

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y  
MANUFACTURERA**



**OBTENCION DE PULPA QUIMICA A LA SODA  
PARA PAPEL A PRESION ATMOSFERICA SIN  
BLANQUEAR A PARTIR DE PAJA DE ARROZ**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO QUIMICO**

**MARIA MERCEDES ROJAS VIGORIA**

**PROMOCION 85-II**

**LIMA - PERU**

**1992**

**A la memoria de mi Madre, quien con su dedicación, amor y cuidados logró lo mejor en mí.**

**A mi Padre, quien con su lucha, esfuerzo y apoyo me ayudó a alcanzar esta meta.**

**A una persona especial para mi corazón quien con su tesón y confianza convirtió mis objetivos en realidades.**

## AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Adolfo Marcelo, quien fue mi guía al brindarme sus conocimientos y consejos para llevar a cabo esta investigación.

A la Ing. Eugenia Médico, por las facilidades brindadas que contribuyeron al logro de esta meta.

Al Ing. Jorge Bueno Z., Ex-Decano de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria por la confianza en mí depositada y todo el apoyo dado durante la fase experimental de esta Tesis.

A todos ellos mi agradecimiento sincero y también a todos los que de una u otra manera contribuyeron a que este trabajo haya sido completado.

## I N D I C E

- I. RESUMEN
- II. CONCLUSIONES
- III. ESTUDIO DE MERCADO
  - 3.1. DEL PRODUCTO : PULPA QUIMICA A LA SODA SIN BLANQUEAR
  - 3.2. MATERIA PRIMA : PAJA DE ARROZ
    - 3.2.1. Disponibilidad de Paja de Arroz
      - 3.2.1.1. Zonas de Cultivo
      - 3.2.1.2. Recolección, Comercialización y transporte
      - 3.2.1.3. Comparativos de Superficie vs. Disponibilidad de Paja de Arroz.
- IV. ESTUDIO GENERAL DEL PRODUCTO, MATERIA PRIMA Y PROCESO DE PRODUCCION DE PULPA QUIMICA
  - 4.1. PRODUCTO : PULPA CELULOSICA
    - 4.1.2. Clasificación de Pulpas
      - 4.1.2.1. Por la Materia Prima Empleada
      - 4.1.2.1. Por el Proceso de Elaboración
        - 4.1.2.2.1. Pulpa Mecánica
        - 4.1.2.2.2. Pulpa Química
        - 4.1.2.2.3. Pulpa Semi - Química
  - 4.2. MATERIA PRIMA : "PAJA DE ARROZ"
    - 4.2.1. Estudio de la Planta Gramínea : Arroz
      - 4.2.1.1. Origen
      - 4.2.1.2. Taxonomía
      - 4.2.1.3. Morfología
    - 4.2.2. Estudio de la Constitución Química
      - 4.2.2.1. Celulosa
      - 4.2.2.2. Lignina
      - 4.2.2.3. Hemicelulosas
      - 4.2.2.4. Componentes Menores
        - 4.2.2.4.1. Extractivos
        - 4.2.2.4.1. Cenizas
    - 4.2.3. Estudio de las Fibras en Paja de Arroz



