido era ligero é impermeable y revelaba la perfección y el

cuidado que pusieron siempre los japoneses en todas sus artes.

Hoy día el papel del Japón tiénese por uno de los mejores; la industria papelera está allí muy adelantada, produciendo innumerables clases en que la utilidad va unida al más exquisito gusto.

De los Chinos pasó el invento á los Persas, después á los Árabes y de éstos á los Españoles; la ciudad de Játiva en 1150 fué la primera en Europa que tuvo fábrica de papel como el de Oriente; sus productos eran de excelente calidad y alcanzaron notoria fama, siendo exportados para todas partes y muy especialmente para Francia, donde se extendió mucho su uso.

En los comienzos del siglo xiv había en Toscana varias fábricas de papel con motor hidráulico, procediendo de la establecida en Fabriano el papel que empleó Bodoni en sus magníficas ediciones.

Por igual época existió la muy famosa y justamente celebrada fábrica de Alcoy y se establecieron en Francia las primeras, en Troyes y en Essonnes; á fines de dicho siglo, en 1390, empezó á desarrollarse esta industria en Alemania (Nuremberg), y todavía tardó mucho tiempo en ser conocida en Inglaterra, donde se estableció el primer molino de papel en 1588, mediante un

curioso privilegio otorgado por la reina Isabel á su joyero John Spilmann.

Esta nación, sin embargo, es una de las que más han hecho después prosperar y adelantar á la industria papelera, que recibió gran impulso en 1750 con la invención del *papel vitela* debido á Barkeville, producto muy superior á los conocidos hasta entonces por su tejido uniforme, excelente para el grabado.

Como los escritos é impresiones sobre pergamino resultaban de gran belleza y notable duración, el papel que había de hacerles competencia tenía que ser de muy buena calidad y gran consistencia.

Para ello hacíase con buenos trapos de cáñamo y lino, la pasta se trituraba perfectamente por medio de pilones, se fabricaban las hojas de mucho cuerpo; se les daba cola de la mejor, y tan excelente resultaba el producto, que hoy, á pesar de los años transcurridos, las impresiones que corresponden con la invención de la imprenta (1445), se conservan en muy buen estado.

Esta clase de papel llamado de *tina* porque en ellas se tiene en suspensión en el agua la pasta de trapos molidos y previamente fermentados en pudrideros, requiere habilidad suma para su manipulación. De las tinas se va sacando la pas-

ta en hojas con un cedazo ó *asondel* del tamaño requerido y formado por un marco de madera en cuyo fondo van colocados transversalmente y á ciertas distancias, unos alambres de latón sobre los que se apoyan otros de igual substancia más delgados y muy juntos; el *sacador*, que así se llama al operario que practica esta importante maniobra, imprime al asondel al sacarle de la tina un movimiento oscilatorio ó de zaranja en dos sentidos perpendiculares, de suerte que la pasta se reparta y distribuya por igual, al propio tiempo que escurre á la tina el agua sobrante, quedando encima la pasta que forma la hoja, cuyo espesor se regula según el que ha de tener el papel.

En este quedan señalados los hilos del fondo del cedazo; á las rayas horizontales así marcadas se las denomina *puntizones*, á las verticales *corondeles*, y *filigrana* el dibujo ó marca del fabricante que está convenientemente trazado en la malla. Las hojas se van colocando encima de un fieltro y cuando hay una serie de ellas así preparadas se prensan fuertemente interponiendo otros fieltros; después se separan una á una y se las da cola, se ponen á secar, se satinan entre láminas de zinc, se recortan y por último se empaquetan en cuadernillos y resmas.

El procedimiento que hoy se sigue para fabri-

car papel á mano difiere muy poco del que acabamos de describir; en la esencia es lo mismo, variando solamente lo relativo á la preparación de las pastas, que se hace de igual manera que para la fabricación á máquina.

Este modo de fabricación á mano es lento, costoso y poco á propósito para satisfacer las exigencias de la industria moderna, que necesita un producto barato aunque no sea de gran duración; pero no tiene rival y continúa empleándose para ciertas aplicaciones, como las ediciones de obras de lujo de corto número de ejemplares, papeles fiduciarios, como títulos y billetes de Banco, papel sellado ó de marca, etc.

Las máquinas producen papel más barato, pero no tan bueno ni duradero como el fabricado á mano; el buen papel de imprimir se vende hoy en España á unas 0,50 pesetas el kilogramo; el papel de tina vale diez veces más, 5 pesetas el kilogramo.

Hay también máquinas especiales que fabrican el papel imitando el fabricado á mano.

Para terminar con la historia del papel hemos de consignar que en 1779, Luís Robert, obrero de una fábrica de Essonnes, inventó la máquina de papel continuo, es decir, de un cierto ancho y de longitud indefinida, máquina perfeccionada después por la habilidad y perseverancia de

Didot y Donkin, y desde entonces la importancia de esta industria ha ido en aumento y siempre unida al progreso de la civilización, habiendo llegado á adoptarse hoy un método general para la fabricación del papel, que se completa y simplifica cada día. En la mayor parte de las fábricas se emplea, por economía, el trabajo mecánico continuo, suspendiendo sólo durante la noche la labor especial de las preparaciones.

Cualquiera que sea el tratamiento, la materia primera en bruto, se transforma en pasta y ésta en papel, y bajo cualquiera de estas tres formas dicha materia recibe por la acción de agentes químicos y mecánicos especiales, propiedades particulares que dan á cada producto un carácter distinto.

Inútil parece decir que esta industria requiere grandes cantidades de agua y que la calidad de ésta, su abundancia y su presión, que pudiera aprovecharse, no son indiferentes para la conveniente instalación de una fábrica.

Generalidades sobre la industria papelera.

De lo que llevamos dicho se desprende que el papel no es otra cosa que un tejido ó fieltro de una substancia conocida y utilizada desde la más remota antigüedad, bautizada después por Tessié du Motay, con el nombre genérico de *Celulosa*, que viene á ser el elemento esencial y constitutivo de las plantas textiles. Las fibras de los tejidos de hilo, de algodón y de cáñamo son celulosas más ó menos puras, y lo mismo sucede aunque en grado inferior con el yute, el ramio, la pita, el esparto y la paja, si bien en estos la celulosa asociada con materias rígidas y duras, hace que sus productos no sean tan fáciles de ser tejidos y se empleen con más frecuencia trenzados en forma de esteras, cestas, etc., eligiendo para ello tallos tiernos y flexibles.

Hasta el principio, y aun puede decirse hasta mediados de este siglo, los trapos, cuerdas, desechos nuevos ó viejos y sobre todo viejos, de la industria textil y de la cordelería, bastaron para el consumo de celulosa de las fábricas de papel, y las tinas á brazo cubrieron las necesidades de

las prensas, también á brazo, de las imprentas de entonces.

Pero con la invención de los motores de vapor y el consecuente desarrollo de las artes mecánicas, la industria papelera y la imprenta sufrieron una transformación completa. Al mismo tiempo que por la aplicación de las prensas cilíndricas á la imprenta aumentaba en proporciones enormes la potencia de ésta y sus pedidos, la máquina de papel continuo, basada igualmente en el juego de órganos cilíndricos hizo su aparición y bajo el punto de vista mecánico colocó la producción de las fábricas de papel al nivel de las nuevas exigencias del mercado.

Entonces surgió otra cuestión, la de la materia primera.

El incremento de la población, el bienestar general y la mayor facilidad de comunicaciones pudieron en cierto modo aumentar la cantidad de trapos viejos á disposición de los centros productores, pero su progresión, en todo caso, resultó insignificante al lado de la del consumo del papel y de los medios mecánicos desarrollados para obtener la celulosa. Por otra parte, no siendo como no es el trapo viejo el resultado de un cultivo y no teniendo los productores interés alguno en producirlo, el precio de dicha materia aumentó considerablemente y por tanto fué pre-

ciso buscar nuevas substancias fácilmente transformables en pasta.

En el siglo pasado se hicieron ya varias tentativas para la preparación directa de las plantas textiles ó fibrosas en gran número de especies, pero ninguno obtuvo resultado por falta de bondad en el papel y además por no satisfacer las condiciones económicas.

En prueba de la multitud de ensayos practicados citaremos un caso curioso; en el Museo Británico de Londres, existe un ejemplar de un libro escrito en holandés, publicado en 1772 é impreso en 72 clases diversas de papel, procedente de otras tantas substancias distintas.

Unicamente desde mediados del presente siglo, apremiados los fabricantes por la gran demanda, fué cuando se comenzó á estudiar industrialmente el empleo de vegetales comunes, y en especial el de la paja y la madera en el Continente, y en Inglaterra el del esparto, llevado de España y de Africa.

La substancia tipo para fabricar papel ha de poderse dividir en filamentos tenues, de gran longitud respecto de su sección transversal, que debe ser muy pequeña; ha de ser flexible y ofrecer una gran resistencia á los esfuerzos de tracción; para un espesor dado, tan pequeño como suele ser el del papel, cuanto más finos sean los

filamentos habrá más puntos de contacto, el tejido será más apretado y la superficie más unida.

Existen en abundancia materias filamentosas que encierran en su tejido orgánico elementos propios para la fabricación del papel, pero suelen estar tan íntimamente unidas que el obstáculo para su empleo reside en la dificultad de separarlos sin atacar su organización.

Entre las plantas textiles ensayadas, hay una, el *Ramio*, que reúne excelentes condiciones para el objeto que nos ocupa, acercándose mucho al tipo ideal que dejamos indicado; presenta, en efecto, dicha planta filamentos tenues y uniformes, de gran longitud, 2 á 3 metros; de sección transversal pequeña, (0,0006 á 0,00007 metros), y superiores en resistencia á la tracción, á la torsión y á la flexión, al lino y al cáñamo.

Esta urticácea de extraordinaria blancura y brillo nacarado, es de fácil cultivo, abunda en la naturaleza y se da perfectamente en todas las regiones de España, especialmente en Levante y Mediodía, donde puede recibir hasta cuatro cortes al año.

