

UNITED NATIONS  
ECONOMIC COMMISSION FOR LATIN AMERICA  
TECHNICAL ASSISTANCE ADMINISTRATION



LIMITADO  
ST/ECLA/CONF.3/L.5.6  
1 octubre 1954  
ESPAÑOL  
ORIGINAL: INGLES

FOOD AND AGRICULTURE  
ORGANIZATION

JUNTA LATINOAMERICANA DE EXPERTOS  
EN LA INDUSTRIA DE PAPEL Y CELULOSA

Buenos Aires, Argentina  
18 octubre - 2 noviembre, 1954

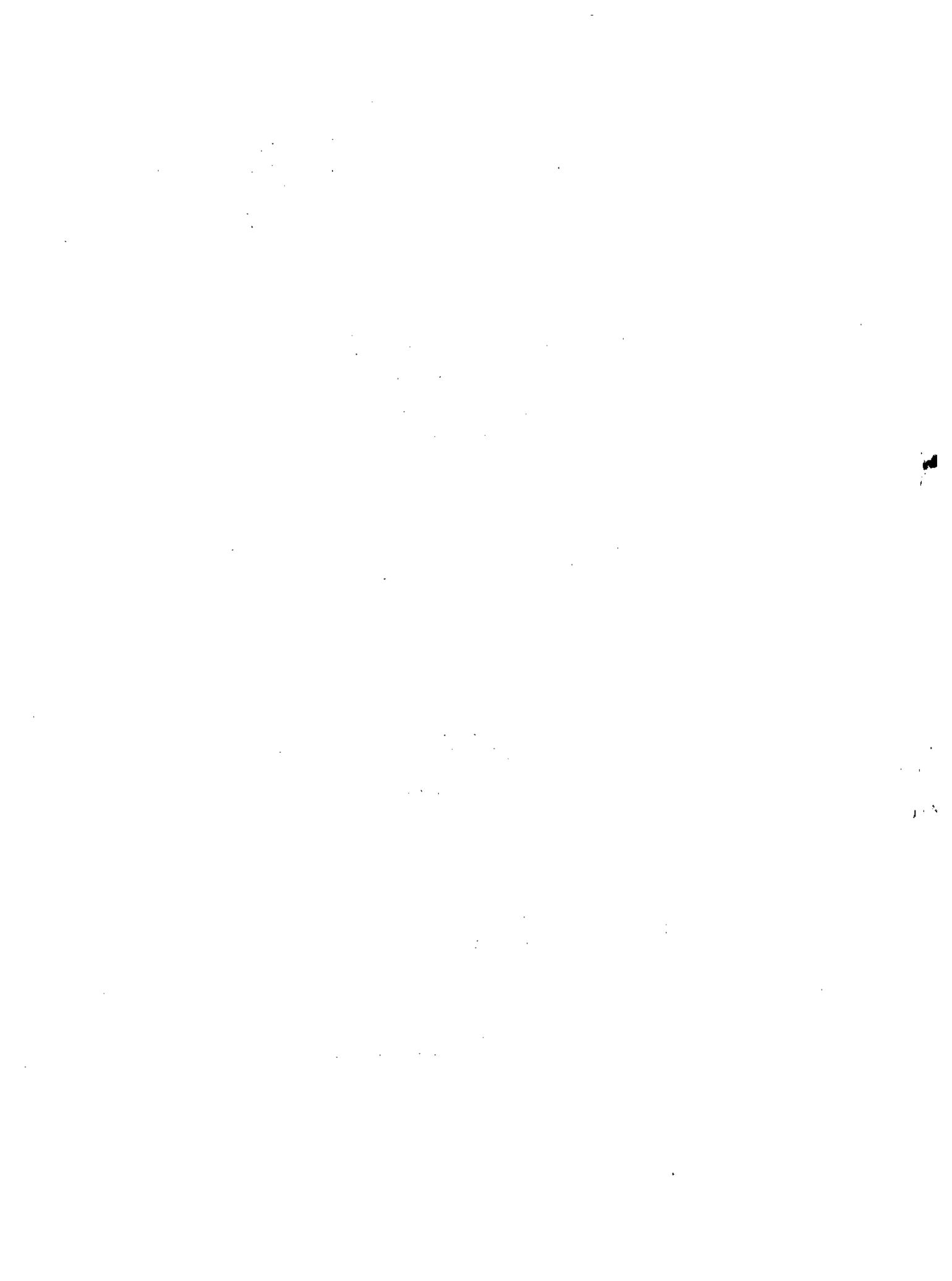
FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SELECCION DE LOS PROCEDIMIENTOS  
Y DEL EQUIPO PARA LA FABRICACION DE CELULOSA A BASE DE BAGAZO

por

Joseph E. Atchison  
Vicepresidente, a cargo de la División de Proyectos  
de Papel y Celulosa, de Parsons and Whittemore Inc.,  
Nueva York (Estados Unidos)

Tema V: ASPECTOS ECONOMICOS DE LA FABRICACION DE PAPEL Y CELULOSA A  
BASE DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR

(Nota: Este documento no ha sido revisado por el autor, y está sujeto  
a modificaciones antes de su impresión definitiva)



FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SELECCION DE LOS  
PROCEDIMIENTOS Y DEL EQUIPO PARA LA FABRICACION DE CELULOSA  
A BASE DE BAGAZO

por Joseph E. Atchison\*

I

INTRODUCCION

En este trabajo se delinearán los procedimientos más importantes para la fabricación de celulosa a base de bagazo, se comenta el trabajo importantísimo de la eliminación de la médula que debe preceder a cualquiera de estos procedimientos, y se esbozan numerosos factores técnicos y económicos que deben tomarse en cuenta para seleccionar el procedimiento adecuado de fabricación. A continuación se señalan algunos de los factores que deben considerarse al seleccionar el tipo y fuente de equipos necesarios, una vez decidido el procedimiento adecuado.

II

NECESIDAD DE REALIZAR UN ESTUDIO TECNICO Y ECONOMICO COMPLETO  
PARA CADA PROYECTO

Para desarrollar cualquier proyecto de aprovechamiento del bagazo en la fabricación de celulosa, es esencial, como primera etapa, llevar a cabo un estudio técnico y económico completo, a cargo de personal competente. La experiencia aportada a un estudio de este tipo por técnicos cuyo conocimiento total de la fabricación de celulosa se haya basado en la madera como materia prima no es apenas útil, pues los problemas relativos a la fabricación de celulosa de bagazo y a la construcción y operación de una fábrica sobre la base de esta materia prima, son completamente distintos de los que presenta la madera. En realidad, una de las principales razones por las cuales han fracasado muchos fabricantes de papel y celulosa a base de bagazo durante el último siglo ha residido tanto en la falta de conocimientos

---

\* Vicepresidente, a cargo de la División de Proyectos de Papel y Celulosa, de Parsons and Whittemore Inc., Nueva York (Estados Unidos).

acerca de la naturaleza misma de la materia prima, como en el intento de aplicarle los mismos métodos que a la madera.

La elección del procedimiento y del equipo y el dictamen sobre la viabilidad del proyecto dependen de la compleja interrelación de muchos factores técnicos y económicos, que sólo pueden abordarse y analizarse en forma adecuada por técnicos muy experimentados.

Un estudio de este tipo no sólo debe ser completo en todos sus aspectos, sino también aplicable específicamente a la localidad exacta en la cual se va a construir la fábrica. Los factores involucrados son tan complejos, que el desarrollo de un proyecto basado en datos y condiciones imperantes en otros países - e incluso en otras fábricas del mismo país - sería completamente irrealizable.

El informe acerca de la investigación en que se analizaron las condiciones debe ser imparcial e indicar con claridad - después de haber tomado en cuenta todos los factores - qué tipo de procedimiento y equipo cuadra mejor con la situación. Además, debe aportar buenas razones para esta elección y señalar con precisión las perspectivas económicas de la planta y las posibilidades de emprender un trabajo remunerativo sobre la base de la competencia. En ningún caso debe recomendar la construcción de una fábrica cuando exista la más pequeña duda de que pueda trabajar con rendimientos económicos en un futuro a largo plazo.

### III

#### LA IMPORTANCIA DEL DESMEDULADO DEL BAGAZO ANTES DE SU FABRICACION

El desmedulado del bagazo antes de su conversión en celulosa ha sido motivo de controversia desde la primera vez que se consideró la posibilidad de utilizar esta materia prima en la fabricación. Tanto este problema, como los distintos métodos para desmedular el bagazo, serán abordados en otros estudios, especialmente por el Dr. E.C. Lathrop,<sup>1/</sup> que ha realizado un trabajo de extraordinaria importancia en todo el campo del aprovechamiento de los residuos agrícolas para la fabricación de celulosa y ha ideado muchos procedimientos para separar la médula de la fibra del bagazo.

---

<sup>1/</sup> Véase ST/ECLA/CONF.3/L.5.2

No obstante, el autor quisiera dejar constancia de que es partidario acérrimo de la eliminación de la médula o bagacillo antes de elaborar la fibra del bagazo, y la considera requisito absoluto para producir económicamente un producto de alta calidad, que puede competir con productos similares fabricados a base de madera.

La bibliografía sobre la separación de la médula podría agruparse en tres escuelas ideológicas. La teoría de un grupo de técnicos consiste en el empleo del bagazo entero sin eliminar la médula, obteniendo así un alto rendimiento de producto aprovechable y pasando por alto - hasta cierto punto - la calidad del producto y la enorme dificultad que resulta para el trabajo de las fábricas de papel cuando se deja la médula en la pasta. Este grupo comprende principalmente - aunque no con carácter exclusivo - a los técnicos que han adquirido la mayor parte de su experiencia en la fabricación de celulosa a base de madera. Después de varios años de trabajar con el bagazo y experimentar muchas dificultades, han llegado en muchos casos a la conclusión de que es finalmente necesario eliminar la médula, lo que ha motivado un cambio de opinión. Sin embargo, en numerosos casos y durante varios años se han construido fábricas sobre esta base, que casi siempre han fracasado, por la costumbre de llegar a conclusiones definitivas antes de haber realizado suficientes trabajos preliminares.

El autor desearía destacar aquí que si los nuevos investigadores, dentro del campo de la fabricación de celulosa a base del bagazo, se guiaran por uno de los principios cardinales de las actividades de investigación y desarrollo - es decir, el examen completo de la bibliografía sobre todo el trabajo realizado en el pasado - no incurrirían en este error y no desperdiciarían tiempo y dinero. La bibliografía de los últimos 50 años está repleta de noticias sobre las actividades relacionadas con el bagazo y proporciona una extraordinaria base de conocimientos que indican claramente la necesidad de desmedularlo antes de tratar de aprovechar su fibra para la celulosa.