#### 4.3. DESCRIPCION DE OPERACIONES Y PROCESOS EN LA OBTENCION DE PULPA

##### 4.3.1. Preparación de la Materia Prima

##### 4.3.2. Digestión

###### 4.3.2.1. Acción sobre la lignina

###### 4.3.2.2. Acción sobre la fracción carbohidratos.

###### 4.3.2.3. Variables de la digestión

##### 4.3.3. Lavado de la Pulpa

##### 4.3.4. Refinación

###### 4.3.4.1. Definición

###### 4.3.4.2. Efecto del refinado

#### V. INGENIERIA DEL PROYECTO

##### 5.1. ESTUDIO DE LA MATERIA PRIMA

###### 5.1.1. Evaluación de las Variedades de Paja de Arroz

###### 5.1.2. Zona de Muestreo

###### 5.1.3. Determinación de las Propiedades Físicas y Químicas de la Paja de Arroz

###### 5.1.3.1. Características de la Paja de Arroz en comparación con paja de otros Cereales y Madera

##### 5.2. OBTENCION Y EVALUACION DE PULPAS A NIVEL LABORATORIO

###### 5.2.1. Preparación de la Materia Prima

###### 5.2.1.1. Del Proceso de Digestión

###### 5.2.1.2. De las Condiciones de Digestión

###### 5.2.1.2.1. Variable : Concentración de reactivos

###### 5.2.1.2.1. Variable : Tiempo de Digestión

###### 5.2.1.2.1. Variable : Relación de licor

###### 5.2.1.2.1. Variable : Temperatura de Cocción

###### 5.2.2. Metodología

###### 5.2.2.1. Preparación de muestras para la obtención de pulpas

- 5.2.2.2. Obtención de Pulpa Química a la Soda a presión atmosférica sin blanquear
- 5.2.2.3. Refinado y Control de refinado
- 5.2.2.4. Formación de hojas de ensayo
- 5.2.2.5. Determinación de Ensayos Físicos en las Pulpas
- 5.2.2.6. Determinación de la Composición Química de las Pulpas
- 5.2.2.7. Estudio Biométrico de las fibras
- 5.2.3. Análisis de Resultados
  - 5.2.3.1. De la Composición Química
    - 5.2.3.1.1. Variable : Concentración de reactivos
    - 5.2.3.1.2. Variable : Tiempo de Digestión
    - 5.2.3.1.3. Variable : Relación de licor
    - 5.2.3.1.4. Variable : Temperatura de Cocción
  - 5.2.3.2. De las Propiedades Físicas de las Pulpas
    - 5.2.3.2.1. Variable : Concentración de reactivos
    - 5.2.3.2.2. Variable : Tiempo de Digestión
    - 5.2.3.2.3. Variable : Relación de licor
    - 5.2.3.2.4. Variable : Temperatura de Cocción
    - 5.2.3.2.5. Variable : Grado de Refino
  - 5.2.3.3. De la Relación entre composición química y propiedades físicas
  - 5.2.3.4. Del Estudio Biométrico de las Fibras de Paja de Arroz

### 5.3. OBTENCION Y EVALUACION DE PULPAS A NIVEL PILOTO

- 5.3.1. Introducción
- 5.3.2. Descripción del Proceso
- 5.3.3. Corrida Experimental a Nivel Piloto N° 1
  - 5.3.3.1. Condiciones de Operación
  - 5.3.3.2. Balance de Materia

- 5.3.3.3. Requerimientos de materias primas
- 5.3.4. Corrida Experimental a Nivel Piloto N° 2
  - 5.3.4.1. Condiciones de Operación
  - 5.3.4.2. Balance de Materia
  - 5.3.4.3. Requerimientos de materias primas
- 5.3.5. Análisis de Resultados

## VI. DISEÑO PRELIMINAR DE UNA PLANTA PARA LA OBTENCION DE PULPA QUIMICA SIN BLANQUEAR PARA PAPEL A PARTIR DE PAJA DE ARROZ.

- 6.1. ESTIMACION DE LA CAPACIDAD DE PLANTA
- 6.2. LOCALIZACION DE LA PLANTA
  - 6.2.1. Factores Principales
  - 6.2.2. Factores Generales
  - 6.2.3. Selección del lugar
- 6.3. PROYECTO DEL DISEÑO
  - 6.3.1. Descripción del Proceso
    - 6.3.1.1. Preparación y Limpieza
    - 6.3.1.2. Pre-Impregnación y Digestión
    - 6.3.1.3. Lavado de la Pulpa
    - 6.3.1.4. Prensado y Empacado
  - 6.3.2. Diseño y Especificación de Equipos
    - 6.3.2.1. Preparación y Limpieza
    - 6.3.2.2. Pre-Impregnación y Digestión
    - 6.3.2.3. Lavado de la Pulpa
    - 6.3.2.4. Prensado y Empacado
  - 6.3.3. Diagrama de Flujo
    - 6.3.3.1. Diagrama de Flujo Cuantitativo para un Batch con un Rendimiento del 50%
    - 6.3.3.2. Diagrama de Flujo Cuantitativo para un Batch con un Rendimiento del 70%
    - 6.3.3.3. Diagrama Flujo del Sistema de Calentamiento
- 6.4. EVALUACION ECONOMICA
  - 6.4.1. Inversión
  - 6.4.2. Estimación del Costo de Mano de Obra
  - 6.4.3. Estimación del Costo de Producción