La única dificultad para su empleo consiste, como en general para los demás textiles, en conseguir fácil y económicamente su desfibramiento.

El ramio se emplea para papeles de seguridad ó fiduciarios.

Las pajas empleadas en la fabricación de papel son: trigo, centeno, avena, cebada, haba, colza y maíz y las proporciones que ofrecen entre la materia fibrosa y la incrustante muy diversas.

Las de trigo y centeno, y especialmente ésta, son las mejores, porque son las menos quebradizas y dan un papel más sólido que las demás.

La paja de las gramíneas fué utilizada por primera vez para la preparación del papel el año 1756 por un fabricante alemán, y en 1800 el Marqués de Salisbury presentó al rey de Inglaterra un libro impreso en papel de dicha substancia.

Hoy día se encuentra muy perfeccionada esta fabricación en Alemania, Inglaterra, Bélgica y Francia; en el Limousin hay establecidas más de 50 fábricas, alimentadas casi exclusivamente por paja del país.

La paja es de todas las substancias textiles la que ocasiona menos pérdidas, de un 20 á un 30 por 100, y produce un papel fuerte y económico que ordinariamente se emplea para envolver.

Las especies forestales más comunmente empleadas para hacer papel son: el álamo, chopo, abeto, pinabete, pino marítimo, silvestre y, en general las coníferas, siendo sobre éstas preferidos el álamo y el chopo por ser más blancos.

La manera de hacer el papel varía con la na-

turalaleza de las primeras materias y con la del producto que se desea obtener, y según queda dicho puede fabricarse á mano ó á máquina con cualquier materia fibrosa susceptible de ser separada económicamente de las materias incrustantes que contenga; por lo tanto son innumerables las substancias de que puede obtenerse, pero las más empleadas en Europa, pueden clasificarse en los siguientes grandes grupos:

- 1.º Trapos.
- 2.º Celulosas procedentes de madera (pasta química).
- 3.º Idem de paja y de esparto.
- 4.º Idem del yute, ramio, etc.
- 5.º Maderas desfibradas (pasta mecánica).
- 6.º Recortes de papel.

Papel de trapo.

Su fabricación.—Esencialmente el papel se fabrica hoy de igual modo que hace treinta años; los adelantos se refieren á la preparación de la pasta, para disminuir los gastos y bonificar la producción.

Las operaciones principales son el preparado de los trapos y su conversión en pasta, que se subdividen en las siguientes:

Escogido ó entresaca.

Deslindado ó clasificación.

Corrido ó batido.

Lavado y colado.

Deshilado.

Escurrido y prensa.

Blanqueo.

Composición de las pastas.

Refino.

Encolado.

Tinte.

Y luego viene el trabajo especial de la máquina para convertir la pasta en papel, concluyendo por el reparto, corte, apresto y satinado.

Los trapos pueden ser de hilo, cáñamo, algodón, lana ó seda, blancos ó de color, limpios ó sucios y de aquí una porción de divisiones y subdivisiones que cada fabricante establece á su manera.

Llegados los trapos á la fábrica se deshacen, separando los bordes y costuras, quitando los botones, corchetes, etc., y el polvo que suelen tener en los pliegues, y se cortan después en pedazos de 5 por 10 cm. aproximadamente. Los trapos finos se cortan á mano y las demás clases á máquina, prefiriendo las rotativas á la guillotina, que se mella fácilmente.

Clasificación.—La clasificación, aunque es ta-

rea sencilla y puramente preparatoria, exige, sin embargo, gran número de operarios, y su trabajo es de habilidad, golpe de vista y tacto, condiciones que se adquieren con la práctica. Un obrero hábil puede separar en diez horas 75 kg. de trapo, término medio, y la pérdida de peso suele ser del 2 al 3 por 100.

Una clasificación bien hecha asegura la economía y bondad del producto; por el contrario, si no se hace con esmero, las operaciones ulteriores se resienten, el lavado se hace mal, la trituration irregular, el deterioro de los cilindros y platinas es más rápido y se disminuye, en una palabra, el valor del producto.

Corrido ó batido.—Los trapos, una vez clasificados, se suelen limpiar ó batir en seco dentro de tamices, cilíndricos ó cónicos, de disposiciones variadas; esta operación, indispensable para hacer papel fino, y que algunos autores recomiendan se haga antes de cortar el trapo, no se practica en las demás clases por la mucha fibra que se pierde.

Lavado y lejiado.—Experimentan luego los trapos una preparación especial para convertirlos en pasta, que consiste en la cocción ó lejiado, lavado y blanqueo, unidos al desfilachamiento ó deshulado; los procedimientos y aparatos empleados con dichos objetos, son tan nu-

merosos como variados; cada fábrica elige los más apropiados á su objeto. El lavado ejerce gran influencia sobre las condiciones y bondad del papel; por la cocción se eliminan las materias extrañas á la celulosa, la mayor parte de las que, como la grasa y otros principios naturales, se disuelven, obteniéndose así la tinta neutra del trapo.

Los agentes químicos empleados generalmente son cal y sosa, en proporciones variables del 3 al 15 por 100, según los trapos; la cal ha de ser fresca y que no haya estado expuesta al aire húmedo.

Con el lejiado se produce ya una cierta decoloración que se puede disminuir, suprimiendo los álcalis cuando se quiera conservar el color del trapo; y si se desea aumentar, se lejiá dos veces, primero con sosa y luego con cal, con lo que palidecen y se disuelven la mayor parte de las tintas.

Se puede lejiar á alta y á baja presión; es preferible lo segundo y prolongar más la operación. Una temperatura de 120° á 130° favorece indudablemente el desfibramiento, pero resulta muy caro por regla general. Para 2.500 kg. de trapos se suelen gastar en lejiado de vapor 150 kg. de carbón.

Terminada la lejiá se procede al lavado, dis-

poniendo á continuación del taller de lejiado aparatos á propósito, cuya disposición es también muy variada; la llamada máquina holandesa exige 80 á 100 litros de agua por minuto; el lavado suele durar de dos á tres horas.

Deshilado.— Viene luego la fabricación, propiamente dicha, en la que se trata de variar la forma de la materia primera, modificar sus tejidos, desagregando las fibras textiles, limpiarlas después totalmente y mezclarlas por último, de suerte que presenten un aspecto del todo homogéneo, esto es, una pasta que, según su grado de trituración, se denomina primero *semi-pasta* y luego *pasta refinada*.

Este resultado se obtiene en el aparato llamado pila de cilindro deshiladora ó desfilachadora, que se construye, según las localidades, de madera, de piedra ó de hierro fundido, y no es sino una modificación de la antigua pila de mazos.

Hay otros sistemas y aparatos que funcionan por presión; otros en que se combina ésta con la percusión, siempre en presencia del agua, que es requisito indispensable para todas estas operaciones; estos aparatos se modifican continuamente, adquiriendo en las fábricas modernas grandísima perfección, y llegando á disgregar con facilidad suma y en corto tiempo cantidades verdaderamente enormes de primera materia.

Escurrido y prensa.—Terminada la operación anterior, quedan los trapos extraordinariamente mojados y deben secarse y prensarse antes de proceder al blanqueo. El escurrido suele hacerse en grandes toneles cilíndricos, de superficie agujereada, montados sobre ruedas y éstas sobre carriles, para conducir la pasta á su salida de las cubas de deshilado hasta las prensas hidráulicas que la comprimen y escurren el agua.

Blanqueo.—Tiene por objeto modificar la semipasta, disolviendo ó destruyendo más ó menos la tinta neutra del trapo por medio de agentes químicos, tales como los álcalis, los ácidos y el cloro; la acción de éste es esencialmente destructora: los otros obran como accesorios antes ó después de aquél, graduando su energía ó facilitando las disoluciones.

El blanqueo de la pasta de papel por el cloro débese al gran químico Berthollet, transcendental adelanto realizado á principios del siglo presente, que permitió el empleo de materiales que antes no podían utilizarse para fabricar papel, como son los trapos malos, restos de cuerdas, telas ó sacos de embalar, alpargatas viejas, velas de barco, etc.

El cloro se emplea bajo la forma gaseosa ó líquida, dando lugar á dos procedimientos de blanqueo enteramente distintos.

El cloro gaseoso se obtiene por medio del ácido sulfúrico reaccionado en una mezcla de sal común y bióxido de manganeso, ó bien se produce por la descomposición del peróxido de manganeso por el ácido clorhídrico; el cloro se apodera del hidrógeno del agua y el oxígeno se desprende.

La pasta así blanqueada contiene ácido clorhídrico que debe eliminarse por lavados enérgicos, operación peligrosa para los obreros, que respiran el cloro, á los que es prudente recomendar beban leche á todo pasto si quieren atenuar los perniciosos efectos de aquél. Para 100 kg. de pasta son precisos 3 ó 4 kg. de manganeso, que debe ser de muy buena calidad, y emplearse en grano y no en polvo para que no se aglutine.— El mejor conocido es el empleado en las fábricas alemanas, que da por kg. 240 litros de cloro; los manganesos pobres ofrecen el inconveniente de absorber en pura pérdida una cierta porción del ácido por la saturación de los carbonatos que contienen, produciéndose un residuo muy duro de sales insolubles que se adhieren al fondo de los aparatos especiales empleados y los perjudica.

El cloro líquido es el engendrado por el cloruro de sosa ó de cal disuelto en agua hasta saturación, siendo preferible el primero si no fuera por su elevado precio.

El de sosa, siendo menos estable que el de cal, decolora más pronto y disuelve mejor la materia colorante destruída; su presencia en las pastas mal lavadas perjudica menos el encolado que la sal de cal.

Ambos se emplean vertiéndolos sobre la pasta, en cubas ó pilas de desleir provistas de agitadores, operación también nociva para los obreros; y como su acción directa sería muy lenta, no teniendo más agente que el aire para provocarla, se hace necesario la intervención de un ácido que acelere dicha acción.—El empleado comunmente es el ácido sulfúrico; también se usa el ácido carbónico.—Estos ácidos son indispensables cuando el agua empleada para el lavado es alcalina ó ferruginosa; obran descomponiendo el hipoclorito de cal y se forma sulfato de cal y ácido clorhídrico. Hay que emplearlos con precaución, porque su exceso perjudica á las fibras.