La segunda escuela ideológica reconoce las dificultades para trabajar con la médula, pero se propone eliminarla en la lejiación o bien cocer las pastas en tal forma que se cambie la naturaleza de la médula y pueda aprovecharse como relleno del producto final. Estos procedimientos son generalmente complicados e involucran por lo menos dos etapas de preparación,

/lo cual,

lo cual, por supuesto, eleva en forma considerable el costo y hace que estos procedimientos sean de dudoso valor económico. Además, a pesar de que los técnicos de estos dos grupos aseveran que la médula subsiste a través de este procedimiento y que es aprovechable en el producto final, una gran proporción de ella se pierde en realidad en la preparación de la pasta, en el lavado, en el refinado y en todos los procedimientos subsiguientes que se desarrollan en la planta papelera. Cuando se deja la médula en el bagazo, una gran proporción se disuelve siempre en la lejiación por su mayor superficie de contacto y su más alta capacidad de absorción de las sustancias químicas en comparación con las fibras. A continuación, cuando se elimina la lejía de pasta por el lavado, si éste se realiza bien, se pierde una cantidad adicional de médula con la lejía negra.

Cuando se pasa la pasta por las bombas, a través de los separa-nudos, por los separadores centrífugos, los depuradores, los condensadores y las tinas de almacenamiento de pasta en las cuales se agita, en cada paso se produce un roce mecánico entre las fibras. A continuación, cuando se desmenuza la pasta en la fábrica papelera, se somete de nuevo a violenta agitación, se bombea en forma semilíquida a través de los refinadores y entra en otras tinas donde se agita nuevamente. Inevitablemente, las fibras pierden más médula, que entra al agua en suspensión y gran parte se elimina del procedimiento y se pierde por completo. Aparte de estos inconvenientes, la médula que queda causa otros en el trabajo de la fábrica papelera, que es necesario prevenir con constantes medidas. Hay que agregar tierra diatomácea y otros rellenos de alta capacidad de absorción para evitar que la médula obstruya la tela, se pegue a las prensas, atasque los fieltros e impida en otras formas el trabajo de la máquina papelera.

Por lo tanto, el autor opina que los técnicos que sostienen estas dos posiciones en muchos casos se engañan a sí mismos. A pesar de sus esfuerzos obtienen sólo bajos rendimientos de papel y se ven forzados a soportar muchos de los inconvenientes inherentes a la fabricación de celulosa a base de bagazo sin desmedular.

El tercer grupo de técnicos - con el cual concuerda el autor sin reservas - aboga por la eliminación total de la médula por medios mecánicos antes de proceder al trabajo de fabricación de celulosa. Además sostienen que, después de esta separación, tanto la médula como la fibra se traten en

/forma separada

forma separada y se aprovechen con fines específicamente apropiados para cada una.

Este grupo ha comprobado que, por la naturaleza y condiciones de la médula y de las materias extrañas que la acompañan en el bagazo en su estado original al salir del ingenio, este componente es perjudicial desde todo punto de vista para la fabricación de una pasta de alta calidad.

Si se deja la médula en el bagazo durante la lejiación o cocción, es natural que, debido a su estructura física completamente distinta a la de la fibra, sea atacada por las sustancias químicas en forma diferente. Los reactivos actúan en realidad con mucha mayor facilidad sobre la sustancia medular que sobre la fibra; por lo tanto, su cocción consume mucha mayor cantidad de reactivos y rinde muy poca pasta química.

Además, como la médula contiene alta proporción de azúcares residuales y otras sustancias hidrosolubles que quedan en el bagazo, estas materias también reaccionan con las sustancias químicas y aumentan considerablemente el consumo químico. Una gran proporción de la médula se disuelve durante la lejiación y se produce, por lo tanto, un bajo rendimiento sobre el bagazo total con que se carga la lejiadora. Es más, cuando el bagazo con médula se somete a tratamiento con lejías fuertes, tanto una parte de la médula, como las materias extrañas que absorbe, tienden a hincharse y a ponerse gelatinosas, creando serios problemas para la conversión de la pasta en papel u otros productos similares. Esta materia gelatinosa propende a obstruir la tela de la máquina papelera, disminuye excesivamente la rapidez de escurrimiento de la pasta en la máquina papelera, se pega a los rollos de la prensa, retarda el funcionamiento de los fieltros, disminuye la rapidez del secado del papel, lo pone quebradizo, reduce en alto grado sus resistencias, produce manchas sucias y brillosas en el papel y en los productos que se fabrican de él y, en general, produce una pasta inadecuada para su conversión en productos de alta calidad.

Además, la médula, por el polvo y tierra coloidal que lleva incrustados, contiene un alto tenor de las cenizas del bagazo. Por lo tanto, cuando se trata de blanquear la pasta de bagazo sin separar la médula antes de la lejiación, se requiere una cantidad excesiva de líquido de blanqueo, a pesar de la cual es casi imposible obtener un alto grado de blancura sin manchas de suciedad.

/No hay

No hay duda, por ello, que para producir una celulosa de alta calidad a partir de la fibra de bagazo, es necesario eliminar la médula antes de la lejiación. Sin embargo, si se elimina y descarta la médula, el rendimiento obtenido de la pasta del bagazo es a veces demasiado bajo para lograr una operación económica. En los últimos 50 años muchos investigadores han sido partidarios de separar de la médula los elementos fibrosos del bagazo, pero sólo algunos han tratado de iniciar un procedimiento de esta especie en el campo comercial, pues no se aprovechaba económicamente la médula. En consecuencia, muchas plantas no han podido fabricar un papel comercial a base de bagazo, porque trataban de obtener altos rendimientos dejando las células medulares con las fibras a través de todo el proceso de lejiación, blanqueo y fabricación de papel, lo cual no sólo redundó en operaciones ineficientes y costosas en cada etapa del procedimiento, sino que también dió como resultado un producto final de inferior calidad, no aceptable en el mercado.

Sin embargo, como resultado de los intensos esfuerzos realizados en los últimos años, se han ideado ahora excelentes métodos para eliminar la médula de la fibra del bagazo, encontrándose usos para la médula muy ventajosos económicamente. Por lo tanto, no deberá tropezarse con este inconveniente en la construcción de futuras plantas de celulosa a base de bagazo, siempre que los otros factores sean favorables.

Deben mencionarse dos importantes trabajos en este campo, que indican claramente la necesidad de eliminar la médula de la fibra. Uno de ellos es el realizado por el Dr. Arthur G. Keller, tecnólogo especialista en ingenios azucareros, mundialmente conocido, que tanto ha contribuido a estos trabajos en la escuela Audubon para estudios azucareros de la Universidad del Estado de Louisiana. En esta escuela, los alumnos de ingeniería química del Dr. Keller están a cargo de un ingenio azucarero experimental muy moderno que cumple funciones como laboratorio en escala comercial para toda la industria azucarera del Estado de Louisiana; en ella se ha estudiado este problema durante muchos años y se han desarrollado métodos en seco y en húmedo para la eliminación de la médula, cada uno de los cuales se puede aplicar de acuerdo con el destino final que quiera darse a la médula y a la fibra.

Parte del trabajo realizado por el Dr. Keller en 1948 consistió en estudiar el fraccionamiento de la médula del bagazo de Louisiana en seco y por medio de cribas con distintos tamaños de malla. Son bastante reveladores los resultados que se anotan en el cuadro 1.

Cuadro 1

RESULTADOS DEL FRACCIONAMIENTO DE LA MEDULA. TRABAJO REALIZADO  
 POR EL DR. ARTHUR G. KELLER DE LA LOUISIANA  
 STATE UNIVERSITY EN 1948

---

Muestra 1 - 11/4/48		
<u>Fracción retenida</u>	<u>Porcentaje de médula total</u>	<u>Porcentaje de contenido de cenizas</u>
En el recipiente final	8,5	35,22
En criba de malla 80	6,5	21,39
En criba de malla 60	74,0	13,00
En criba de malla 20	10,5	7,69
En criba de malla 14	<u>Ninguno</u>	--
Total	99,5	
Muestra 2 - 11/5/48		
En el recipiente final	8,0	34,88
En criba de malla 80	4,5	22,90
En criba de malla 60	74,5	11,40
En criba de malla 20	12,5	8,01
En criba de malla 14	<u>Ninguno</u>	--
Total	99,5	
Muestra 3 - 11/9/48		
En el recipiente final	16,0	39,20
En criba de malla 80	9,0	22,80
En criba de malla 60	69,0	9,90
En criba de malla 20	5,0	6,88
En criba de malla 14	<u>Ninguno</u>	
Total	99,0	

---

/Estos resultados

Estos resultados indican de manera concluyente que, cuando se trata de usar el bagazo sin desmedular para la fabricación de celulosa, una de las dificultades reside en su alto tenor de cenizas, que varía del 7 hasta casi el 40 por ciento. Por lo tanto, es evidente que surgirán graves inconvenientes, sobre todo en el blanqueado de una pasta con médula. Estos resultados indican también que las partículas más finas de la médula contienen la mayor proporción de tierras coloidales adheridas y otras materias extrañas, y que, para algunos tipos de papel, bastaría con una eliminación parcial de la médula, lo cual, comprobado en la práctica comercial, ha motivado el desarrollo de procedimientos técnicos para realizar esta eliminación parcial.

La Taiwan Pulp and Paper Corporation en Formosa ha realizado otro importante trabajo en este sentido. La planta de celulosa al bagazo que mantiene esta compañía, inaugurada en 1939, fué una de las primeras que funcionó con éxito. Actualmente es la planta de celulosa a base de bagazo más grande del mundo, con una capacidad de producción cercana a las 100 toneladas diarias de pasta.

En los trabajos realizados para determinar los efectos que se producen al incluir diversas proporciones de médula en el bagazo utilizado en la planta de celulosa, se lograron resultados interesantes y reveladores, que se recogen gráficamente en la Figura 1.

Lo anterior comprueba de nuevo y de manera absoluta las desventajas que representa dejar la médula en el bagazo si se desea fabricar económicamente productos de alta calidad. El porcentaje de médula eliminada aparece como del 0 al 30 por ciento. Estas cifras se basan en el contenido total de médula, el cual constituye aproximadamente un 30 por ciento del bagazo original. Por lo tanto, la eliminación del 30 por ciento equivale a la eliminación total de la médula; un 10 por ciento, a un tercio de la médula, y un 20 por ciento, a dos tercios del total de médula.

Es evidente que la resistencia de la pasta aumenta a medida que se elimina la médula antes de lejar y que se produce un rápido aumento de la resistencia al eliminarle el último 50 por ciento, lo cual entraña suma importancia para la producción de papeles fuertes e implica que la eliminación de la médula es necesaria, o por lo menos deseable, para la fabricación de estos tipos.