- 6.4.3.1. Batch con un Rendimiento del 50%
- 6.4.3.2. Batch con un Rendimiento del 70%

## VII. BIBLIOGRAFIA

### **APENDICE**

- C-1.- CUADRO DE VOLUMENES DE IMPORTACION DE PASTA  
CELULOSICA : FIBRA LARGA, 1988
- C-2.- REPORTE DE ESTADISTICAS DE POLIZAS DE IMPORTACION  
DE PASTAS CELULOSICAS CORRESPONDIENTES A LOS AÑOS  
1986 - 1990
- C-3.- RELACION DE MOLINOS DE PILAR DE LOS DPTOS. DE  
TUMBES, PIURA, LA LIBERTAD, CAJAMARCA Y SAN  
MARTIN
- E-1.- PREPARACION DE LICOR DE COCCION A NIVEL  
LABORATORIO
- E-2.- DEL ESTUDIO BIOMETRICO DE LAS FIBRAS  
INTRODUCCION  
METODOLOGIA  
    Procedimiento  
    Tratamiento Estadístico de los Datos  
RESULTADOS
- E-3.- DESCRIPCION DEL PROCESO DE OBTENCION DE LA PULPA  
CELULOSICA A NIVEL PLANTA PILOTO
- E-4.- CORRIDA EXPERIMENTAL A NIVEL PILOTO N° 1
- E-5.- CORRIDA EXPERIMENTAL A NIVEL PILOTO N° 2
- E-6.- CODIFICACION DE NORMAS ITINTEC PARA PAPEL
- E-7.- GRAFICO N° 1 - 48: EVALUACION DE LA COMPOSICION  
QUIMICA DE LAS PULPA ENSAYADAS  
GRAFICO N° 49 - 108 : EVALUACION DE LAS PROPIEDADES  
FISICAS DE LAS PULPAS ENSAYADAS
- F-2.- CUADRO DE MASA TOTAL DE AGUA DE LOS RIOS DE LA  
COSTA POR UNIDAD AGRARIA DEPARTAMENTAL I - VII,  
AÑOS 1985 - 1989.
- F-3.- LISTA DE DEFINICIONES

## RELACION DE CUADROS

### CAPITULO III

1. Propiedades Físicas y Químicas de las Pulpas obtenidas a 50 y 70% rendimiento
2. Resumen de los Reportes de Estadísticas de Polizas de Importación de Pulpas correspondientes a los Años 1986 - 1990
3. Reporte de Estadísticas de Polizas de Exportación correspondientes a los Años 1981 - 1990
4. Características de las Variedades de Arroz INTI, NAYLAMP, CHANCAY, CICA-8 sembradas en el Perú
5. Características de las Variedades de Arroz IR-8, MINABIR-2, RADIM-CHINA sembradas en el Perú
6. Zonas de Cultivo vs. Porcentaje de la Producción Anual
7. Variedad Cultivada vs. Regiones Agrarias de Cultivo
8. Cuadro Comparativo de Superficie Cosechada a Nivel Nacional de Arroz Cascára 1980 - 1989 (Has.)
9. Cuadro Comparativo de Disponibilidad de Paja de Arroz a Nivel Nacional 1980 - 1989 (T.M.)
10. Cuadro Comparativo de Producción de Cultivo de Arroz Cáscara a Nivel Nacional 1980 - 1989 (T.M.)
11. Producción y Superficie Cosechada de Arroz Cáscara y Disponibilidad de Paja de Arroz a Nivel Nacional Años 1970 - 1989 . Proyecciones hasta 1995
12. Comparativo de Avance de Superficie Sembrada de los Cultivos Programados a Nivel Nacional de Arroz Cáscara Año 1986 (Has.)
13. Comparativo de Producción de los Cultivos Acumulados a Nivel Nacional de Arroz Cáscara Año 1986 (T.M.)