Para operar se deslíen cinco partes de cloruro sólido marcando 100° clorométricos en 100 partes de agua; el ácido se diluye en nueve veces su peso de agua, y se vierte sobre la pasta antes ó después del cloruro, teniendo cuidado de hacerlo uniformemente sobre el circuito de la pila conteniendo la pasta.

El blanqueo debe efectuarse lentamente y á baja temperatura, y suele durar de ocho á veinte horas.

El análisis clorométrico de un buen cloruro de cal da, para 100 partes en peso,

36,4 de hipoclorito de cal, que es el principio activo.

30,2 de cloruro de calcio, soluble.

19,9 de hidrato de cal y otras materias insolubles.

13,5 de agua.

100 partes.

Por regla general, el primer blanqueo se hace al gas; el segundo, por igual procedimiento, sólo es necesario cuando la pasta tiene mucho color; el tercero, que rara vez hace falta, se hace al cloruro de sosa ó de cal.

Para quitar toda traza de cloro á la pasta se emplean anticloros ó reactivos como el bisulfito de sosa, que tiene la propiedad de neutralizar el cloro en exceso, y el ácido hidroclicórico producido por la decoloración. El empleo de estos reactivos tiene por objeto suprimir el lavado y la pérdida de tiempo, de materia y de fuerza motriz que supone, en el fundado concepto de que la presencia del cloro libre ó de un ácido en el papel, perjudica á su coloración, á su encolado y á la duración del producto; pero como estos efectos no son únicamente debidos á dichas causas, sino que pueden

atribuirse en gran parte á la preexistencia de la materia colorante del trapo, no siempre podrá prescindirse del lavado.

Se atribuye la destrucción lenta de algunos papeles fabricados con máquina á los procedimientos del blanqueo por el cloro; la ignorancia que debió presidir en las primeras aplicaciones debe ser la causa, porque dicho procedimiento, empleado por fabricantes hábiles, no ha producido jamás malos resultados.

De todos modos, el mejor anticloro y el mejor lavado sería volver á lejiar la pasta blanqueada.

También se blanquea la pasta por baños sucesivos, disponiendo pilas de poco fondo para facilitar la acción del aire y de la luz sobre la pasta.

En algunos procedimientos se utiliza, además de la acción decolorante del cloro, la del oxígeno naciente, en su estado particular ó alotrópico de *ozono*; en otros se aprovecha la desoxidación del ácido permangánico en presencia de las materias colorantes de la pasta, resultando un óxido de manganeso que se adhiere á la fibra, y luego, mediante el empleo de una substancia ávida de oxígeno, como el ácido sulfuroso, pasa á sulfato mangánico, cuya sal es perfecta y completamente soluble en el agua fría ó caliente.

En Alemania se emplean para el blanqueo aceites de esquistos bituminosos que se añaden á la lejía de las coladas, y cuya acción química sobre las materias colorantes no ha recibido todavía explicación satisfactoria.

Citaremos, por último, el procedimiento *electrolítico* ensayado por M. E. Hermite para conseguir los efectos del blanqueo, fundándose en que la electrolisis de la disolución de cloruro de calcio ó de manganeso produce líquidos decolorantes, no sólo por el cloro que contienen, sino por ser verdaderos manantiales de oxígeno, que en estado naciente es el que mejor y más pronto blanquea.

Cuando se electroliza, en un aparato conveniente llamado electrolizador, que luego describiremos, una disolución de cloruro de magnesio ó de sal marina que lo contenga, el agua se descompone, y gracias á su oxígeno y al cloro del cloruro se forma en el polo positivo un compuesto de cloro, inestable y de gran poder decolorante.

En el otro polo se concentran el magnesio y el hidrógeno; el magnesio, en presencia del agua se descompone, formándose óxido de magnesio con desprendimiento de hidrógeno. Por una parte, el compuesto de cloro decolora los elementos vegetales y el oxígeno oxida la materia colorante desprendiéndose ácido carbónico, y por otra

parte, el hidrógeno, en presencia del cloro, da ácido clorhídrico que, combinándose con el óxido de magnesio referido, produce de nuevo cloruro de magnesio.

La materia primera se reconstituye en cierto modo, y puede decirse que se ha realizado así un ciclo completo de reacciones que se reproducen mientras obra la corriente eléctrica sobre la solución en presencia de la materia colorante. Este ciclo, que es perfecto, se compone de cuatro elementos: la corriente eléctrica, el cloruro de magnesio, el agua y la materia colorante. Dos de estos elementos, la corriente eléctrica, que pudiéramos llamar fuerza motriz, y el agua, son los que destruyen la materia colorante; el cloruro de magnesio sirve indefinidamente; no hay más que un sencillo desplazamiento de moléculas, y el cloro obra como vehículo de transporte del oxígeno naciente sobre la materia colorante.

Se puede también emplear una mezcla de cloruro de sodio y de cloruro de magnesio; éste hace el trabajo químico, y el de sodio sirve de conductor.

Este procedimiento, aplicado en varias fábricas de celulosa, es muy económico, porque se pierde muy poco cloruro y su acción es más rápida que la obtenida por el sistema corriente del cloruro de cal; además de la economía, ofrece la

ventaja de que su acción sobre las fibras es muy regular; la ausencia de cal evita todo peligro, y como el agente decolorante es puro, no deja residuo alguno.

El electrolizador consiste en una tina de fundición, galvanizada, en la que penetra prolongándose un tubo perforado provisto de una llave de zinc para la introducción del líquido. La parte superior de la tina lleva un reborde exterior, ahuecado en forma de canalillo, y viene á ser como un aliviadero de superficie, por el cual el líquido sobrante pasa de la tina á un tubo colocado del lado opuesto á la llave de admisión, obteniéndose de este modo una circulación continua.

Los electrodos negativos se hallan formados por un cierto número de discos de zinc montados sobre dos árboles que giran lentamente. Entre cada par de discos de zinc están colocados los electrodos positivos, cuya superficie activa está constituida por tela de platino extendida sobre un marco de ebonita. La parte superior de estas telas se halla soldada á una pieza de plomo y perfectamente aislada; cada marco ó electrodo positivo comunica por la pieza de plomo con una barra de cobre que á su vez está en comunicación con el polo positivo de la dinamo; los contactos de cada electrodo se establecen con tuercas, para que sea

fácil separar uno de ellos en marcha sin perturbar el buen funcionamiento del aparato.

Con el objeto de mantener perfectamente limpios los electrodos negativos, se colocan sobre las placas de los positivos unas láminas flexibles de ebonita que oprimen los discos de zinc y evitan todo depósito. En la parte inferior de la tina se coloca una portezuela para facilitar la limpieza, y una llave de fondo permite vaciar el aparato.

Cuando se emplean varios electrolizadores, se disponen en tensión, ó sea comunicando el polo positivo del primero con el negativo del segundo y así sucesivamente.

La manera de operar es la siguiente: el líquido, conteniendo una pequeña cantidad de magnesia libre, pasa de una primera tina á un electrolizador ó á los que sean necesarios, y de él ó ellos á las pilas de blanqueo para obrar sobre la pasta; un cilindro lavador extrae el líquido de ésta y lo vierte en una cuba desde la cual es elevado por una bomba centrífuga para volver á la primera tina. Se obtiene así una circulación continua y se mantiene constante en el líquido su condición blanqueadora.

Llegada la pasta á un cierto grado de blancura, pasa á una tina de grandes dimensiones donde se perfecciona el blanqueo, para terminar en

los prensa-pastas. El líquido que en éstos suelta la pasta es también recogido en otra tina y elevado por una bomba á la primera.

La corriente empleada varía de 1.000 á 1.200 amperios, con una fuerza electromotriz de 5 voltios.

El inventor de este procedimiento, M. Hermite, asegura que con una corriente de 1.000 amperios y una fuerza motriz sobre el árbol de los dinamos de 9 caballos, produce en veinticuatro horas un efecto decolorante sobre la pasta de papel equivalente al de 100 kg. de cloruro de cal.

Composición de las pastas.—Esta se relaciona íntimamente con la calidad del papel que se desea obtener; las clases finas de calidad superior deben prepararse con trapos blancos, de hilo ó algodón; los papeles bastos fabricanse con restos de cuerda sin embrear, luego de sometidas á varias lejías y al más completo blanqueo; el papel destinado á impresiones de lujo procede de trapos blancos usados y de algodones sumamente limpios; el ordinario, destinado á la impresión de libros corrientes, se hace también con restos de cuerda y de percales y cotonadas teñidos de diversos colores; los papeles destinados á reproducir grabados necesitan una blandura especial, que se consigue añadiendo á las pastas cierta cantidad, no muy grande, de algodón

puro; si se empleara el cartón con este mismo objeto, es menester privarle antes de la sílice libre que suele contener. Si se trata de hacer papel secante de color, no es necesario decolorar los trapos, sino elegir cotonadas y otras telas de algodón de color uniforme, el cual se transmitirá al papel.

Todo esto demuestra la importancia que, según hemos dicho, tiene en la fabricación del papel la clasificación esmerada é inteligente de las primeras materias.

Refino.—La trituración de los trapos, suspendida para realizar el blanqueo ó la mezcla de las diversas pastas, es preciso repetirla y terminarla por el refino, que se hace en pilas y por medio de cilindros ó muelas adecuadas, generalmente centrífugas, aparatos perfectos que dan pastas finísimas y de inmejorables condiciones. La operación suele durar de dos á cuatro horas, y es preciso no precipitarla, porque entonces la pasta resulta seca y el papel blando, sin tenacidad, poco transparente y su superficie mal unida; si, por el contrario, el refino se ha hecho empleando el debido tiempo, la pasta es más grasa, más húmeda, da transparencia uniforme y superficie bien unida al papel, que resulta flexible y *carteado*.