En cuanto al rendimiento de pasta después de depurada, se alcanza un nivel de 50 por ciento después de eliminar alrededor de la mitad de la médula y el rendimiento aumenta sólo ligeramente al eliminarse mayor cantidad de médula. Sin embargo, esta cifra demuestra que, cuando se utiliza el bagazo entero, se obtiene sólo un rendimiento del 37 por ciento contra un 50 por ciento al eliminarse parcial o totalmente la médula. En esta forma la eliminación de gran cantidad de médula antes de la cocción no altera el rendimiento final, cuando éste se calcula sobre la base del peso del bagazo original.

Los resultados del blanqueo revisten particular importancia, pues demuestran que, cuando se utiliza el bagazo entero, el consumo del agente blanqueador es exorbitante, hasta llegar a un 30 por ciento de cloro sobre el peso de la pasta. Los consumo del agente disminuyen rápidamente con la eliminación de la médula, hasta llegar a sólo un 5 por ciento de cloro cuando ésta se separa en su totalidad.

Por lo tanto, los descubrimientos de los investigadores de todo el mundo confirman la tesis de los partidarios de la eliminación de la médula antes de la cocción. He dado tanta importancia a esta idea porque creo que es una de las claves del aprovechamiento eficiente del bagazo como materia prima celulósica y, en consecuencia, desempeña un papel preponderante en la elección de procedimientos y equipos para la fabricación de celulosa a base del bagazo.

#### IV

##### LOS METODOS COMUNES DE FABRICACION DE CELULOSA DE MADERA NO SON APLICABLES AL BAGAZO, SIN MODIFICACIONES

Al escoger un procedimiento y el equipo para una planta de celulosa a base del bagazo, debe tenerse en cuenta que los métodos de fabricación utilizados con la madera no pueden aplicarse al bagazo sin efectuar considerables modificaciones. Una de las causas de este fenómeno ya se ha descrito detalladamente en la sección anterior, referente al desmedulado. Hay también otras razones de importancia.

En primer lugar, el bagazo es muy voluminoso en comparación con la estructura compacta de la madera. Por lo tanto, si se usan digestores

/comunes, la

comunes, la capacidad por unidad resultará relativamente pequeña, lo que obligará a aumentar su número para obtener la producción de pasta deseada. Además, deben escogerse métodos apropiados para cargar bien el digestor, de manera que se obtenga un máximo de fibra de bagazo por metro cúbico de equipo. El peso de la fibra de bagazo por metro cúbico de capacidad del digestor fluctúa considerablemente según el método empleado para preparar la fibra de bagazo antes de introducirla en el digestor y según el método de cargarlo.

Por la alta absorción del bagazo, en general son poco prácticos los digestores con sistemas de circulación de líquido. Por lo común, la relación de la lejía y la madera es de 4,5 a 1 o 5 a 1; para obtener una buena circulación de la lejía con el bagazo deben utilizarse relaciones de 10 a 1 o de 12 a 1 (es decir, peso del líquido en relación con el peso del bagazo seco) con el fin de lograr la transferencia calorífica que se requiere para obtener una cocción uniforme. Esto resulta en altos consumos de vapor para calentar el líquido adicional e incluso en este caso la naturaleza de las fibras favorece la formación de canales a través del bagazo, de lo que resulta una cocción dispereja. Los digestores estacionarios verticales que se usan corrientemente en las modernas plantas celulósicas a base de madera son completamente inadecuados para lejiar el bagazo. En su lugar son adecuados los digestores del tipo giratorio, si se emplea el sistema de lejiar a presión, sean del tipo esférico o del tipo de volteo vertical. Este último tiene la ventaja de permitir la descarga del digestor sin reducir la presión a cero, operación que consume mucho tiempo. Por medio de la acción giratoria, se mezclan completamente el bagazo, el vapor y la lejía, de manera que se produce buena transferencia calórica y la cocción resulta uniforme aun con relaciones de lejía de 4,5 a 1 o 5 a 1.

La concentración química de cocción es otro factor importante, que varía considerablemente según se trate del bagazo o de la madera. El tratamiento que se da a la madera resulta demasiado drástico aplicado al bagazo. Es necesario al lejiar la madera por la estructura compacta de ésta y la dificultad de penetrar bien en el interior de las células. Por otra parte, por su presentación más disgregada, las fibras de bagazo son mucho más sensibles a la acción química y requieren por lo tanto una concentración mucho menor. En realidad, las condiciones que normalmente se emplean en la madera

/determinan graves

determinan graves perjuicios para la celulosa cuando se aplican al bagazo.

Además de la diferencia de estructura física que separa al bagazo de la madera, las proporciones de los distintos componentes químicos varían en forma considerable de un material a otro. Tanto las maderas como el bagazo contienen aproximadamente la misma cantidad de holocelulosa o fracción total de hidratos de carbono; pero las maderas contienen en general mayor cantidad de celulosa alfa, mientras que el bagazo contiene proporción mayor de hemicelulosa. Por lo tanto, para que el fabricante de papel y celulosa se interese por el empleo del bagazo, y para que éste pueda competir con la madera, es necesario fabricar las pastas de tal manera que retengan una gran proporción de la hemicelulosa, logrando mayores rendimientos que los que se obtienen al aplicar al bagazo las técnicas normales de conversión de madera en celulosa.

Estos hechos vuelven a indicar que es necesario aprovechar los servicios de las empresas que ya tienen experiencia en este campo especial antes de proyectar nuevas fábricas de celulosa al bagazo.

Todos los factores indicados se tomaron en cuenta al escoger los procedimientos más importantes que se señalan en el capítulo siguiente de este estudio para ser aplicados al bagazo.

## V

### RESEÑA DE LOS PROCEDIMIENTOS ACTUALES MÁS IMPORTANTES PARA LA FABRICACION DE CELULOSA A BASE DE BAGAZO

#### Generalidades

En los últimos cien años diversos investigadores han aplicado casi todos los procedimientos imaginables para la fabricación experimental de papel y celulosa a base de bagazo. Desde el punto de vista técnico, se ha comprobado que los procedimientos a la soda, al sulfato y al monosulfito - o cualquier variación de ellos - son adecuados para producir una buena pasta y que, mediante un procedimiento corriente de blanqueo en tres etapas, se puede producir una buena celulosa blanqueada.

Como se ha producido con éxito la celulosa a base de pajas en muchos países del mundo, deberán considerarse cuidadosamente los procedimientos comerciales que se han utilizado para el aprovechamiento de la paja antes

/de elegir

de elegir un procedimiento para lejiar el bagazo. Una vez desmedulado éste, la fibra limpia es una materia prima que puede tratarse en forma bastante similar a la paja y, en muchos aspectos, es muy superior a ella para la manufactura de productos celulósicos y papeleros de alta calidad.

Al parecer, los procedimientos ácidos de lejiación son los únicos, entre los corrientes, que no pueden adaptarse al tratamiento de la paja ni del bagazo. Las celulosas fabricadas por procedimientos ácidos dan como resultado papeles y cartones poco resistentes y quebradizos. Es cierto que el procedimiento en dos etapas - por ejemplo, al ácido nítrico - y los que involucran un procedimiento previo de hidrólisis seguido por una cocción en baño alcalino, han permitido obtener buenas celulosas del bagazo, pero invariablemente los rendimientos son bajos y los costos más altos que cuando se utiliza un procedimiento de etapa única. Por lo tanto su valor práctico es muy dudoso y, en definitiva, su valor económico podría calificarse actualmente de desfavorable para la producción de celulosa papelerera.

Los procedimientos alcalinos y los procedimientos al monosulfito, así como sus diversas modificaciones, se aplican en varias partes del mundo y permiten producir celulosas de buena calidad a base de pajas y de bagazo. Cuando se emplean estos procedimientos en su forma corriente, con digestores giratorios a presión, se comprueba que los procedimientos alcalinos dan pastas algo más resistentes, en tanto que el procedimiento al monosulfito da una pasta menos resistente pero de mayor rendimiento y de un color algo más claro antes del blanqueo. Por lo tanto, el procedimiento ideal sería el que combinara los altos rendimientos y las altas resistencias de pasta, uniendo así las ventajas de los procedimientos alcalinos corrientes y del procedimiento al monosulfito neutro.

De los resultados obtenidos con los procedimientos más modernos, se desprende que las investigaciones están muy bien encaminadas para el logro de este sistema ideal.

No se tratará en este estudio de describir todos los procedimientos y modificaciones utilizados en el pasado para lejiar el bagazo. Sin embargo, a la luz de los factores involucrados y teniendo en cuenta todos los procedimientos que han sido utilizados ventajosamente en la práctica industrial, se procederá a reseñar los procedimientos más importantes que, al parecer, son:

/el procedimiento

el procedimiento a la soda corriente, con digestores a presión; el procedimiento al sulfato o kraft, ya sea el corriente o modificado, con digestores a presión; el procedimiento al monosulfito neutro con digestores a presión; el procedimiento continuo a la soda o procedimiento Celdecor, y el nuevo procedimiento mecano-químico o Feoria, en el que se utiliza un método - sea a la soda o al sulfato - para lejiar el bagazo. Tanto el procedimiento Celdecor como el mecano-químico se realizan a presión atmosférica, pero son completamente distintos, como lo son también las características de la celulosa fabricada.

Además debe señalarse que los procedimientos de lejiación a presión, a la soda o al sulfato, también pueden realizarse en digestores continuos, algunos de los cuales se han aplicado con cierto éxito para la lejiación de la madera, especialmente para las pastas semi-químicas. Estos métodos continuos de lejiación a presión para la elaboración del bagazo no se han incluido en el presente estudio, porque todavía no se usan ampliamente en el comercio para este fin.

Los cinco procedimientos de uso corriente que hemos mencionado serán descritos, sin duda, con mayores detalles en otros estudios presentados a esta Junta. No obstante, en las páginas siguientes se describirán estos métodos a grandes rasgos para establecer comparaciones.

#### 1. El procedimiento a la soda usando digestores a presión

En muchas partes del mundo se utiliza el procedimiento corriente a la soda con digestores esféricos giratorios o del tipo de volteo, ambos a presión, usando como materia prima los residuos agrícolas. El consumo de sustancias químicas de este procedimiento depende en gran parte de la existencia de un sistema de recuperación. Cuando se utiliza un sistema de recuperación, la concentración química puede elevarse al 24 por ciento sobre el peso en seco del bagazo que se cuece. Con esta alta concentración de materias químicas, puede obtenerse una cocción de corta duración y a presiones relativamente bajas. Como se recupera un 80 a 90 por ciento de las sustancias químicas, su costo sigue siendo bajo. Por otra parte, cuando no se utiliza un sistema de recuperación de sustancias químicas, se trata siempre de usar una concentración muy baja de reactivos (más o menos de 14 a 16 por ciento para producir pastas blanqueables), con el fin de mantener

/los costos

los costos a un nivel bajo.