### CAPITULO IV

14. Sistemas Acuosos de Obtención de Pulpas para los

## Procesos Industriales

15. Diversos Procesos de Obtención de Pulpa y sus rendimientos
16. Componentes Químicos de la Planta de Arroz

## CAPITULO V

17. Resultados de las determinaciones físicas y químicas de la paja utilizada en le presente Tesis
18. Comparativo de las Propiedades Físicas y Químicas de las Variedades de Paja de Arroz : MINABIR-2, INTI, NAYLAMP
19. Análisis Químicos Comparativo entre Paja de Arroz y otros Cereales
20. Análisis Físicos Comparativos entre Paja de Arroz y otros Cereales
21. Efecto de las Adición de  $\text{Na}_2\text{S}$  en el Pulpeo Alcalino de Paja de Arroz
22. Propiedades Físicas de Paja de Arroz a Diferentes Procesos de Digestión
23. Resultados de la Determinación de la Composición Química de Paja de Arroz a Nivel Laboratorio
24. Resultados de la Determinación de las Propiedades Físicas de Paja de Arroz a Nivel Laboratorio
25. Cuadro Comparativo de Propiedades Químicas y Físicas de las Pulpas Obtenidas a Nivel Laboratorio
26. Composición Química de Pulpas al Sulfato de 10 Maderas Nacionales, Paja de Arroz a La Soda y de otras Maderas al Proceso Kraft
27. Propiedades Fisico-Mecánicas de Pulpas de 10 Especies Madereras Nacionales, Paja de Arroz y Otras
28. Propiedades Físicas de las Pulpas de Paja de Arroz Obtenidas a Nivel Laboratorio Ajustadas a 45 °SR
29. Dimensiones de las Fibras de Paja de Arroz del Presente Estudio
30. Dimensiones Aproximadas de Paja de Otros Cereales y Maderas
31. Resultados de las Evaluaciones de las Pulpas A Nivel

Piloto N°1 y 2

32. Requisitos de Pruebas Físico-Mecánicas para diferentes clases de Papel

CAPITULO VI

33. Relación de Molinos de Pilar Arroz en el Perú

34. Balance de Materia en el Digestor para un batch al 70 y 50% de rendimiento

35. Balance de Energía en el Digestor para un batch al 70 y 50% de rendimiento

## RELACION DE FIGURAS

### CAPITULO III

1. Comparativo de Superficie Cosechada de los Departamentos de Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad Años 1980 - 1989
2. Superficie Cosechada de Arroz Cáscara y Disponibilidad de Paja de Arroz a Nivel Nacional Años 1979 - 1989. Proyecciones hasta 1995

### CAPITULO IV

3. Formas Estereoisoméricas de la Glucosa :  $\alpha$ -glucosa y  $\beta$ -glucosa
4. Estructura de la Celulosa Grupos Finales e Intermedios de la Celulosa
5. Unión de dos moléculas de la Celobiosa
6. Arreglo de Cadenas de Celulosa mostrando diferentes tipos de enlace
7. Reacciones de Oxidación de la Celulosa : En medio ácido, en medio alcalino
8. Estructura del Propilbenceno
9. Estructura del Propilguayacilo
10. Estructura del Propilsiringilo
11. Estructura del Propilfenol
12. Una Representación especulativa de una Porción de la Molécula de Lignina
13. Reacciones de Oxidación de la Lignina
14. Reacciones de Sulfonación de la lignina
15. Estructura de la Xylosa, Arabinosa y Acido Aldobiurónico
16. Estructura de la Galactosa y Mannosa
17. Distribución de los Componentes Químicos a través de la Pared Celular



18. Efectos del Refinado sobre las Fibras

#### CAPITULO V

19. Diagrama de Flujo del Proceso de Producción de Pulpa para Papel a Nivel Planta Piloto

#### CAPITULO VI

20. Diagrama de Flujo del Proceso de Obtención de Pulpa Química a la Soda a Partir de Paja de Arroz

21. Diagrama de Flujo del Proceso de Obtención de Pulpa Química a la Soda a Partir de Paja de Arroz Para un Batch con un Rendimiento del 50%

22. Diagrama de Flujo del Proceso de Obtención de Pulpa Química a la Soda a Partir de Paja de Arroz Para un Batch con un Rendimiento del 70%

23. Diagrama del Sistema de Calentamiento del Digestor

24. Diagrama de Flujo de Producción de Pulpa presentando el número de operarios/turno, tiempo de operación de un batch

## I. RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo obtener PULPA QUIMICA A LA SODA SIN BLANQUEAR PARA PAPEL A PRESION ATMOSFERICA A PARTIR DE PAJA DE ARROZ, material celulósico de fibra corta.