Suelen dar pastas secas los trapos algodono-

sos, los batidos bruscamente con hojas cortantes y muy duras, los blanqueados enérgicamente al gas ó los triturados en pilas, débil ó insuficientemente alimentadas de trapo.—Las pastas grasas proceden de trapos duros nuevos, de los batidos suficientemente y con hojas suaves y usadas, y de los no blanqueados ó blanqueados al cloruro.

Encolado.—Además de las materias primeras, *fibras ó celulosa fibrosa*, entran otras en la composición del papel denominadas *drogas*, que se unen á la pasta en la operación del refino ó del encolado para dar al papel nuevas propiedades; generalmente se da primero el color á la pasta y luego la cola.

Se emplean con dicho objeto la cola animal ó gelatina, la cola vegetal, fécula de patata en forma de engrudo, y además el kaolín, talco, etc., como *carga*, para dar peso y consistencia al papel.

Los papeles buenos no admiten carga.

Uno de los encolajes más usado es el del jabón resinoso obtenido por la saponificación de la colofonia disuelta en sosa cáustica y sulfato de alúmina; fórmase por doble descomposición un compuesto de alúmina y resina y sulfato de sodio, que es muy soluble; el aluminato de resina, incorporado íntimamente á la pasta, experimenta una especie de fusión cuando la hoja de papel pasa

por el tambor destinado á desecarla y tórnase hidrófugo.

El empleo de la gelatina requiere suma habilidad por las dificultades que ofrece el espesor, naturaleza y grado de sequedad de la pasta, y aun el estado higrométrico del aire; pero como se obtienen con ella papeles de lujo superiores, los fabricantes ingleses, que son los que más la emplean, no han querido abandonar el sistema y le han perfeccionado, secando de nuevo el papel ya encolado y seco, y para ello le hacen recorrer una gran extensión sobre tambores enrejados, en cuyo interior obran ventiladores que proyectan agua caliente á temperatura que no exceda de 25° para que no se altere la cola.

El encolado previo se emplea comunmente para la fabricación del papel en máquina; si el papel se hace á mano, se encola después y se usa la gelatina; también puede encolarse á la gelatina el papel fabricado previamente en máquina.

Tinte ó coloración de las pastas.—Las sustancias colorantes que han de servir para teñir el papel se incorporan á la pasta en la operación del refino ó del encolado, teniendo cuidado, si la pasta estuviese ácida, de añadir sosa antes de darle color.

El azul prusia y el lila campeche sirven para teñir las pastas blancas ordinarias, realzando la

blancura del papel; los azules cobalto y ultramar se usan para las clases superiores. El cobalto presenta el inconveniente de que se deposita sobre el anverso de la hoja y da un azul más intenso sobre una de las caras del papel que sobre la otra; se emplea particularmente cuando el encolado se hace á la gelatina. El ultramar no tiene el inconveniente del cobalto, pero es poco estable y se decolora si el agua empleada no está limpia de cloro, de ácido ó de una sal ácida como el alumbre. Para dar un azulado ligero á la pasta, se emplean 3 kg. de cobalto ó uno de ultramar para 100 kg. de papel.

El azulado del papel tiene muchas veces por objeto ocultar un defecto del blanqueo, adicionando una tinta complementaria; si el tono que debe corregirse es amarillento, como frecuentemente ocurre, se usa el azul ó el violeta para neutralizarlo; si se emplea en la debida proporción, el papel resulta blanco mate, y si se excede azulado.

El azul prusia se obtiene por la mezcla de 95 partes de sulfato de hierro con 100 de prusiato de potasa, variando su entonación de azul verdoso al violado, según el grado de oxidación.

El amarillo procede de la mezcla de 40 partes de bicromato de potasa, con 100 de acetato de plomo; cuando se vierte en la disolución del ace-

tato la del bicromato, se obtiene el tono limón, y si se hace lo contrario, resulta el amarillo botón de oro.

El verde se obtiene mezclando el azul verdoso con el cromato de plomo color limón.

El rojo se extrae de ciertas maderas y se da también con la sal de estaño, empleándose además otros muchos como la *anilina* y la *eorina*, que no son recomendables por su poca permanencia á la luz.

El negro se da con el de humo, quitándole los elementos grasos que contiene.

Los papeles azulados, dados de gelatina y secados al aire, dan un tono más brillante y fresco que los encolados con resina y secados á máquina.

Debe observarse también que el satinado fuerza las tintas.

Máquinas de hacer papel. — Practicadas las operaciones descritas, viene el trabajo de la máquina que ha de convertir la pasta en papel; los aparatos empleados son muy variados, aunque todos obedecen al mismo principio, que realizan hoy de un modo regular y continuo, con notable perfección.

La pasta, muy diluída, entra por un extremo de la máquina y sale por el opuesto, seca, convertida en papel arrollado en bobinas y recortado

del tamaño requerido, experimentando las siguientes transformaciones:

De las pilas refinadoras es trasladada la pasta á una gran tina provista de agitadores que la trabajan para que pase á los desarenadores, luego á los depuradores, y por último, sobre la mesa de fabricación, que es la pieza esencial de estas máquinas, y se compone de una tela metálica sin fin, soportada y guiada por pequeños cilindros de cobre yuxtapuestos, mantenida perfectamente rígida y horizontal, y animada de dos movimientos, uno de traslación uniforme y otro de sacudidas laterales alternativas; éste viene á sustituir al de zaranda, que antiguamente producía el obrero con el cedazo, y su objeto es el mismo: favorecer la trabazón de la pasta, á lo que contribuye también cierta aspiración que se produce por bajo de la tela metálica, por medio de sifones que arrastran el agua que ha resistido al tamizado.

Este momento, en que la pasta ya casi no lo es, sin ser todavía papel, es muy curioso, por la metamorfosis instantánea y continua que se produce.

Constituída la hoja hay que secarla, y para ello es recogida al terminar su paso por la tela metálica por un cilindro que la lleva á otros dos forrados de fieltro, que hacen el oficio de laminadores;

luego pasa á los compresores, y por último, á los tambores de secado, que suelen reunirse por grupos de cuatro y de dos rollos, interponiendo una ó dos calandrias que favorezcan la operación.

Al final de la máquina, la hoja es cortada á lo largo por tijeras circulares en bandas de igual ancho, que se arrollan en bobinas preparadas al efecto.

El secado del papel requiere sumo cuidado; el que lo está poco, resulta blando, rugoso; y si lo está demasiado, quebradizo; debe, pues, graduarse el calor, aumentando su intensidad del primero al último cilindro.

Debemos también observar que el buen funcionamiento de los desarenadores y depuradores es de gran importancia, no sólo para la conservación de los elementos de la máquina, sino principalmente para la calidad y la limpieza del papel.

Por último, hay que tener muy presente la diferente velocidad que ha de imprimirse á los diversos órganos de la máquina, según sus funciones; así, considerando el alargamiento que el papel húmedo sufre por el menor esfuerzo de tracción, es preciso regular en consonancia la velocidad de las prensas, aumentándola progresivamente. Cuanto más delgado es el papel, más

se extiende su tejido, haciendo necesario dicho incremento de velocidad relativa, para que no se produzcan frunces y pliegues al pasar por los laminadores. Si la velocidad es excesiva, las hojas se rompen.

Los papeles de fuerza media se alargan $\frac{1}{20}$ desde la mesa de fabricación hasta los secadores, y en éstos pierden $\frac{1}{60}$ de su ancho.

Los papeles delgados deben fabricarse de prisa; es decir, á razón de 15 ó 20 m. de longitud por minuto, y los papeles gruesos de 5 á 8 m. por minuto.

Durante el trabajo de la máquina se producen siempre roturas del papel seco ó húmedo, que no es aprovechable para la venta; suele recogerse con la mayor limpieza posible y unido á los recortes, que representan un 6 por 100 del papel fabricado, se vuelven á las tinas de refino, cuando proceden de papel no encolado, y allí vuélvense á triturar y á convertir en pasta; si los residuos están ya encolados, hay que cocerlos antes de que vuelvan á las pilas de refino. En todo caso, los recortes se emplean para pastas inferiores, porque nunca dan papel de buena calidad.

Reparto ó clasificación del papel; cortado, apresto y satinado.—Estas operaciones han de hacerse en talleres bien iluminados, ó en grandes salas, con techos muy blancos, que reflejen

bien la luz. La clasificación se hace, según las imperfecciones que contenga el papel, en tres grupos: rollos ú hojas buenas; utilizables, reduciendo sus dimensiones por un nuevo corte, y deshecho, para refinar de nuevo. Hecho el reparto, se prensa lo bueno y lo utilizable, procediendo á lo que se llama el *recambio*, operación que tiene por objeto dar uniformidad al papel, para lo cual se coloca una ó varias veces en la prensa, invirtiendo alternativamente la disposición de las dos caras de cada hoja ó grupo de ellas.

Después se cuentan por cuadernos, ó por mannos y por resmas, se vuelve á prensar, y se empaqueta.

Con el prensado desaparecen las rugosidades del papel, sin borrar el grano del tejido; con el alisado ó laminado entre cartones, desaparece el grano, dando lugar á la clase llamada *papel liso*.

El papel *satinado* es más suave al tacto y un poco brillante, sin tener gran transparencia; el *glaseado* es muy brillante, resbala al tacto y presenta gran transparencia; el satinado se obtiene laminando entre cartones y hojas de acero ó zinc; para el glaseado hay que emplear láminas de cobre. En los tres casos, el tiempo del prensado, la clase de láminas empleadas y el

número, clase y superficie de las hojas, determinarán el grado de pulimentación del producto.

Las máquinas de cortar y satinar el papel son numerosas, y se perfeccionan cada día.

Citaremos solamente la máquina de satinar ó *calandria*, de 11 rodillos, empleada en varias fábricas importantes, con la que se consigue un satinado perfecto y rapidísimo del papel, al arrollarse en los diversos cilindros del aparato; el número de estos cilindros ó rollos varía con el grado de satinación que se desee obtener; en el que citamos, seis son de fundición esmerilada y pulimentada, y los cinco restantes de papel.