Cuando se cuece el bagazo desmedulado por el procedimiento corriente a la soda, el máximo rendimiento que puede esperarse oscila entre el 53 y el 55 por ciento de pasta sin blanquear, o sea un rendimiento general de 48 a 50 por ciento de pasta blanqueada, que podría obtenerse al cocer durante 2 horas a una temperatura máxima de 170° C, utilizando más o menos un 15 por ciento de soda cáustica sobre el peso en seco del bagazo desmedulado.

Cuando se prepara una pasta de altos rendimientos, como la gruesa para cartones por el procedimiento a la soda, el consumo químico es del 7 al 9 por ciento de soda cáustica bajo las mismas condiciones de cocción. En este caso se produce una pasta de muy buena calidad para cartones acanalados y otros tipos ordinarios, o para pasta de relleno, con rendimientos del 70 al 75 por ciento.

La principal desventaja del procedimiento corriente a la soda, así como de los otros procedimientos corrientes de lejiación bajo presión, reside en la alta inversión inicial necesaria para los digestores a presión y el equipo auxiliar de lejiación, como consecuencia, en parte, del excesivo volumen del bagazo, que requiere una alta capacidad lejiadora por tonelada de pasta producida. Además, el rendimiento es bastante bajo, y prolongado el ciclo general de cocción. Entonces, por el escaso rendimiento, los costos químicos por tonelada son comparativamente altos, a menos de emplear un sistema de recuperación de reactivos. Si se utiliza dicho sistema, sube naturalmente el costo inicial de inversión a un valor que podría no justificarse en las plantas pequeñas.

Durante los últimos años muchas fábricas han modificado el procedimiento corriente a la soda añadiéndole pequeñas cantidades de azufre o sulfuro de sodio. De esta manera obtienen las ventajas del procedimiento al sulfato, que se describe a continuación. Como consecuencia de estas modificaciones, ambos procedimientos se han hecho bastante parecidos.

## 2. El procedimiento kraft o al sulfato con digestores a presión

El procedimiento kraft o al sulfato se ha destacado en los últimos treinta años, hasta el punto de desplazar casi por completo al procedimiento a la soda para la fabricación de pastas alcalinas a base de maderas de coníferas. También ha hecho grandes progresos su aplicación a la lejiación de maderas duras, con digestores a presión corrientes. Los detalles de fabricación

/son similares

son similares a los del procedimiento a la soda, con la excepción de que la pérdida de soda en el sistema de recuperación se compensa por la adición de sulfato de sodio en vez de carbonato de sodio o soda cáustica. La lejía al sulfato contiene soda cáustica y sulfuro de sodio. La presencia de este último se traduce en una acción más suave que rinde cantidades algo superiores de pasta, más fácilmente blanqueable que la preparada por el procedimiento a la soda.

El procedimiento corriente al sulfato tiene más o menos los mismos inconvenientes que el común a la soda. La inversión inicial es alta y en este caso es absolutamente indispensable instalar un sistema de recuperación, para reducir el sulfato de sodio o carbonato de sodio, a sulfuro de sodio. En el procedimiento normal al sulfato el horno de recuperación sirve como horno de reducción y la composición del sulfato se reduce a sulfuro de sodio en la atmósfera reductora de este horno.

El procedimiento corriente al sulfato tiene además la gran desventaja de que se desprende un olor muy penetrante, desagradable y persistente, originado por el contenido de azufre orgánico que se forma en la reacción a alta presión.

Cuando se utiliza este procedimiento para la producción de pastas blanqueables de bagazo desmedulado, el consumo químico alcanza a un 14 a 16 por ciento de las sustancias químicas totales (hidróxido de sodio más sulfuro de sodio) sobre el peso en seco del bagazo desmedulado. Cuando se usa esta concentración, es suficiente una cocción de 2 horas a 170° C para producir una pasta de alta calidad y blanqueable. El rendimiento sin blanquear fluctúa entre 53 y 55 por ciento y el rendimiento blanqueado entre 48 y 50 por ciento del peso del bagazo desmedulado. La necesidad de cloro en el blanqueo es del 8 al 9 por ciento sobre el peso en seco de la pasta blanqueada.

Para la manufactura de pastas gruesas, adecuadas para cartones, el consumo total de sustancias químicas sería aproximadamente de 7 a 9 por ciento sobre el peso en seco del bagazo desmedulado, y el rendimiento resultante alrededor del 75 por ciento.

A pesar de las desventajas mencionadas, este procedimiento se ha utilizado con mucho éxito para la producción de pastas de alta calidad a base de residuos agrícolas. En las fábricas comunes de celulosa a base de maderas de coníferas, generalmente se agrega un 33.1/3 por ciento de sulfuro de sodio

a las materias químicas totales. Por otra parte, cuando se elaboran los residuos agrícolas, muchos investigadores han descubierto que es ventajosa una relación de sulfuro del 12 al 15 por ciento.

Otra modificación, por supuesto, consiste en el nuevo procedimiento mecano-químico, en el que se utilizan las mismas concentraciones químicas indicadas, pero con resultados más altos en rendimientos. Es oportuno señalar aquí que el procedimiento mecano-químico ofrece bastantes ventajas, si se emplea el procedimiento a la soda o al sulfato en cualquiera de sus formas, utilizando, en vez de digestores a presión, los desmenuzadores hidromecánicos "Hydrapulpers", que se describen a continuación.

### 3. El procedimiento al monosulfito o al sulfito neutro

El procedimiento al monosulfito de sodio o al sulfito neutro ha encontrado amplia aceptación en los Estados Unidos para la manufactura de pastas semi-químicas a base de maderas duras. También se ha utilizado en gran escala en Italia y Alemania, y actualmente se ha adoptado en Formosa para la manufactura de pastas de bagazo. El principal agente lejiador es el sulfito de sodio, con el que se utilizan como tampón el carbonato de sodio, el bicarbonato de sodio o la soda cáustica durante la cocción. Como el sulfito de sodio es un lejiador suave, es necesario utilizar una presión relativamente alta (unos 7 kilogramos por centímetro cuadrado).

Desde un punto de vista exclusivamente técnico, el procedimiento al monosulfito podría calificarse como el más aconsejable de todos los procedimientos comunes que utilizan digestores a presión para la producción de pastas a base de residuos agrícolas, incluso el bagazo. Sin embargo, cuando se consideran los factores económicos - especialmente el costo de las sustancias químicas - puede resultar que este procedimiento sea por completo inaplicable en ciertas zonas. Como dijimos anteriormente, todos los factores, tanto los técnicos como los económicos, deben considerarse cuidadosamente al seleccionar el procedimiento adecuado para una planta específica.

La celulosa sin blanquear que se fabrica según este procedimiento, con rendimientos de 55 a 58 por ciento sobre el peso en seco del bagazo desmedulado, no es tan resistente como la fabricada por el procedimiento corriente a la soda o al sulfato. Sin embargo, los rendimientos son mucho más altos y la pasta es un poco más blanca que la manufacturada por los procedimientos alcalinos. Es por lo tanto más apropiado para la fabricación de pastas sin

/blanquear de

blanquear de color claro, en las cuales revisten tanta importancia las características de resistencia. Para obtener pastas blanqueadas o sin blanquear de alta resistencia son preferibles los procedimientos alcalinos al del monosulfito.

Las condiciones más favorables de cocción con este procedimiento se realizan con 12 a 14 por ciento de monosulfito de sodio y 3 a 4 por ciento de carbonato de sodio sobre el peso en seco del bagazo desmedulado. Con esta concentración, se produce una pasta de alto rendimiento y fácilmente blanqueable con 2 horas de cocción a 170° C.

Cuando se utiliza este procedimiento para fabricar una pasta ordinaria para cartones, las necesidades químicas totales ascienden a cerca de 6 a 8 por ciento de sulfito de sodio y más o menos a un 3 por ciento de carbonato de sodio, sobre el peso del bagazo desmedulado.

Con el procedimiento al monosulfito no se emplea el sistema de recuperación de sustancias químicas. Por lo tanto su éxito económico depende fundamentalmente del costo del carbonato de sodio y del azufre en los países en los cuales se desea introducir. En los Estados Unidos, donde ambos son muy baratos, el costo de producción hace a este procedimiento económicamente práctico sin necesidad de sistemas de recuperación, incluso en las plantas pequeñas con capacidad diaria de 25 toneladas. Los altos costos del carbonato de sodio y del azufre o sulfito de sodio en muchas regiones, bastan para elevar los costos a niveles inalcanzables. Presenta, además, este procedimiento la desventaja de los corrientes a la soda y al sulfato: el uso de digestores a presión.

#### 4. El procedimiento Celdecor o a la soca-cloro

El procedimiento Celdecor o Pomilio, para la elaboración de celulosa con residuos agrícolas también se ha generalizado bastante en el mundo. En realidad, se trata sólo de una variante del procedimiento a la soda: después de una lejiación suave con soda se procede a una etapa de cloración drástica para continuar la cocción. A la etapa de cloración sigue un proceso de extracción cáustica en el cual se utiliza una concentración relativamente alta de soda cáustica; a continuación viene una etapa - o etapas - de aplicación de hipocloritos para completar el blanqueo.

Al iniciarse el procedimiento Pomilio, se creyó que podrían aprovecharse en él los productos de una planta electrolítica, aproximadamente en la misma

/proporción en

proporción en que éstos salen de las células, aspecto que interesaba a los países carentes de una industria química establecida pero que disponían de abundantes existencias de sal y energía a bajo costo, porque la única materia prima necesaria - fuera de la fibra - es la sal común, a razón de 0,5 toneladas de sal por tonelada de celulosa blanqueada. Las lejías y sustancias de blanqueo consistían de soda cáustica y cloro, utilizadas como salían de las células electrolíticas. Como entrañaba el empleo de una alta proporción de cloro en el tratamiento general de cocción y blanqueo, el procedimiento Pomilio se ha denominado "a la soda-cloro".

Cuando se aplicaba con una relación tan alta de cloro, el procedimiento Pomilio original no dió nunca buen resultado. La celulosa obtenida era demasiado quebradiza y de calidad no muy buena. Sin embargo, en el curso del desarrollo de este procedimiento, la Cellulose Development Corporation ha introducido modificaciones que mejoraron el procedimiento básico, al comprobar que se obtienen mejores resultados aumentando la cantidad de soda en la primera etapa de cocción. Por lo tanto, se descartó la idea de aprovechar la producción de la planta electrolítica en la proporción exacta en que sale de las células. Sin embargo se mantuvo la cocción relativamente suave a la soda, seguida por una proporción también relativamente mayor de cloro que en los procedimientos corrientes a la soda, al sulfato y al monosulfito para la manufactura de celulosa blanqueada. Por lo tanto, la denominación de procedimiento a la soda-cloro todavía se puede aplicar.