La industria de pulpa y papel es un ejemplo destacado del aprovechamiento de la naturaleza basada en recursos renovables. La creciente demanda de pulpa, papel y sus derivados no podrá ser cubierta a largo plazo, razón por la cual se hace necesaria la búsqueda de nuevas fuentes de materia fibrosa.

La demanda nacional futura de pulpa y papel en nuestro País no podrá ser satisfecha en base al bagazo de caña de azúcar, debido a que su disponibilidad se hace cada vez más difícil y limitada.

Uno de los principales objetivos de las operaciones modernas de pulpeo es estudiar los procedimientos convencionales para producir rendimientos más altos de pulpas químicas.

Este estudio tiene como objetivo realizar pulpeos suaves a presión atmosférica de paja de arroz con el fin de demostrar que las técnicas convencionales de pulpeos a presión no son los procedimientos necesariamente indispensables.

En nuestro país no existe tecnología propia para aprovechar la paja de arroz como insumo en la fabricación de pulpa y papel, y tampoco información técnica, lo que revela la importancia y urgencia de investigar e impulsar la industria de pulpa y papel a partir de paja de arroz.

Esta Tesis consta esencialmente de un estudio a Nivel Laboratorio del recurso fibroso de arroz, con fines papeleros, comprendiendo desde Estudio y Análisis Comparativos químicos de las principales variedades de paja de arroz, ensayos de procesos de digestión del material celulósico, determinación de la composición química y propiedades físicas de las pulpas obtenidas a la soda hasta un estudio biométrico de las fibras de paja.

El resultado final de un estudio a Nivel Laboratorio nos lleva a un Trabajo de Planta Piloto, que reportará calidad del producto obtenido a través de las determinaciones químicas y físicas, rendimiento del proceso, balance de materia, requerimientos de energía en cada una de las etapas del proceso de obtencion del producto. Se hace un estudio estadístico de la disponibilidad del recurso fibroso y de mercado de la pulpa celulosica en nuestro país, así como importaciones y exportaciones.

El Capítulo de Diseño de la Planta incluye una descripción detallada del proceso, diseño y especificaciones de los equipos acompañado del Diagrama de Flujo respectivo. La Evaluación Económica que nos permite vislumbrar la rentabilidad del Proyecto.

## II. CONCLUSIONES

La paja de arroz cumple con una serie de requerimientos que nos hace considerarla económicamente factible en la manufactura de pulpa y papel :

- Es de suministro abundante y disponible para la planta de pulpa en casi todo el año.
- Es de alto rendimiento, de buenas propiedades físicas, químicas para una variedad de usos en papel.
- Los costos de conversión de la materia prima en pulpa son razonablemente bajos, y presenta un adecuado suministro de trabajo competente en el área de operación.
- El material es docil para la limpieza y de fácil tratamiento hasta llevarlo a una forma apropiada para la digestion.
- El material está concentrado en una pequeña área de cultivo.
- Los costos de recolección, manipuleo y transporte no son excesivos.
- Es esencial tener un eficiente y económico almacenamiento de materia prima disponible para preservar la calidad de la fibra y evitar pérdidas.

Aunque la paja de arroz es usualmente de un costo moderado pueden producirse excelentes mejoras en los métodos de cosecha y recolección. Estos métodos podrían reducir los costos en muchas zona si la paja crece específicamente para su uso en la manufactura de pulpa y papel. Por otro lado, los procesos de pilado en los molinos pueden ser simplificados, lo que redunda en una disminución de costo adicional. Los rápidos progresos en el desarrollo de la mejora de métodos de preparación de la materia prima y pulpeo de paja de arroz ( Planta de crecimiento rápido) ha permitido una fabulosa aceptación de su uso.