Para los periódicos ilustrados, ediciones de lujo y otros trabajos que reclaman papel de superficie muy unida y compacta, se emplean calandrias de fricción ó de cepillos, que extienden sobre las caras del papel una pasta especial; este procedimiento, muy usado en Alemania, exige el empleo de un aparato de un gran desarrollo, que permita el secado del papel después de recibir la pasta, y necesita además otra máquina para volver á arrollar el papel.

Terminaremos este punto citando algunos datos prácticos de carácter general.

El peso específico del papel varía entre 0,70 á 1,15.

Un kilogramo de papel puede dar una super-

ficie total de 10 á 30 m.² de papel corriente, para imprimir ó escribir.

Para fabricar 100 kg. de papel*, hay que gastar, á lo sumo, igual peso de carbón; el término medio es de 60 á 65 kg., y en algunas fábricas bien montadas no se pasa de 40 kg., pudiendo producir de 3 á 5 t. diarias de papel.

En general, hay que contar como gasto medio de agua 1 litro por minuto y por kilogramo de papel fabricado cada día.

Una máquina de modelo grande, con 12 ó 13 refinadoras, consume 3 m.³ de agua por minuto.

Para una producción de 1.000 kg. en veinticuatro horas, se necesitan, término medio, de 50 á 60 caballos de fuerza; el vapor de agua se utiliza en el lejiado, preparación de la cola y secado.

El servicio de una máquina de papel continuo lo desempeñan ordinariamente tres peones y un capataz.

Cien kg. de trapo fino, producen de 80 á 90 de papel.

Idem, íd., íd. medio íd., 70 á 80 íd.

Idem, íd., íd. grueso, íd., 50 á 70 íd.

Celulosas procedentes de madera.

De la madera puede obtenerse papel en dos formas distintas: desfibrándola mecánicamente (*pasta mecánica*), y preparándola por procedimientos químicos (*pasta química*).

En 1867, se presentó, por el ingeniero alemán Welter, la primera máquina completa destinada á la fabricación de la pasta de madera, y hoy día son los alemanes los que, ayudados por la riqueza forestal de su país, sacan el mejor partido de esta industria. Existen en dicha nación numerosas fábricas de celulosa que tratan diariamente sobre 2.000 m.³, correspondientes á 3.000 esterios de madera, y representan un movimiento de más de 35 millones de francos, y la despoblación consiguiente de 6 á 8 hectáreas de monte; para compensar este despueblo y para hacer frente á la competencia de otros países en que la madera se produce á bajo precio, como la Escandinavia y las provincias marítimas de Rusia, el Estado alemán aumenta gradualmente en sus dominios las plantaciones de pinos y pinabetes de crecimiento rápido en las 275.000 hectáreas de monte que aquéllos comprenden.

Actualmente, Suecia, Alemania, Suiza y Fran-

cia, fabrican y emplean cada año más de 250.000 toneladas de pasta de madera, preparada mecánicamente.

En América, el Canadá es el que surte en abundancia la materia primera de esta industria.

Dicha pasta mecánica, preparada con fibras muy tenues, de poca longitud, arrancadas á la madera por rozamiento con piedras ó muelas, que si bien dividen la materia, moliéndola en alto grado, no consiguen eliminar completamente las substancias incrustantes que contiene, no tiene bastante resistencia para ser empleada sola; es, además, difícil de blanquear, y se hace preciso, por lo general, mezclarla con pasta de trapos.

Esto no sucede con la pasta de madera obtenida por procedimientos químicos (*pasta química*); los principales métodos empleados para disolver las materias incrustantes de la madera, son cuatro: el *ácido*, el *alcalino*, el *sulfuroso* ó *al bisulfito*, y el *electro-químico* ó *electrolítico*.

El primero no debe considerarse hoy sino bajo el punto de vista teórico-histórico; los ácidos nítrico clorhídrico y sulfúrico empleados para la preparación de la celulosa, fueron abandonados en vista de los inconvenientes que ofrecían.

Los tres procedimientos restantes, considerados bajo un punto de vista general, ofrecen de

común cuanto se refiere á las manipulaciones iniciales y finales de la preparación. Hay que comenzar por hacer astillas ó dividir en partes pequeñas los troncos de madera, previamente descortezados y limpios, someterlos después á la cocción ó lejiado en baños especiales, con lo que la madera queda convertida en una masa gris ligeramente esponjosa, de modo que con una acción mecánica, por poco potente que sea, se consigue en seguida separar sus fibras, que salen largas y sedosas.

La cocción, empleando la sosa cáustica bajo una presión variable de 8 á 12 atmósferas, produce fibras que, bien blanqueadas, se emplean para fabricar papel de clase superior, y en crudo se utilizan para papel de estraza ó papel basto.

Este procedimiento presenta graves inconvenientes; el peligro de las operaciones de cocción con presiones tan fuertes es evidente; la cantidad de sosa necesaria representa un valor grande, así como el combustible para la cocción y el de los aparatos, que han de ser muy resistentes, por lo que la mayor parte de los fabricantes Franceses desistieron de su empleo, que lo han podido seguir Inglaterra y Alemania, gracias á la abundancia del combustible en ambas, al bajo precio de la sosa en la primera, y á las fuerzas hidráulicas de que dispone la segunda.

El procedimiento al *ácido sulfuroso* hace desaparecer los inconvenientes señalados.

Por experimentaciones industriales concluyentes partidas de Alemania y comprobadas en otras naciones, se ha visto que todas las maderas, y especialmente aquellas cuya fibra es blanca y su tejido poroso, pueden desagregarse con la mayor facilidad por la acción del ácido sulfuroso bajo una presión que no pasa de cuatro atmósferas y produce fibras que se aislan ó separan con la simple presión de la mano, conservando un color bastante blanco, que permite emplearlas directamente, llegando al blanco más puro y brillante con el cloruro de cal, que cuesta poco, sin perder nada su flexibilidad y tenacidad. Este método es debido al químico Mitscherlich.

Según hemos dicho, los procedimientos actualmente en uso difieren únicamente en los detalles, y las operaciones esenciales son las siguientes: el tronco descortezado, hendido, desembarazado mecánicamente de sus nudos y cortado en porciones, se coloca en las cajas de maceración, que generalmente son de planchas de acero, revestidas de plomo, montadas sobre gorriones huecos, por donde se introduce el vapor, y que se fijan convenientemente sobre macizos. En seguida se introduce en estas cajas, ya se-

gún el procedimiento de Picket, ácido sulfuroso anhidro, liquidado por el sistema de dicho químico, á 15° bajo cero, ó bien, lo que suele ser más práctico, bisulfitos de cal ó de magnesia disueltos en el agua.

Los bisulfitos de cal, que son los que se emplean más frecuentemente, se preparan introduciendo el ácido sulfuroso producido por la combustión de las piritas de hierro en hornos apropiados, por la base de conos más ó menos elevados, rellenos de piedra caliza de dimensiones graduadas. Por el vértice del cono así preparado, cae agua en estado de gran división, desagregando á su paso una parte de las piedras calizas; se carga de ácido sulfuroso, y llegado á la base del cono, se recoge en vasijas revestidas de plomo, obteniendo una disolución más ó menos rica de bisulfito de cal, fácilmente filtrable.

Según el procedimiento de Mitscherlich, al ácido sulfuroso se le hace llegar á la presión de dos atmósferas y á la presión de cuatro, que es el máximum, según otros procedimientos.

Al cabo de una breve permanencia en estas condiciones, la madera se reblandece por la acción del ácido, pierde la mayor parte de las materias incrustantes, y se transforma en una masa esponjosa cuyas fibras se separan bajo la influencia de una sencilla levigación en el agua.

La pasta así obtenida puede emplearse para fabricar papel resistente, ya sola ó mezclada con pasta de trapo ó con pasta mecánica, que es lo más común.

El procedimiento electro-químico ó electrolítico debido á Karl Kellner produjo una revolución en la práctica usual en las fábricas de celulosa; está fundado en el empleo simultáneo de una corriente eléctrica y del calor para producir de modo continuo elementos disolventes de las materias incrustantes de la madera y otros vegetales durante la operación del lejiado. El electrolito ó disolución que ha de someterse á la electrolisis, es de cloruro de sodio, desprendiéndose cloro, que descompone las materias incrustantes de la madera, paja, esparto, etc., y formándose en presencia del agua, por un lado, ácido hipocloroso, y por otro, hidrato de sosa.

De la descomposición producida por el cloro y por el ácido hipocloroso y de la elevación de temperatura de éste, se produce ácido clorhídrico que, obrando sobre el hidrato de sosa, da nuevo cloruro de sodio; se establece así un ciclo completo, y la disolución conserva, sin alteración sensible, sus principios activos de un modo análogo á lo que sucede en el blanqueo electrolítico debido á M. Hermite, que hemos descrito al hablar de la pasta de trapos.

La operación se prolonga sin interrupción hasta una temperatura aproximada de 128°, á la que, según el inventor, se extrae de la madera una fibra de un blanco brillante, aspecto sedoso y gran solidez.

Posteriormente, el mismo Kellner obtuvo nuevo privilegio para la fabricación electrolítica de la celulosa, sin el concurso del calor ni de la presión; el electrolito empleado es una disolución de sal marina, adicionada de ácido clorhídrico y de nitrato ó sulfato de sosa ó potasa, ó bien de hidrato ó carbonato de dichas substancias.

De las diversas modificaciones que sufren las materias incrustantes en el curso de la operación, se deduce que éstas pasan por varios grados de oxidación; en los primeros, ó más débiles, son solubles en los álcalis, en los intermedios, en el agua ó en disoluciones neutras; y, por último, al llegar á la mayor oxidación, los son en las disoluciones ácidas.

De aquí la economía del procedimiento en fuerza motriz, porque basta invertir con frecuencia la corriente en los electrolizadores para obtener primeramente, por una ligera acción del cloro, una oxidación tenue de las materias incrustantes, que se disuelven y son arrastradas por el líquido alcalino, viniendo luego á resolverse en los electrodos en ácido carbónico y en agua.