Este procedimiento presenta ventajas y desventajas sobre los corrientes con digestores a presión. Un inconveniente, revelado al autor por las empresas que utilizan este procedimiento, consiste en que la pasta tiende a resultar un tanto quebradiza debido al alto consumo de cloro y, por lo tanto, sus características son relativamente inferiores desde el punto de vista de su resistencia al plegado o al doblado. El alto consumo de sustancias químicas en comparación con los métodos corrientes a presión podría considerarse como otra desventaja. Cuando se suma la cantidad total de soda cáustica al total de cloro que se utiliza para la producción de celulosa blanqueada, resulta que el procedimiento Celdecor consume mucha mayor cantidad de reactivos que los procedimientos normales. Por otra parte, tiene la gran ventaja de que funciona a presión atmosférica y que la inversión inicial es menor que cuando se utilizan digestores en los procedimientos corrientes de cocción.

El procedimiento Celdecor para la manufactura de celulosa blanqueada rinde generalmente un 45 por ciento sobre el bagazo desmedulado. En los tipos ordinarios de pasta para cartones, el rendimiento podrá llegar a 65 o 70 por ciento.

5. El procedimiento mecano-químico o Peoria, a base de soda o sulfato

El nuevo y revolucionario procedimiento mecano-químico inventado por el Dr. Lathrop y el Dr. Aronovsky, del Northern Utilization Research Branch, del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, presenta, al parecer, ventajas definidas sobre los procedimientos corrientes para lejiar el bagazo. Fué descubierto mientras dichos investigadores trataban de encontrar un procedimiento ideal para la elaboración de pasta a partir de residuos agrícolas; con él han logrado obtener altos rendimientos y una pasta de excelentes resistencias, combinando los puntos favorables de los procedimientos alcalinos corrientes y del procedimiento al monosulfito neutro.

En el Peoria se pueden emplear la soda cáustica o una combinación de soda cáustica y sulfuro de sodio, como en el procedimiento al sulfato. La cocción se realiza a presión atmosférica y a una baja temperatura cercana a los 100° C. Durante la cocción la fibra se agita en un desmenuzador hidromecánico, o "Hydrapulper". La rapidez de lejiación de este procedimiento se atribuye a la acción del rotor del aparato, que fuerza o bombea la lejía a través y dentro del bagazo o de otro residuo agrícola. El bagazo y la lejía circulan con rapidez suficiente para originar y mantener un buen remolino en la unidad, lo que provoca un impacto rápido y repetido de las partículas de bagazo contra las aspas del rotor. Como resultado de la acción mecánica entre la lejía y la fibra, las sustancias químicas actúan muy rápidamente y basta una concentración relativamente baja de ellas para obtener una pasta de buena calidad en poco tiempo.

Con la misma cantidad de reactivos sobre el peso en seco del bagazo desmedulado, el procedimiento mecano-químico sólo requiere una cocción de aproximadamente una hora a 100° C, en contraste con la cocción de 2 horas a 170° C requerida por los digestores corrientes a presión. Además, los rendimientos del procedimiento mecano-químico superan en un 6 a 8 por ciento a los obtenidos de la lejiación por los métodos convencionales con cocción a presión. Las pastas alcalinas resultantes de este procedimiento son bastante más fuertes que las obtenidas por el procedimiento al sulfito neutro, y presentan (en

/la práctica)

la práctica) características de resistencia muy similares a las de las celulosas kraft fabricadas con maderas blandas, excepto su resistencia al desgarramiento.

Cuando se aplica este método a la fabricación de pastas blanqueables, el consumo de reactivos es de 14 a 16 por ciento sobre el peso del bagazo desmedulado. Cuando se fabrica una pasta gruesa para cartones, el consumo químico llega a un 7 o 9 por ciento.

En la fabricación de celulosas blanqueables a base de bagazo desmedulado, los rendimientos medios de pasta sin blanquear de este procedimiento son de casi un 60 por ciento sobre el peso en seco de la materia prima. Los rendimientos de pasta blanqueada registrados sobrepasan constantemente al 50 por ciento del bagazo desmedulado original. Cuando se aplica a la fabricación de pasta para cartones, se pueden obtener fácilmente rendimientos hasta del 75 por ciento y más sobre el peso del bagazo desmedulado.

Como se señaló antes, pueden aplicarse cualquiera de los procedimientos citados en la fabricación de una celulosa satisfactoria para ciertos fines. Por lo tanto, la elección de un método particular depende fundamentalmente de un conjunto de factores técnicos y económicos, que se refieren especialmente a la ubicación específica de la planta y al tipo de producto que se desea fabricar. En la sección siguiente de este estudio se comentan en detalle estos factores.

Con el objeto de establecer comparaciones, se ha hecho un esquema simple tanto del método de lejiación a presión como del mecano-químico, que son los que recogen las figuras 2 y 3 de este estudio. En el caso del método de lejiación a presión podría usarse el mismo equipo para cualquiera de los procedimientos alcalinos, o para el procedimiento al monosulfito. En el método mecano-químico puede usarse una lejiación a la soda o al sulfato. Por supuesto que existen muchas variantes de este esquema, pero el sistema señalado se considera eficiente.

## VI

FACTORES TECNICOS Y ECONOMICOS QUE DEBEN CONSIDERARSE AL SELECCIONAR  
EL PROCEDIMIENTO Y EL EQUIPOGeneralidades

Los factores técnicos y económicos que deben considerarse al seleccionar el método y el equipo apropiados para cualquier proyecto de fábrica de celulosa a partir del bagazo, están tan encadenados entre sí que prácticamente no puede tratarse a uno aisladamente de los otros. Entre estos factores se encuentran:

- 1) Costo inicial del equipo para cada procedimiento, según el tamaño de la fábrica;
- 2) Disponibilidad relativa y costo de los reactivos necesarios para cada procedimiento, en la región de que se trate;
- 3) Disponibilidad y costo del combustible puesto en fábrica;
- 4) Disponibilidad y costo de la energía eléctrica;
- 5) Disponibilidad y costo de la mano de obra;
- 6) Disponibilidad y costo del agua apropiada;
- 7) Medios disponibles y costo de eliminación de aguas servidas;
- 8) Costo del bagazo puesto en fábrica;
- 9) Tipo de celulosa, papel o cartón que se desea fabricar de la pasta producida.

A continuación se comenta cada uno de los factores y su relación con la selección del procedimiento y del equipo.

1. Costo inicial del equipo para cada procedimiento, o capital requerido para instalar una fábrica de tamaño dado

Los primeros interrogantes que se plantean al considerar la construcción de una nueva fábrica de celulosa de cierta capacidad a base de bagazo son: el del costo del equipo y el del capital total necesario para que la fábrica empiece a trabajar. En épocas de escasez de capitales, este factor entraña especial importancia. No obstante, es un grave error conceder demasiada atención a la conveniencia de un costo inicial bajo; muchas fábricas han sufrido las desastrosas consecuencias que se originan casi siempre a este respecto.

El costo inicial del equipo debe considerarse con la debida perspectiva y analizarse desde el punto de vista de los costos de mantenimiento, duración

/probable, costo

probable, costo de operación, y funcionamiento del equipo sin dificultades ni inconvenientes. El decidirse por un procedimiento o equipo sólo porque es el más barato, sin considerar ampliamente su calidad y otros factores importantes, es casi una invitación al desastre. La experiencia ha demostrado, de manera definitiva, que el equipo barato puede provocar mayores desembolsos por desperfectos y tiempo perdido, en un año de trabajo, que el costo del mejor equipo en plaza. En el trabajo de una planta de celulosa la pérdida de un solo día como resultado del desperfecto de una pieza en la máquina puede destruir toda la continuidad de la operación y resultar sumamente onerosa. Por otra parte, el equipo de mejor calidad - aunque más caro en su costo inicial - puede prestar servicios satisfactorios durante años sin dificultades, sin necesidad de constantes y costosas reposiciones y sin pagar un alto mantenimiento.

En efecto, cuando el costo inicial del equipo es sumamente bajo, se verá en el transcurso de los años que el costo de operación o costo de producción por tonelada de pasta casi invariablemente será elevado, por lo cual la mayoría de las empresas papeleras y celulósicas con visión del futuro han adoptado la política de seleccionar el equipo y los procedimientos basándose enteramente en su calidad y resultados a largo plazo más que en su precio.

Se destaca este principio porque algunos proveedores de maquinaria en su propaganda de venta tienden a anteponer el bajo costo inicial a los demás factores. En realidad, el autor ha conocido algunas cotizaciones increíblemente más bajas en relación con los actuales costos de fabricación de maquinaria. En algunos casos, al analizar a fondo estas cotizaciones, se comprobó que no sólo se referían a maquinaria barata de muy baja calidad, sino que no incluían muchas piezas necesarias para el trabajo eficiente de la fábrica. Por lo tanto, cuando se analizan y comparan diversas cotizaciones en competencia, es imprescindible asegurarse de que se incluye todo el equipo necesario para cada caso, o de que las partes que faltan, que deben obtenerse en el lugar de emplazamiento de la fábrica, estén anotadas en forma completa. En caso contrario podrían enfrentarse gastos locales imprevistos y prohibitivos, causantes del fracaso del proyecto desde el punto de vista económico.

2. Disponibilidad relativa y costo de los reactivos necesarios para cada procedimiento en la zona específica

La disponibilidad y los costos de los diversos reactivos en la zona específica en la cual se proyecta instalar una fábrica guarda relación muy importante con la selección del tipo de tratamiento y del equipo que debe adquirirse.

Por ejemplo, en las zonas donde los costos del carbonato de sodio y del azufre son bajos, puede considerarse favorable el procedimiento al monosulfito. En las que el costo de tales reactivos es subido, puede que sólo este hecho determine la necesidad de descartarlo, pues el mencionado método no comprende el sistema de recuperación.

En los lugares donde se dispone de existencias de sulfato de sodio a un costo razonable, debería considerarse adecuada la adopción del procedimiento al sulfato, ya sea con digestores a presión o con el sistema mecano-químico y, en consecuencia, la carencia de este reactivo aconseja descartarlo; si bien, como generalmente este método se acompaña de un sistema de recuperación de lejías, podría constituir el método apropiado aún cuando el costo de los reactivos fuera alto. Para decidirse sobre este asunto, convendría comparar la inversión necesaria para establecer el sistema de recuperación y el costo del sulfato de sodio complementario, con el costo total de producción cuando se aplican otros procedimientos que no necesitan un sistema de recuperación de lejías.