La notable expansión en la utilización de maderas

durante los pasados años han traído como consecuencia el hecho que las fibras cortas, fibras de paja de arroz, pueden ser usadas total o parcialmente para producir papeles en los cuales para algunos propósitos son superiores a papeles producidos enteramente de pulpas de fibras larga, en nuestro País totalmente importada.

- Las pulpas de paja de arroz, son usadas ahora en practicamente todos los tipos de papel, existen dos grandes grupos, considerando además los rendimientos del proceso de digestión obtenidos :

a) Pulpa para tipos de papel y cartón baratos, tal como corrugado de término medio, cartón para relleno en cajas de huevos, papeles de empaque baratos donde la resistencia no es esencial, cartón para embalaje, papel toalla, de seda facial, de seda para baño, corrugado medio, base de cubiertas.

b) Pulpa para papel fino y "glassine", papel para bolsas, impresión, escritura, papel periódico, papel para cigarrillos, papel copia, sellado, para postales, estampillas, etc.

El mejor desarrollo de las propiedades de resistencia permite el uso de materias primas más baratas, por ejemplo, utilizar más fibra de paja de arroz en lugar de pasta virgen de madera de coníferas o nueva pasta kraft química en papeles de impresión de alta calidad. Estas fibras fijan nuevos requerimientos en el refinado, con respecto a los métodos tradicionalmente utilizados para pulpas de maderas, pero si se refinan apropiadamente ofrecen nuevas posibilidades en la fabricación de papel.

Se ha determinado que existe una relación entre el rendimiento de la pulpa y el porcentaje de lignina residual: por lo que es factible establecer una relación proporcional entre estos dos factores tan importantes para definir el proceso de operación a Nivel Industrial.

Con respecto a las variaciones de las propiedades

físicas y composición química que presentan las pulpas estudiadas es posible asegurar que éstas manifiestan un comportamiento similar a pulpas obtenidas de otras materias primas como por ejemplo, maderas nacionales suaves y duras.

El menor índice de Kappa obtenido en algunas pulpas nos hace considerar el uso de dichas pulpas en el empleo de la fabricación de ciertos tipos de papeles sin procesos de blanqueos previos.

De la comparación entre el C.I.F. de las pulpas de fibra larga que varía entre \$ 810-500/T.M. (Cuadro 3.1.II) y el Costo de Producción de pulpas a partir de paja de arroz para rendimientos de proceso entre 50 y 70%, que oscilan entre \$324 - 215/T.M. (Cuadro 6.4.2.1. y 6.4.2.2.) se puede inducir que es posible competir con dicha pulpa en el Mercado Nacional.

#### **USOS DE LA PULPA DE PAJA DE ARROZ Y PROPORCIONES TÍPICAS EN LAS CUALES ES USADO**

##### **A. NO BLANQUEADAS**

- |  |           |
|--|-----------|
| 1. Bolsas (multibolsas)                | sobre 60% |
| 2. Medio Corrugado.                    | 100%      |
| 3. Papel para embalaje grado ordinario | sobre 75% |
| 4. Para embalar frutas de peso ligero  | sobre 75% |
| 5. Glassine y a prueba de grasa (hasta | 100%)     |

##### **B. BLANQUEADAS**

1. Hasta el 100% pueden ser usadas para papeles de alto grado de impresión y escritura y para otros fácilmente entre 75 y 85%.
2. Hasta 50% para cartones blancos
3. Para papel higiénico, para papel facial y toalla, hasta el 100%
4. Cartón sólido, entre 50 y 100%
5. Glassine y a prueba de grasa, hasta 100%

##### **C. SEMIBLANQUEADAS**

Papel para la periódicos y revistas entre 90 y 100%

### III. ESTUDIO DE MERCADO

#### 3.1. PRODUCTO : PULPA QUIMICA A LA SODA SIN BLANQUEAR DE PAJA DE ARROZ

La mayoría de las especies madereras pueden transformarse en pulpa para papel por distintos procesos de acuerdo con las características de la materia prima y según los productos finales, pero no todas las pulpas pueden ser hechas de madera: aproximadamente 6% de la producción procede de otros recursos, principalmente varios tipos de paja. Esta Tesis utiliza como materia prima paja de arroz obteniéndose como producto pulpa para papel.