Para la obtención química de las pastas por cualquiera de los procedimientos descritos, el abeto es la primera de las especies espontáneas; el rendimiento es bueno, y las fibras muy blancas; por el procedimiento mecánico da también una pasta bastante blanca y de cierta solidez.

El pinabete da mejor resultado tratado mecánica que químicamente.

El pino silvestre da partículas de hierro en mayor proporción que otras maderas; en las soluciones cloruradas se precipita poco á poco el hierro con la ayuda de la cal en exceso, y resulta la pasta de un color gris; el papel fabricado con este pino es de mediana calidad.

Lo mismo puede decirse del pino marítimo.

Para aprovechar todas estas especies forestales, basta que tengan un diámetro de 7 á 10 cm.

Celulosas de paja, yute, esparto, ramio, etc.

La preparación de la paja consiste en hacerla hervir á una presión de 6 á 8 atmósferas, después de cortada por aparatos especiales en trozos de 3 á 4 cm., en una enérgica lejía cáustica de 5 partes de sosa por 100 de pasta seca, con el

objeto de eliminar la sílice y desagregar las fibras; después de cada lejiado, se lava abundantemente la pasta; la lejía alcalina produce en la celulosa un color parduzco, que se rebaja sometiendo la pasta á un baño de ácido sulfúrico en proporción de 3 partes por 5 de sosa empleada: el blanqueo ordinario hace lo demás.

Los nudos que presenta la pasta de paja exigen una maceración ó laminado especial para triturarlos, que suele hacerse al vapor, después del elegido y del cribado, y antes de la cocción.

Las demás operaciones son enteramente análogas á las empleadas para la fabricación de papel de trapos; la máquina de papel empleada comunmente para los de paja, es la llamada redonda, construída por primera vez en Inglaterra por Jorge Dickinson de 1820 á 1830; aunque algunos autores afirman que lo fué hacia 1815 por F. Robert.

La pasta de paja ofrece un brillo notable, que para cierta clase de papel, como el de envolver, es muy apreciado, no siendo necesario mezclarlo con pasta de trapo; el encolado, además, basta que sea muy ligero.

Según hemos dicho, la paja es de todas las substancias textiles la que ocasiona menos pérdida de materia; viene á rendir un 58 por 100 de su peso, y proporciona al papel dureza y carteo.

El tratamiento de las demás celulosas es parecido, y por regla general, tanto las de esparto, como las de ramio y yute, exigen una enérgica lexivación y blanqueo.

El esparto, que según hemos visto, se emplea casi exclusivamente en Inglaterra, produce excelente papel para ilustraciones, grabados, etc., y en moderadas proporciones, dada su escasa fuerza, debida á lo corto de sus fibras, se emplea también en buenos papeles para escribir.

El yute y la pita se obtienen de los restos de sacos de embalaje, y el cáñamo proviene de las velas de buque y de alpargatas viejas.

El ramio, que se emplea con preferencia para papeles de banca ó de seguridad, el Banco de Francia lo usa para sus billetes; se prepara también de un modo análogo á las demás pastas.

Se fabrica igualmente papel con juncos, caña de azúcar, palmera, hojas de pino, cardos, residuos de patatas, pulpa de remolacha, regaliz, etc., y muchas de estas substancias, como las dos últimas citadas, ofrecen la ventaja de que no necesitan encolado las pastas.

También se usa, en sustitución del trapo de cáñamo, el algodón en bruto para impresiones y litografías, que era el mismo empleado en la antigüedad por los árabes en Ceuta, y en Játiva

por los españoles. En Inglaterra se ha fabricado este papel utilizando los orillos y recortes de las fábricas de tejidos de algodón.

Comparación de las diversas clases de celulosa entre sí y con las de trapo.

Bajo el punto de vista de la industria papelera, se dividen las celulosas en dos grupos principales: las de *sosa* y las de *bisulfito*, correspondiendo á las de los trapos que aquéllas han de suplir en todo ó en parte, ó sean respectivamente á las procedentes de trapos de algodón ó de trapos de hilo.

Las fibras de hilo (cáñamo ó lino) y las de algodón tienen de suyo propiedades que determinan condiciones particulares para el papel con ellas fabricado; y si por regla general se emplean reunidas, no es menos cierto que en muchos casos no es indiferente su empleo, según se trate de conseguir mucha firmeza para el producto (*hilo*), ó por el contrario, que sea blando y absorbente (*algodón*).

Del mismo modo que la celulosa de hilo es considerada como de más valor que la de algodón; á la de bisulfito, que es la análoga de aquélla,

porque produce papel más sólido y más blanco, se le da preferencia sobre la de sosa, que es más tierna, más parecida al algodón, si bien en muchos casos esta propiedad la hace á su vez recomendable.

El precio de estas dos substancias en el mercado es también muy distinto; la de bisulfito es mucho más cara que la de sosa.

Para las impresiones baratas, entre las que el periódico figura en primera línea, porque representa la mayor parte del consumo, el problema consiste en emplear la mayor cantidad posible de *pasta química*, que es la más barata, pero que no ofrece solidez bastante, con la menor cantidad de buena *pasta química*, destinada á procurar la resistencia necesaria al papel.

Debemos observar también que la celulosa de sosa cruda es de color parduzco y la de bisulfito de igual clase es casi blanca, y puede, por lo tanto, ser empleada sin otra preparación, siempre que no se exija gran blancura al papel, como sucede en general con los periódicos.

La celulosa á la sosa se obtiene á una temperatura y á una presión muy elevadas, pero está poco tiempo en la cocción; la de bisulfito, por el contrario, se prepara á presión y temperatura poco elevadas, y la cocción, en cambio, es más prolongada, y todavía lo es más en la celulosa

Mitcherlich, pero con presiones y temperaturas muy bajas. El lejiado por este último procedimiento se hace con suma precaución, para ir poco á poco eliminando las materias incrustantes á la temperatura estrictamente necesaria para que la fibra padezca lo menos posible y la celulosa ofrezca la mayor solidez; resultado al que se ha llegado en términos que dicha celulosa, bajo el punto de vista de la dureza, no tiene nada que envidiar á la de trapos duros de cáñamo ó de lino, y puede emplearse sin mezcla alguna en papeles que dan hasta 6.000 m. y más para la longitud de rotura.

Las celulosas de madera en general ofrecían en un principio el inconveniente de su falta de pureza, de modo que aun después de bien blanqueados no podían emplearse para papeles finos; pero hoy se consigue fabricarlo muy limpio, blanco y de inmejorables condiciones.

También se achaca al papel de madera su falta de extensibilidad, falta agravante, porque aumenta con el tiempo, es decir, que los papeles que la poseen recién fabricados la pierden después. Según Max Schubert, un tratamiento adecuado atenuaría este inconveniente, que no es en todo caso tan grande como algunos suponen, porque un papel de celulosa de madera bien preparado y que tenga una longitud de rotura de 5,450 m., puede

aún alargarse un 2,50 por 100 antes de romperse.

También se ha supuesto que la celulosa de madera dejaba en la incineración residuos superiores al límite admitido para los papeles de clase superior, en la que no se tolera más del 2 por 100 de cenizas.

La celulosa químicamente pura arde sin dejar el menor residuo, pero en las diversas formas en que se presenta en la naturaleza no sucede lo mismo, puesto que la del algodón, que es la más pura, deja del 0,11 á 0,12 por 100, el hilo de 0,77 á 1,46 por 100, y el esparto de 3,67 á 4,1 por 100. Estas proporciones, además, pueden sufrir alteración por el blanqueo, lavado, etc., como parece sucede con la celulosa de bisulfito, en que dicha proporción se aumenta por la cocción, cuando una fuerte cantidad de cal contenida en la lejía sulfurosa viene á favorecer la formación de un depósito de monosulfito poco soluble; y entonces, aun cuando se empleen sustancias muy puras, se pasa del límite admisible referido del 2 por 100.

No obstante, los numerosos ensayos practicados con muestras de muy diversas procedencias, después de bien lavadas han venido á demostrar que la celulosa de madera no deja más de un 0,32 por 100 de residuo en la incineración, que hay fábricas en Alemania en que no llegan las ceni-

zas al 0,30 por 100, y en resumen, que si excede de estas proporciones es porque la cocción ó el lavado son defectuosos, y por consiguiente, bajo este punto de vista, la celulosa de madera si es inferior se acerca mucho á la de trapo.

Una de las razones que en la industria papele-
ra hacen preferible la celulosa de trapos viejos sobre las demás, es, según algunos autores y fabricantes, el ahorro de parte de la preparación que el trapo no necesita, porque se halla naturalmente preparado por el uso desde su extracción del vegetal hasta que fué recogido en medio del arroyo.

Los partidarios acérrimos de la pasta de madera sostienen, por el contrario, que los trapos viejos se hallan enervados por el uso y por los tintes, blanqueos y lejías, y que al menos la madera no debilitada por ninguna de estas causas, es en este sentido muy superior al trapo.

Análisis del papel.

El estudio analítico de las diversas cualidades del papel, ya fabricado ó en vías de estarlo, tiene gran importancia; el colaje, las cargas, el espesor, la resistencia á la tensión, al frotamiento, etc., etc., son ensayos muy curiosos que se

realizan en las buenas fábricas con aparatos especiales de precisión suma.

El examen microscópico permite apreciar claramente la estructura de las fibras, y su acción se completa preparando la semi-pasta con diversos reactivos en que entra como base el yodo, y ponen de manifiesto la composición de las pastas según la coloración que resulta; así las de celulosa de madera son blancas, moradas las de lino y cáñamo, y amarillas las de yute y mecánica.

Para reconocer si el papel contiene pasta mecánica y en qué proporciones, se emplea entre otros varios un reactivo de tan grandes resultados como largo es de escribir; se titula *dimethyl-paraphenilenediamina*, y produce coloraciones más ó menos rojas, según la mayor ó menor cantidad de pasta mecánica contenida en el papel ensayado.