En las zonas donde la industria química está bastante desarrollada y, por lo tanto, es fácil disponer de soda cáustica o carbonato de sodio, el procedimiento más conveniente podría ser el de la soda o cualquiera de sus variantes. Para ello debiera analizarse cuidadosamente si se justifica la instalación de un sistema de recuperación.

En cuanto al blanqueo, el costo del cloro puede determinar la posible necesidad de agregar una planta electrolítica a la fábrica de celulosa; en caso afirmativo, este factor puede ser decisivo para la selección del procedimiento de lejiación.

Cuando se dispone de los reactivos necesarios para cualquier procedimiento, se complica la selección del método, porque es imprescindible considerar todos los de uso corriente. En estas condiciones puede suceder

/que la

que la elección del procedimiento dependa de otros factores totalmente distintos, y que se dé poca importancia al costo relativo de los reactivos.

Si no se dispone de una industria química desarrollada y el costo de las sustancias químicas para lejiar y blanquear es elevado, podría ser necesario instalar tanto una planta electrolítica como una de recuperación para lograr un trabajo económico. En este caso, la planta electrolítica tiene que ser de tamaño adecuado para realizar el trabajo de la fábrica de tal manera que se equilibren los consumos de cloro para la sección de blanqueo y de soda cáustica complementaria en la sección de lejiación. Esto, por supuesto, podría obligar a utilizar el método a la soda o alguna de sus variantes, como el procedimiento mecano-químico.

Cuando el costo del sulfato de sodio es bajo y el cloro es caro, puede que sea necesario incluso instalar una planta electrolítica para las necesidades de blanqueo. En este caso podría convenir la venta del exceso de soda cáustica de la planta electrolítica y utilizar el sulfato de sodio como materia prima del procedimiento al sulfato o cualquiera de sus modificaciones, método de trabajo que podría resultar de particular utilidad en las zonas donde se produce sulfato de sodio como subproducto de otras industrias, como la del rayón. En tal caso, el subproducto - sulfato de sodio - de las plantas químicas existentes podría intercambiarse por la soda cáustica de la planta electrolítica de la fábrica de celulosa, a un tipo de cambio muy favorable.

En caso de utilizar uno de los procedimientos alcalinos, también debe considerarse el costo de la cal, que puede determinar si se justifica la instalación de un horno para la cal, además de la planta de recuperación de la fábrica.

Pueden citarse muchos otros ejemplos acerca de la importancia del costo relativo de los reactivos, en la elección de procedimientos y equipos. Este fenómeno destaca nuevamente la necesidad de realizar un estudio a fondo, a cargo de personal capacitado, antes de llegar a una decisión final sobre cualquier proyecto.

### 3. Disponibilidad y costo del combustible puesto en fábrica

El estudio detallado de los problemas de la disponibilidad y costo del combustible reviste extraordinario interés. En primer lugar, si se desea usar el bagazo como materia prima, puede determinarse su costo casi exclusivamente

/sobre la

sobre la base del costo del combustible que lo reemplace en el ingenio. En efecto, si el costo del combustible de reemplazo es demasiado alto, habría que descartar enteramente la posibilidad de utilizar esta materia prima.

Además, como muchos procedimientos requieren mayor cantidad de vapor y electricidad que otros, los altos costos del combustible pueden favorecer al que consume las menores cantidades de vapor y electricidad. Por otra parte, si los costos del combustible son bajos, influirían muy poco en la selección del procedimiento.

El costo del combustible también puede determinar la instalación de una planta propia de generación eléctrica en la fábrica o sólo la de una planta de vapor de baja presión para proveer el vapor necesario. Asimismo, podría ser causa determinante de la instalación de una caldera para aprovechar la combustión de los residuos dentro del sistema de recuperación química, o para definir si puede funcionar económicamente una planta electrolítica. También pueden ser determinantes el costo de instalación de un horno de cal y otros tipos de equipo que es necesario considerar.

#### 4. Disponibilidad y costo de la energía eléctrica comprada

La disponibilidad y el costo de la energía comprada pueden desempeñar un papel importante en la elección de equipo y procedimientos. Por ejemplo, la energía hidráulica barata puede hacer innecesaria la instalación de una planta eléctrica dentro de la fábrica, o indicar la conveniencia de integrar la planta eléctrica con la de vapor sólo para las necesidades de la fábrica de celulosa y, en tal caso, combinarla con la energía comprada para la planta electrolítica.

Por el contrario, el alto costo de la energía comprada podría determinar la necesidad absoluta de establecer instalaciones completas para la generación de energía. Esta condición, sumada a los altos costos del combustible, podría influir sobre la selección de procedimientos y equipos con el fin de reducir el consumo de energía al mínimo. Puede aún redundar en el uso de más mano de obra como fuente de energía, implicando el sustituir por labores manuales algunos de los equipos mecánicos de trabajo que se utilizan corrientemente en la mayoría de las fábricas modernas.

#### 5. Disponibilidad y costo de la mano de obra en la zona

La disponibilidad y tipos de salario vigentes para la mano de obra en la zona tienen una relación muy estrecha con la elección de procedimientos y equipos. Cuando la mano de obra es cara, y el combustible y la energía de costo moderado, es evidente que debe analizarse cada procedimiento para determinar cuál requiere menos mano de obra. Asimismo, debe escogerse todo el equipo teniendo en cuenta este factor, y tratando, en lo posible, de controlar el trabajo de la fábrica por medios automáticos y mecánicos. Los sistemas de manejo de materiales deben planearse con los medios posibles de eliminación de mano de obra; la energía debe reemplazar al trabajo humano en toda la fábrica y debe utilizarse al máximo todo instrumento que tienda a reducir el factor humano.

Por otra parte, cuando la mano de obra es barata, pero el combustible y la energía no lo son, conviene adoptar el criterio opuesto. En este caso, la energía deberá ser reemplazada por la mano de obra donde sea posible en todas las faenas de la fábrica. Podría entonces elegirse un procedimiento con alto consumo de mano de obra y bajos costos de energía; seleccionar todo el equipo teniendo en cuenta este factor, y reducir al mínimo la utilización de equipo de manejo mecánico de materiales, los controles automáticos y la instrumentación, que se justificarían difícilmente.

En las zonas donde tanto la mano de obra como la energía son factores abundantes o escasos, será necesario equipararlos para determinar su importancia en la selección de procedimientos y equipos.

#### 6. Costo y disponibilidad de agua apropiada

El problema del agua puede afectar a la selección del procedimiento en forma indirecta, aunque, cuando se aplica un adecuado aprovechamiento del agua, puede considerarse que casi todos los métodos requieren aproximadamente la misma cantidad de agua para cualquier producto dado y para una cantidad fija del producto. Sin embargo, el grado de pureza del agua y los costos de purificación de la misma pueden influir más sobre un procedimiento que sobre otros. Además puede afectar a la selección del tipo de pasta que se desea fabricar y limitar los tipos que pueden fabricarse económicamente en una zona dada.

#### 7. Medios y costo de eliminación de las aguas servidas

Cualquiera que sea el procedimiento adoptado, debe contarse con medios apropiados para la eliminación de las aguas servidas. Aunque este hecho parece obvio, se han construido muchas fábricas sin disponer los medios adecuados para solucionar este importante problema. Más tarde, ha sido necesario incurrir en gastos onerosos e imprevistos, incluso después de haber iniciado el trabajo de la fábrica. Como el problema de la eliminación de residuos es mayor en algunos procedimientos y sus variantes que en otros, este factor a veces pesa decisivamente sobre la selección de procedimientos y equipos.

Si los medios de eliminación de desperdicios son limitados y sus costos altos, podría resultar imprescindible instalar un sistema de recuperación química para reducir este factor a un mínimo. Por la misma razón podría ser absolutamente necesario instalar un horno de cal, para que los residuos de ésta no presenten ningún problema.

Por otra parte, si la fábrica se instala, por ejemplo, cerca de un gran río en el cual no hay peligro de contaminación de aguas, este factor puede representar una importancia menor. Sin embargo, debe investigarse en todos sus aspectos, en miras al futuro lejano y al inmediato antes de llegar a una decisión definitiva sobre el procedimiento a adoptarse para cualquier fábrica.

#### 8. Costo del bagazo puesto en fábrica

En principio, podría creerse que el costo del bagazo no influye en la selección del procedimiento, suponiendo su costo idéntico en cualquiera zona específica y utilizando cualquier procedimiento. Sin embargo, este factor debe evaluarse cuidadosamente, porque el rendimiento de pasta que dan los distintos procedimientos varía considerablemente. Por lo tanto, el costo del bagazo podría desempeñar un papel mucho más importante en algunos procedimientos que en otros, para el cálculo del costo general de producción.

El costo elevado del bagazo puede aconsejar el procedimiento que rinde mayor cantidad de pasta. Cuando el bagazo es barato y hay un exceso disponible, este factor puede despreciarse prácticamente y destacarse, en cambio, los otros factores enumerados.

9. Tipo de pasta, papel o cartón que se desea fabricar a partir del bagazo

En la selección del procedimiento ejercen una influencia decisiva el tipo de celulosa, papeles y cartones en que se desea convertir la pasta. La pasta obtenida con cada uno de los procedimientos mencionados posee características propias que difieren de las producidas por los otros métodos. En algunos casos estas diferencias son notorias y deben ser analizadas a fondo si se pretende elegir el procedimiento correcto para obtener el producto o productos finales deseados.

Por ejemplo, un método puede proporcionar una pasta suave y voluminosa, de gran opacidad, excelente para papeles de impresión o de libros, pero completamente inapropiada para los que requieren alta resistencia, como el papel glassine. Otra pasta puede presentar exactamente las características necesarias para fabricar ciertos papeles delgados, pero por lo quebradiza o carente de resistencia al doblado o plegado, ser completamente inapropiada para los papeles más gruesos o cartones plegables, en los que reviste importancia este factor. Por medio de un procedimiento se produce la pasta perfecta para el papel glassine, pero por su falta de opacidad, esta misma pasta puede ser un fracaso completo aplicada a la fabricación de papeles para libros.

En ciertos casos en que es necesaria una pasta que sin blanqueo tenga un grado bastante elevado de blancura, para fabricar un producto final de poca resistencia, podría ser más indicado el procedimiento al monosulfito. Por otra parte, si se desea fabricar productos sin blanquear de alta resistencia y resistencia al plegado, y si el color tiene poca importancia, el más apropiado podría ser el método mecano-químico.