El curioso y perfectísimo aparato de Schopper (Leipzig) registra en kilogramos la carga de rotura, el alargamiento en milímetros, y la finura del papel, que se dispone para los ensayos en tiras de 18 cm. de largo por 15 mm. de ancho.

Esta prueba es necesaria para muchas aplicaciones del papel.

Aplicaciones del papel. Sus denominaciones.

Además de la imprenta y del papel para escribir, que son los principales usos á que se destina, puede convertirse, en virtud de preparaciones especiales, en cartón-piedra de uso frecuente en objetos de lujo y adorno, papel de lija ó esmeril para pulimentar maderas ó metales, apergaminado ó imitando pergamino, filigrana, de calco, sensible ó fotográfico, autográfico, al ferro-prusiato, polígrafo, de filtro, como el llamado de Berzelius, que es celulosa casi pura, de fumar, luminoso, embetunado, incombustible, impermeable, etc., etc.

El papel comprimido se emplea en los Estados-Unidos de América para la construcción de carriles y ruedas de vagones, vigas para suelos, chimeneas, tubos de órgano, estufas de cocina y calefacción, ollas y bañeras, preparado de modo que resulta perfectamente incombustible y de resistencia comparable á la del acero.

En Suecia se convierte el musgo en papeles y cartones especiales de diferentes gruesos, tan duros como la madera, con los que se hacen mar-

cos de puertas y ventanas, adornos arquitectónicos y toda clase de muebles, que se pintan y barnizan como si fuesen de madera.

Citaremos también una aplicación muy corriente del papel en tiras y rollos, que es el usado para recibir los despachos de los aparatos impresores del telégrafo. Este papel suele ser de color especial, azul pálido ó azul telégrafo, para que no ofenda á la vista de los empleados encargados de la recepción, permitiendo al propio tiempo el que se distingan bien los signos, y ha de ofrecer bastante resistencia á la tracción; por lo general, se exige que las cintas de 12 mm. de anchura y 145 m. de longitud que pesan 100 g. resistan á un esfuerzo de tracción de 1 á 1,5 kg., lo que se comprueba directamente ó por medio de aparatos especiales.

Una de las aplicaciones más importantes es la del papel para *Billetes de Banco*, en los que ha de atenderse principalmente á evitar ó dificultar al menos toda falsificación, problema nada fácil dados los medios que las ciencias físicas y químicas proporcionan á los falsificadores para reproducir sobre la piedra litográfica por medio de la fotografía los grabados, orlas, cifras y firmas de los documentos fiduciarios. El procedimiento de falsificación es muy sencillo, y es, después de todo, el seguido para la fabricación legítima; se

emplea un billete bueno como cliché, y se saca una prueba que sirve á su vez de cliché, reproduciendo exactamente el modelo.

Donde el falsificador encuentra más dificultad es en la imitación del papel, y por lo tanto, en la fabricación especial de éste ha de fijarse con preferencia la atención.

Antes de inventarse la fotografía se imprimían los Billetes de Banco con tinta negra indeleble y más ó menos grasa, ó con tinta de China acidulada; luego ha sido preciso emplear colores refractarios al procedimiento de Daguerre ó anti-fotogénicos como son el azul y el amarillo; el primero se reproduce débil y confusamente y el segundo da tonos negros borrosos.

El Banco de Francia fabrica por su cuenta y bajo la dirección de su personal técnico de ingenieros y químicos el papel destinado á sus billetes, disponiendo para la impresión y demás operaciones de una maquinaria especial construída á todo coste en sus talleres.

En la composición del papel entra como factor principal el *ramio*, planta textil, que, según hemos dicho, reúne excepcionales condiciones para este objeto; su preparación es secreta y de difícil imitación. El papel se fabrica á mano en tinajas, como antiguamente y hoja por hoja, las que contienen en su interior una filigrana visible

por transparencia; cada una de estas hojas que constituye un billete, es examinada con escrupulosa atención bajo el triple punto de vista de su solidez, dimensiones y pureza, siendo desechada la que presenta el menor defecto; la proporción de desecho suele ser del 60 por 100. El papel, además de las preparaciones ordinarias sufre otras secretas antes de llegar al taller de impresión.

La plancha que sirve para la impresión de los billetes de 1.000 francos fué terminada en 1842 y costó tres años de trabajo á su autor; es de acero y no se ha colocado nunca directamente en las prensas, sino por clichés reproducidos galvanoplásticamente, que pueden tirar sin renovación de 50 á 60.000 pruebas. Hoy se dibuja el modelo para el billete en gran escala, se reduce por la fotografía á sus dimensiones reglamentarias, se graba y se tiran luego clichés; el procedimiento es más rápido, más seguro y menos costoso. En la plancha del billete de 100 francos, que costó también varios años de tanteos, se han acumulado todas las dificultades que puede ofrecer el grabado.

La tinta azul empleada en los billetes del Banco de Francia, es inalterable y de composición secreta.

Para dar una idea de la perfección y del cui-

dado con que se llevan á cabo todas las operaciones, diremos que son precisos veinte días para que una hoja de papel, con elafiligranado interior ya hecho, quede convertida por la impresión en billete de Banco.

Término medio, el de Francia, imprime diariamente 12.000 billetes y anula 8.000; la anulación se combina de modo que deje siempre un cierto huelgo á la fabricación.

Estos billetes son muy difíciles de falsificar por la fotografía directa á causa de su impresión azulada y como clichés reproductores por razón de la confusión de líneas que se produce por la transparencia.

El personal técnico de dicho Banco se ocupa incesantemente, en laboratorios y talleres especiales, del estudio previsor de toda falsificación y muy preferentemente de los adelantos de la fotografía y fotograbado para modificar si fuese preciso la fabricación de los billetes introduciendo elementos nuevos que dificulten la falsificación.

Denominaciones.—Atendiendo á la forma y extensión de las hojas se clasifica el papel de muy diversos modos, recibiendo en cada país multitud de denominaciones.

En el nuestro, y para los papeles destinados á la imprenta se llaman, *folio*, *medio folio*, *cuarto*

y *octavo* etc., indicando los dobleces y páginas de impresión que da cada pliego y que pueden conseguirse en la misma máquina en formas adecuadas que tienen por convenio, igual extensión en todas partes.

El papel de tina llamado de *marca* ó sea del tamaño que tiene ordinariamente el papel sellado ofrece la singularidad de que sus dimensiones están arregladas de manera que la relación del ancho al largo es la de 1 á raíz cuadrada de 2, ó sea que el lado mayor es igual á la diagonal del cuadrado construído sobre el lado menor. Esta figura que es la del rectángulo de mayor resistencia á la flexión que se puede inscribir en un círculo, tiene la propiedad especial de que sus mitades sucesivas son siempre figuras semejantes á la primera.

Las principales denominaciones comerciales del papel atendiendo á sus dimensiones, son las siguientes:

ESPAÑA.	FRANCIA	INGLATERRA.
Esquelas..... 0,23	Cloche..... 0,38	Foolscap... 0,33
Media holandesa. 0,26	Pot..... 0,40	Doble id... 0,66
Holandesa..... 0,26	Telliere..... 0,44	Post..... 0,38
Oficios..... 0,33	Couronne..... 0,48	Large post... 0,54
Folio..... 0,435	Ecu..... 0,52	Doble..... 0,76
Idem prolongado. 0,465	Coquille..... 0,54	Demy..... 0,51
Marquilla..... 0,55	Raisin..... 0,65	Medium..... 0,56
Coquill..... 0,56	Jesús..... 0,72	Royal..... 0,61
Doble marca.... 0,65	Soleil..... 0,80	Super royal.. 0,70
	Colombier.... 0,90	Imperial..... 0,79
	Grand aigle... 1,08	Elefante..... 0,71
	Grand monde. 1,19	Colombier... 0,86
		Atlas..... 0,86
		Doble elefante 1,01
		Antiquarium.. 1,34

× 0,215

× 0,43

× 0,25

× 0,41

× 0,50

× 0,38

× 0,43

× 0,48

× 0,48

× 0,56

× 0,58

× 0,60

× 0,66

× 0,69

× 0,79

Fábricas españolas.

Existen en España unas 320 fábricas de papel, de las que la mitad próximamente son de cartón fino y ordinario, cartulinas diversas, papel de estraza y para embalar; y una quinta parte del total producen papel de fumar. En la inmensa mayoría de estas fábricas se emplea el procedimiento manual.

Las fábricas de cartón, cartulina, estraza y papel de embalar en que se emplea el procedimiento continuo, son en corto número; unas 45.

El papel para escribir é imprimir se elabora en unas 50 fábricas, de las que una mitad emplean máquinas continuas.

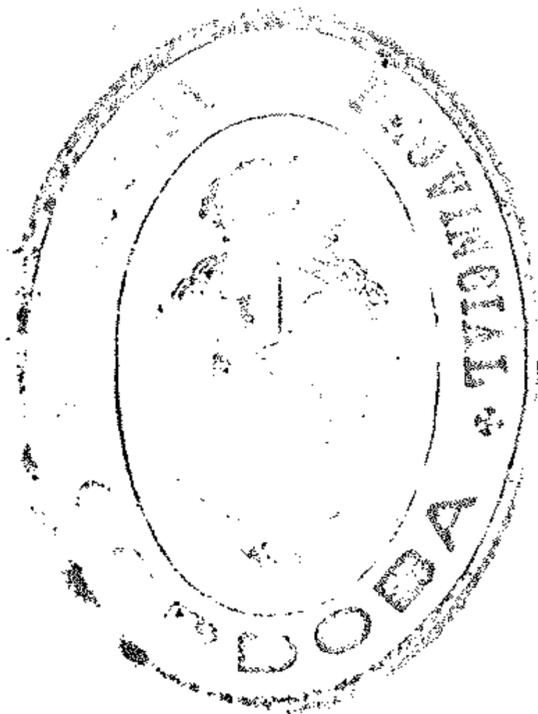
Existen además dos fábricas de pasta para papel, sin fabricar éste, una en la provincia de Albacete y otra en la de Segovia; 25 de papel pintado; 68 talleres para la elaboración de libritos de papel de fumar, la mayor parte en la provincia de Alicante, y 21 fábricas de cortar y pegar sobres para cartas.

La industria papelera tiene gran importancia y desarrollo en Guipúzcoa y Vizcaya, en cuyas provincias hay establecidas numerosas fábricas, de las que citaremos como principales *La Sal-*

vadora, La Guipuzcoana, La Guadalupe, Chara-rama y Laurac-bat, en Tolosa; *La Vasco-belga*, en Rentería, y *La Vizcaína y del Cadagua*, en Vizcaya; esta última en Aranguren, cerca de Bilbao, comprende *La Conchita*, papel continuo, y *La Carolina*, papel de tina.

En el resto de España las más nombradas son las de *Wilhelmi y Lemmé*, en Granada; la de *Fournier*, en Burgos; *La Aragonesa y de Alsina y Compañía*, en Zaragoza, y las de *Roca, Romani, Serra y Las Protectoras*, de Barcelona.

La producción total en España es grande, y puede decirse que hoy día excede al consumo.



ÍNDICE

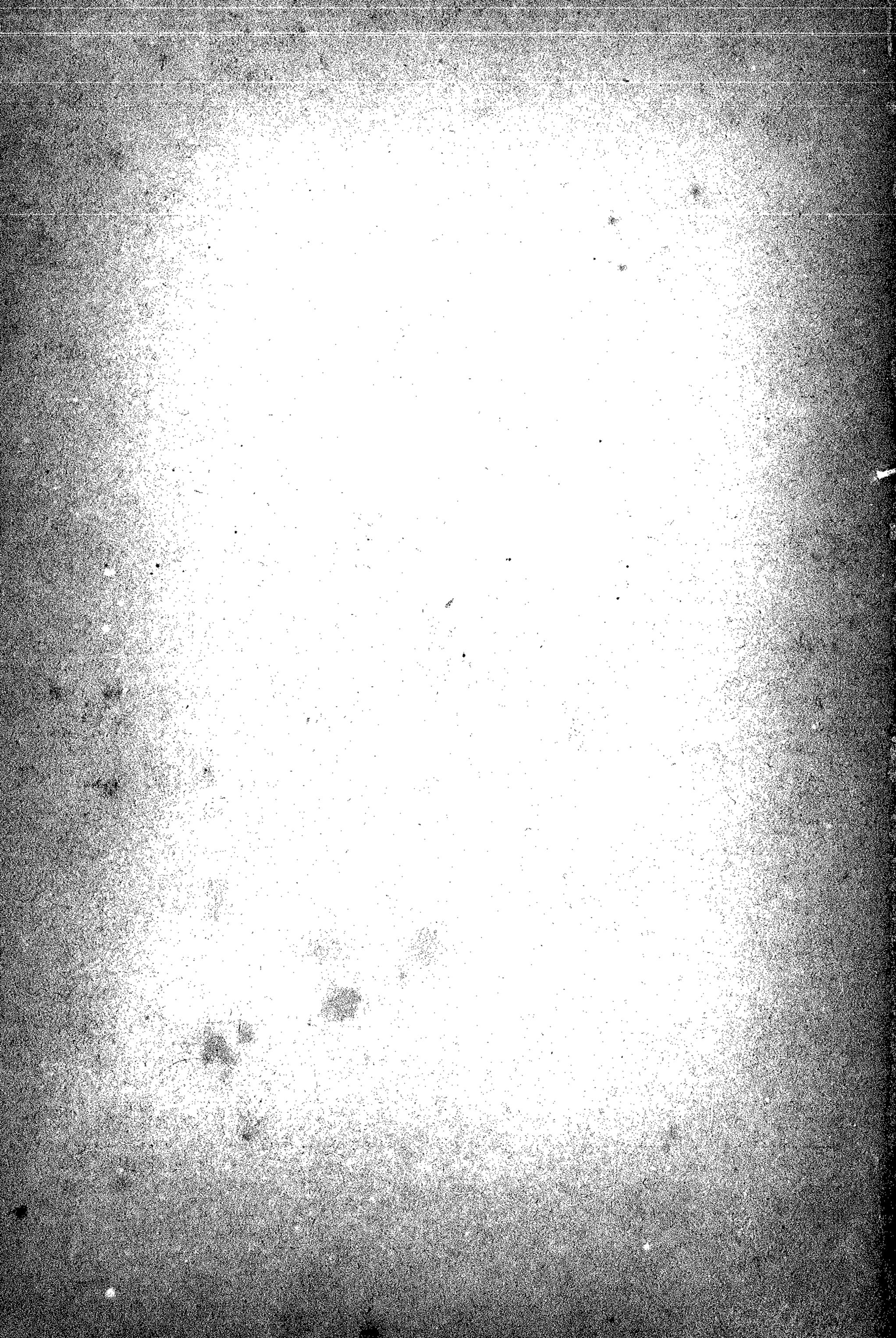
	<u>Páginas.</u>
Su historia.....	5
Generalidades sobre la industria papelera. . . .	13
Papel de trapo.—Su fabricación.....	18
Celulosas procedentes de madera.	44
Idem de paja, yute, esparto, ramio, etc.	51
Comparación de las diversas clases de celu- losa.....	55
Análisis del papel.....	58
Aplicaciones principales.—Denominaciones... .	60
Fábricas españolas.....	67

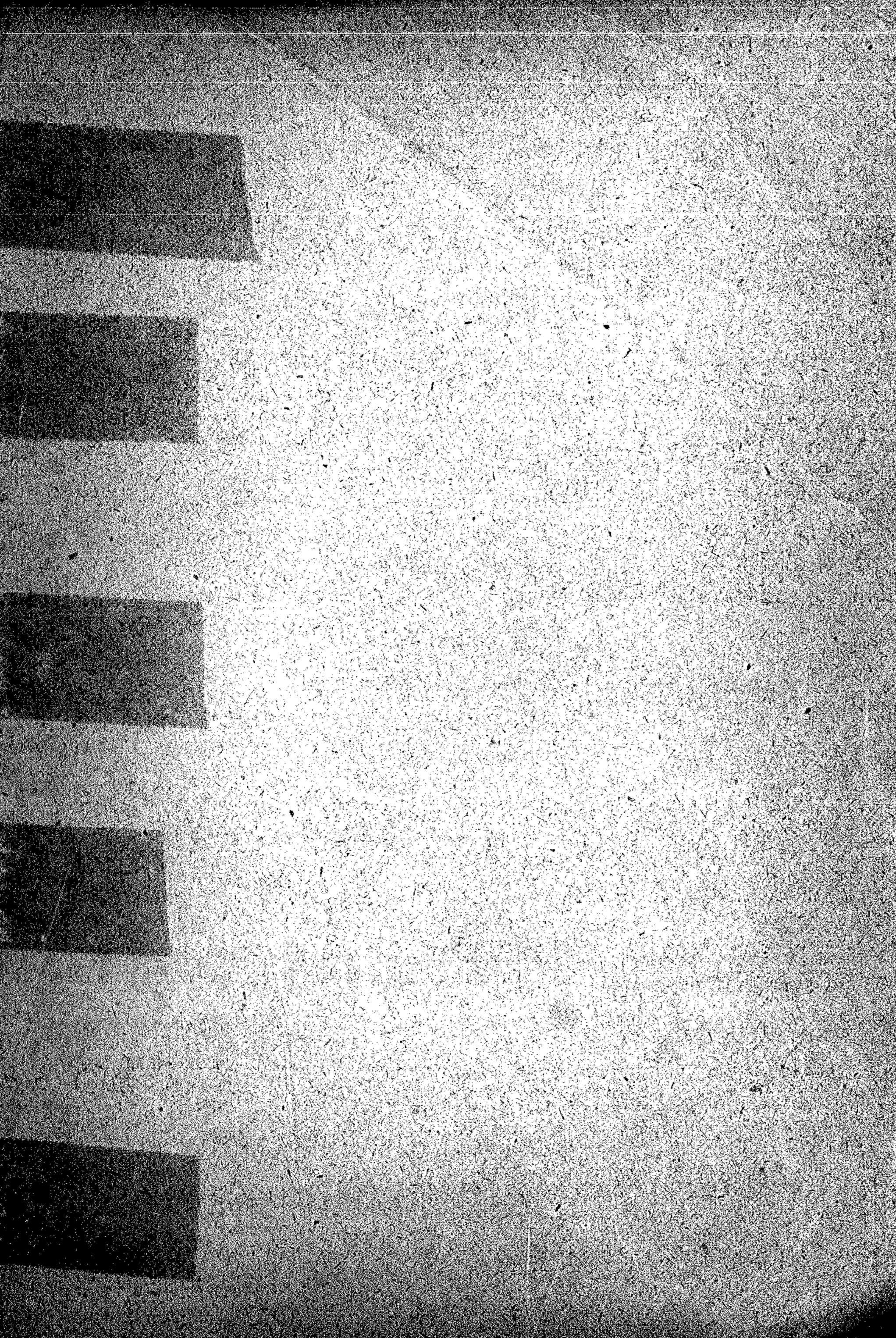
1911

1912

1913
1914
1915
1916
1917
1918
1919
1920
1921
1922
1923
1924
1925
1926
1927
1928
1929
1930
1931
1932
1933
1934
1935
1936
1937
1938
1939
1940
1941
1942
1943
1944
1945
1946
1947
1948
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025
2026
2027
2028
2029
2030
2031
2032
2033
2034
2035
2036
2037
2038
2039
2040
2041
2042
2043
2044
2045
2046
2047
2048
2049
2050
2051
2052
2053
2054
2055
2056
2057
2058
2059
2060
2061
2062
2063
2064
2065
2066
2067
2068
2069
2070
2071
2072
2073
2074
2075
2076
2077
2078
2079
2080
2081
2082
2083
2084
2085
2086
2087
2088
2089
2090
2091
2092
2093
2094
2095
2096
2097
2098
2099
2100

1911





Precio: 2 pesetas.