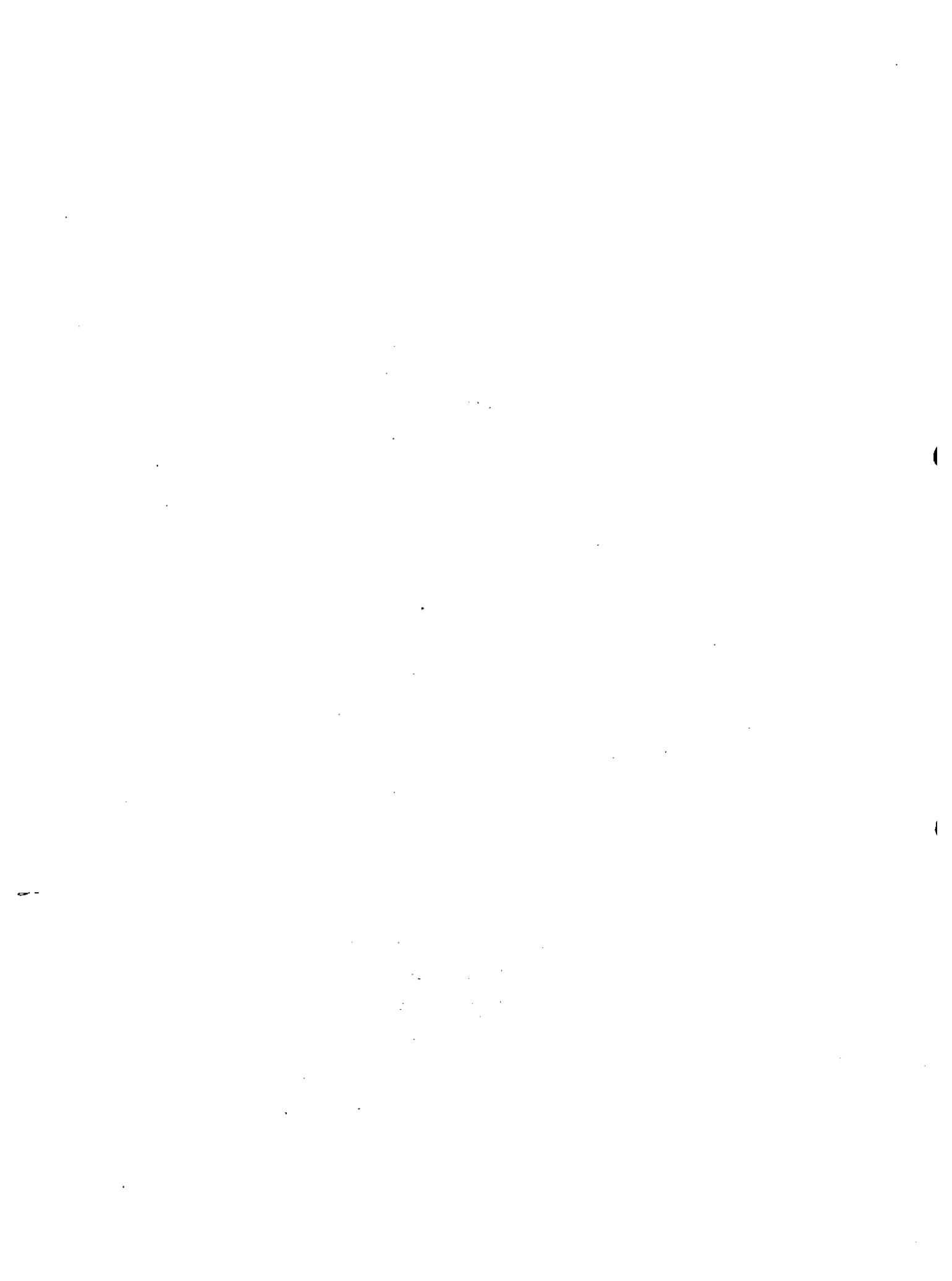
Cuando se desea producir diversas clases de papeles y cartones, cada una de ellas a partir de una pasta de características especiales diferentes, es necesario escoger un método y seleccionar el equipo que permita el mayor grado de flexibilidad, de manera que por medio de una correcta variación de las condiciones, sea posible producir los tipos de pasta apropiados en cualquier momento. Esta situación particular - en realidad común a todos los sistemas - requiere un estudio sumamente cuidadoso de los expertos en la elaboración de residuos agrícolas. Para una fábrica especializada de este tipo, podría provocar el fracaso inmediato optar por un procedimiento e instalar equipos

/que no

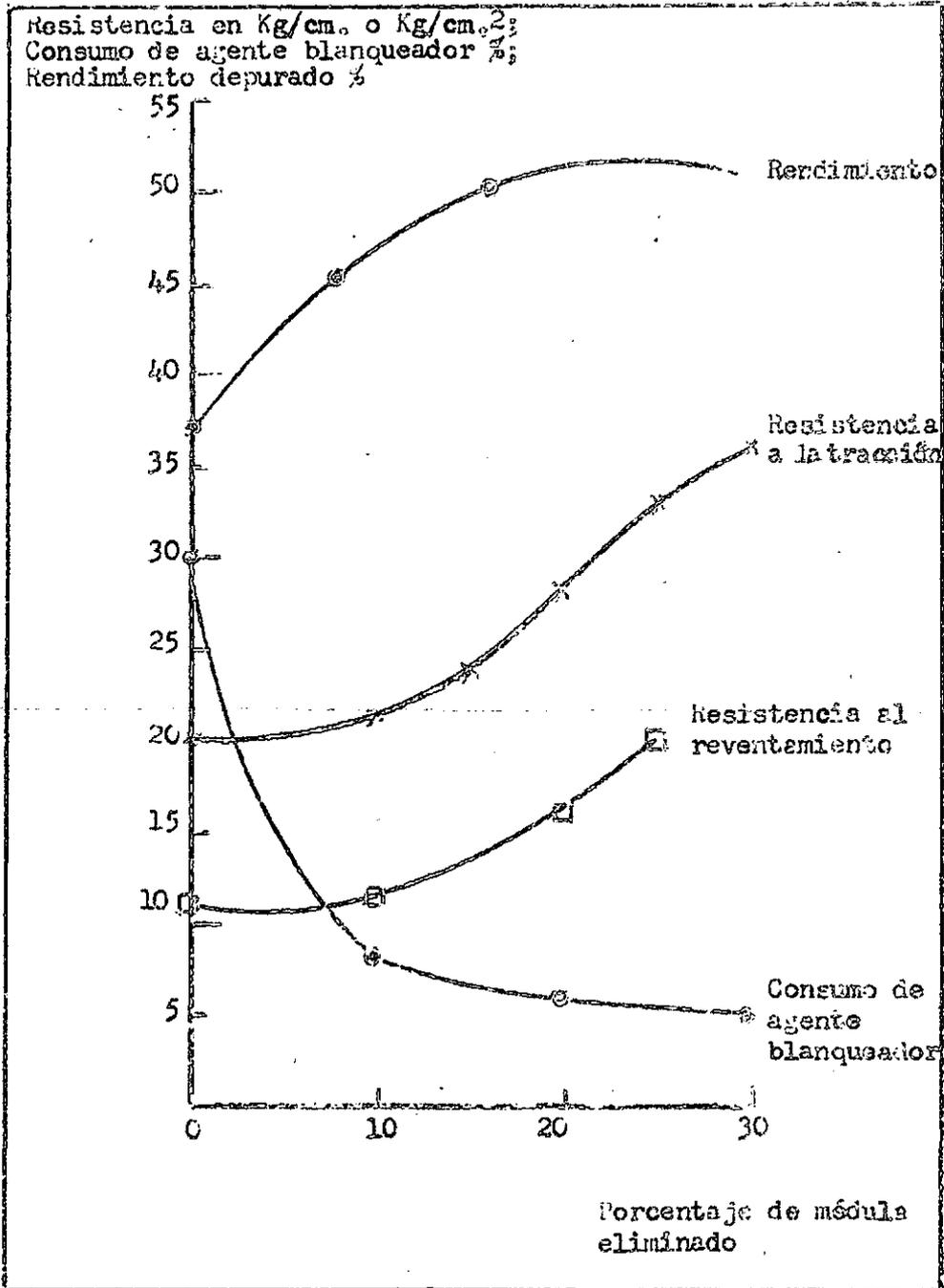
que no permitan obtener este grado de flexibilidad para la manufactura de pastas de características bien diferenciadas.

En resumen, el autor desearía repetir que la selección de procedimientos y equipos para establecer una planta de celulosa a base de bagazo depende de muchos factores técnicos y económicos interdependientes y que todos deben considerarse minuciosamente en sus relaciones con un lugar específico antes de llegar a una decisión final. Al comparar los diversos procedimientos y equipos que se ofrecen para cualquier proyecto, es aconsejable recordar estas advertencias:

- a) Evítense los procedimientos que incluyen un equipo de costo muy bajo, ya que éste puede resultar de inferior calidad, ocasionar desperfectos en el trabajo y elevar los costos de operación;
- b) Téngase cuidado con las promesas de rendimientos excesivamente altos, porque la pasta producida puede resultar de muy baja calidad;
- c) Desconfíese de los procedimientos que aseguran la producción de pasta de alta calidad, con altos rendimientos y a bajos costos sin desmedular el bagazo;
- d) Elúdanse los procedimientos o cotizaciones que fijan costos de producción demasiado bajos en comparación con otros competidores de confianza, ya que estas diferencias simplemente no existen;
- e) No se sigan las sugerencias de personas que desconocen la fabricación de celulosa a base del bagazo, cuando se pida consejos o se elijan procedimientos o equipos; y, finalmente,
- f) No se crea en los procedimientos secretos, porque en general no lo son, sino que constituyen simplemente versiones nuevas de los mismos métodos, y no agregan nada, para mejorar la calidad del producto o reducir el costo de producción, a los bien conocidos, en los cuales no se pretende ocultar secreto alguno, porque no lo hay.



EFFECTO DEL CONTENIDO DE MEDULA EN LA LEJIFICION Y ELABORACION DEL  
 BAGAZO, DETERMINADO POR LA TAIWAN PULP AND PAPER CORPORATION





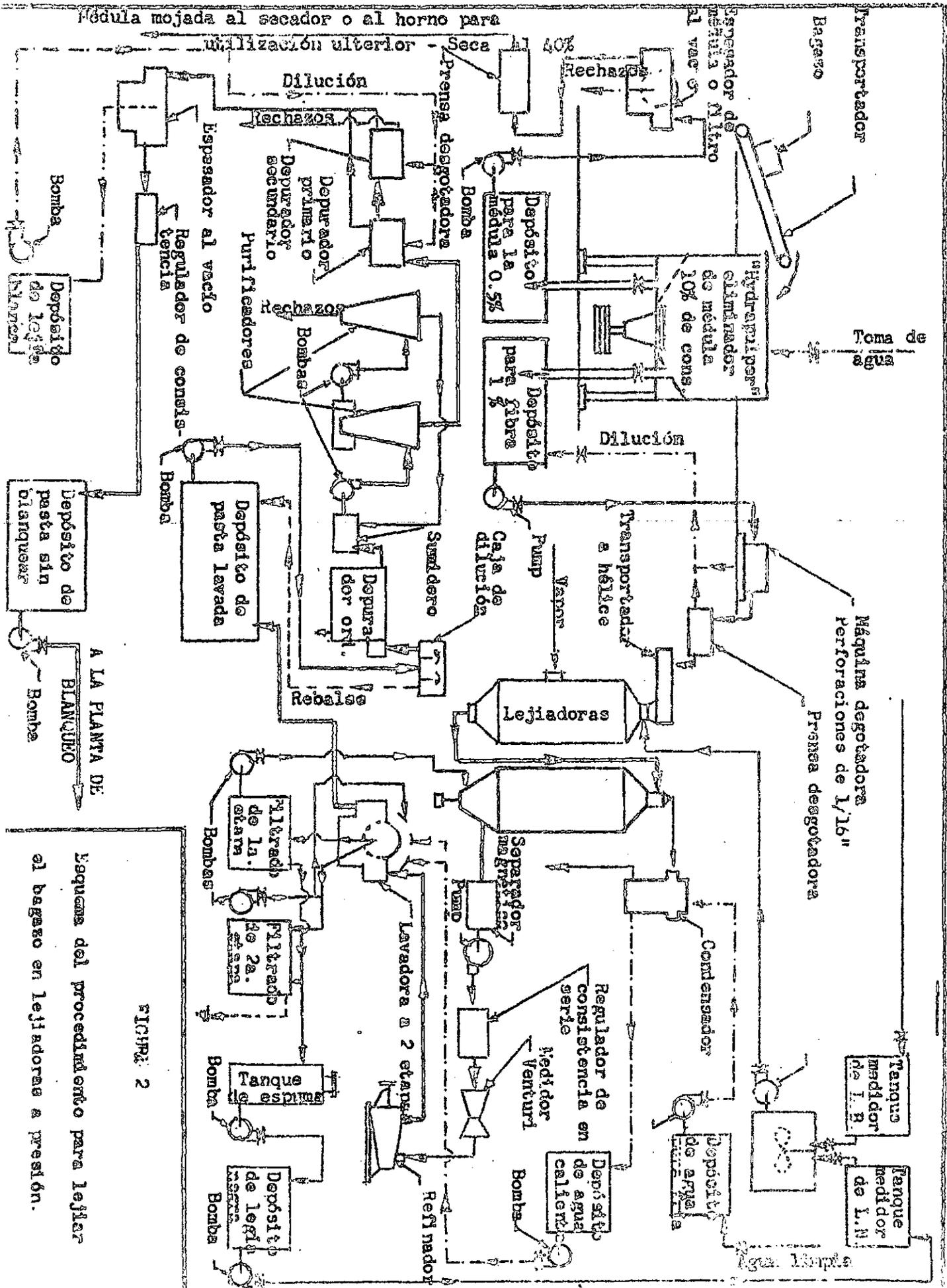
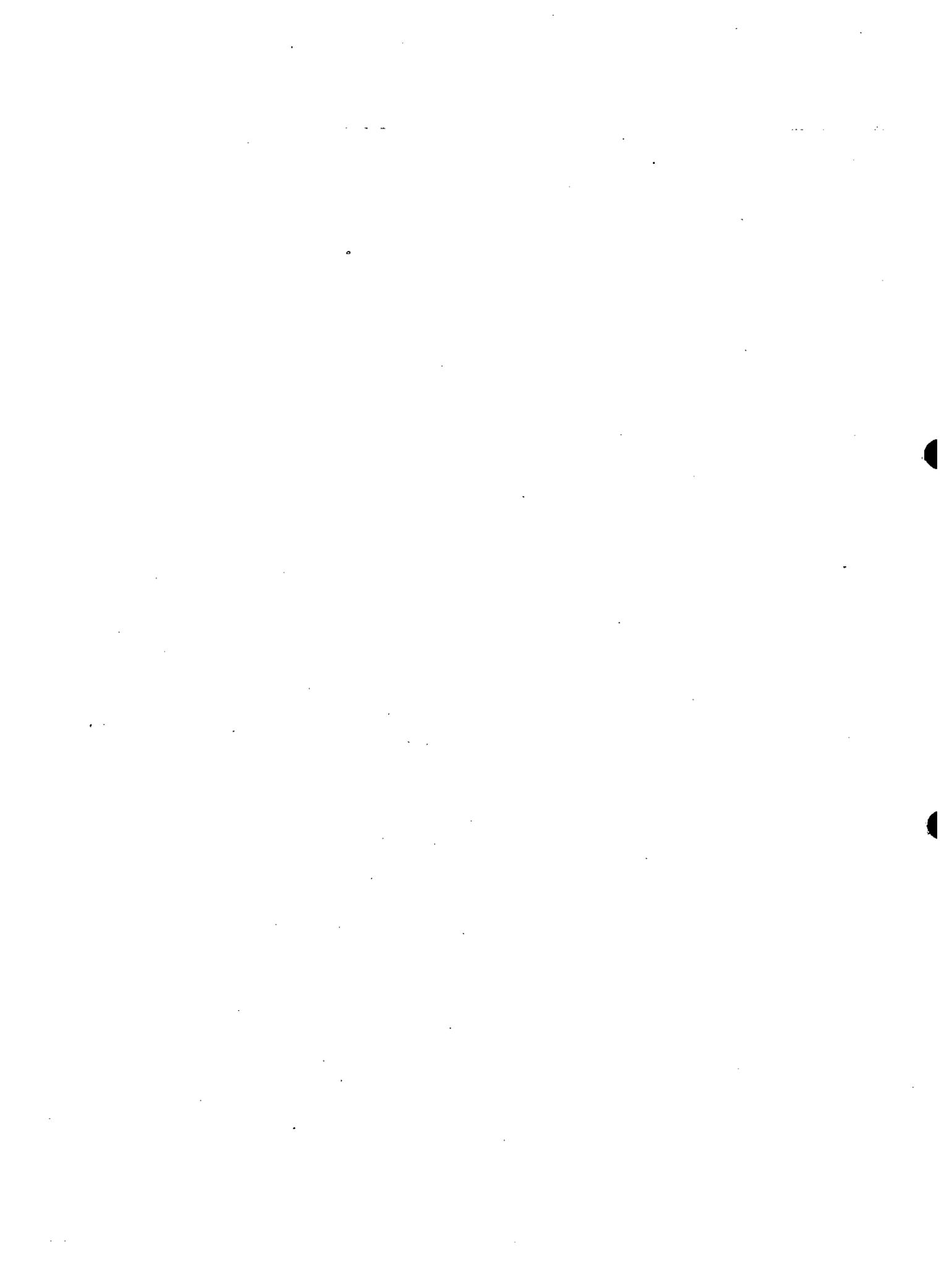


FIGURA 2

Esquema del procedimiento para lejar al bagazo en lejadoras a presión.



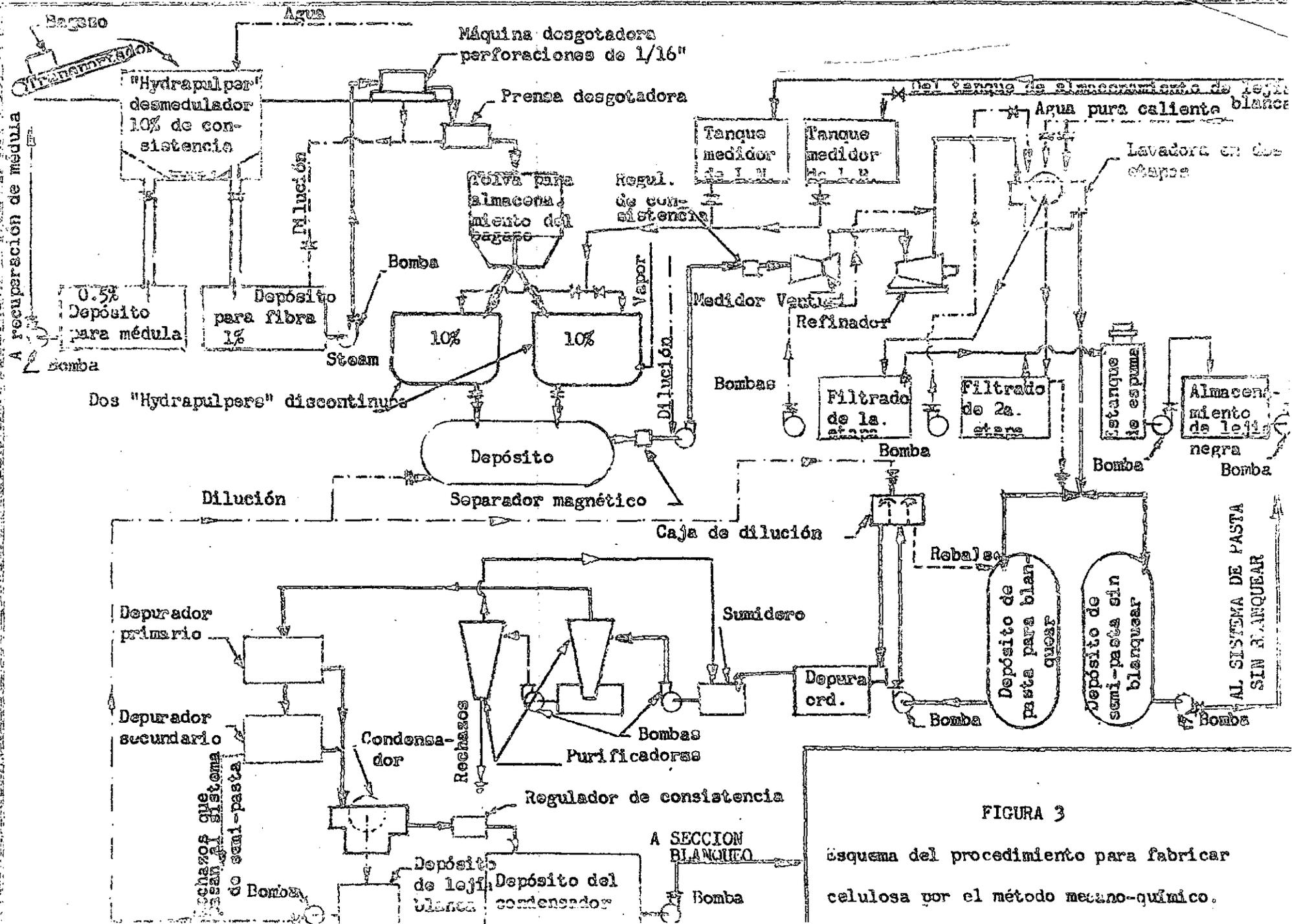


FIGURA 3

Esquema del procedimiento para fabricar celulosa por el método mecánico-químico.