El propósito de cocer la paja de arroz es disolver la lignina y otras porciones no celulósicas, separar las fibras, susceptibles de volver a unirse entre sí para formar papel. La pulpa obtenida es de tipo químico (se considera que los rendimientos varían entre 45 y 55% y no requiere tratamiento posterior de desfibrado). El licor de cocción utilizado es soda caústica, la digestión se realiza a presión atmosférica sin la etapa subsecuente de blanqueo por lo que el producto elaborado es : "Pulpa Química a la Soda sin blanquear, a presión atmosférica".

Los valores medios de las características físicas y químicas de las pulpas obtenidas en esta Investigación se presenta en el Cuadro 1.

En nuestro país existe una de las más avanzadas industrias papeleras del mundo en base a la utilización del bagazo de caña de azúcar que es usada en su totalidad industrialmente. La fibra obtenida de éste hace posible muchas calidades de papel o cartón, sin embargo, se tiene que recurrir a mezclas con pulpa importada de fibra larga de maderas suaves y duras para complementar las necesidades de la fibra y obtener altas resistencias,

**CUADRO No. 1  
PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DE LAS PULPAS  
OBTENIDAS A 50% Y 70% DE RENDIMIENTO**

	UNIDADES	50%	70%
<b>CONDICIONES DE DIGESTION</b>			
- Licor de cocción			
pH	No.	11.70	12.30
- Reactivos			
Soda Caústica	%	6.00	10.00
Soda Caústica	gr.	0.21	0.34
Carbonato de Sodio	gr.	0.02	0.04
- Relación de baño		0.25	0.25
- Tiempo de digestión	hrs.	2.00	4.00
- Temperatura de digestión	oC	90.00	90.00
<b>EVALUACION DE LAS PULPAS</b>			
- Rendimiento	%	70.00	50.00
- De la Composición Química			
Lignina	%	6.80	2.70
Celulosa	%	71.00	72.00
Cenizas	%	13.20	12.00
Sílice	%	15.00	9.50
Solubles en Alcohol/Benc.	%	6.80	12.50
Solubles en NaOH al 1%	%	35.00	22.00
Indice de Kappa	No.	31.00	23.00
Indice de Cloro	No.	7.00	4.80
Indice de Carboxilos	No.	8.60	8.60
- De las Propiedades Fís - Mec.			
oSR	No.	59.00	47.00
No. Rev.	No.	0.00	0.00
Gramaje	gr/m <sup>2</sup>	65.20	65.90
Sequedad	tanto por uno	0.90	0.90
Espesor	micras	98.50	81.50
Volumen Másico (base acond.)	cm <sup>3</sup> /gr		
Blancura	%	34.50	34.90
Opacidad	%	96.50	98.10
Porosidad	s/100 cc	65.00	750.00
Resist. al Plegado	No.	37.00	650.00
Longitud de rotura	m.	3000.00	6300.00
Alargamiento por tensión	%	1.30	3.20
Indice de Reventamiento	No.	15.30	32.00
Indice de Rasgado	No.	43.00	35.00



**CUADRO No. 2**  
**RESUMEN DE LOS REPORTES DE ESTADISTICAS DE POLIZAS DE IMPORTACION DE PULPAS CORRESPONDIENTES A LOS AÑOS 1986 - 1990**

PRODUCTOS DE IMPORTACION	1986		1987		1988		1989		1990		COSTOS PULPAS (\$/KG)
	PESO BRUTO (Kg)	VALOR C.I.F. (U.S. \$)	PESO BRUTO (Kg)	VALOR C.I.F. (U.S. \$)	PESO BRUTO (Kg)	VALOR C.I.F. (U.S. \$)	PESO BRUTO (Kg)	VALOR C.I.F. (U.S. \$)	PESO BRUTO (Kg)	VALOR C.I.F. (U.S. \$)	
- DE CONIFERAS	20,000	5,472	450	130	572	508	584	361	263	178	0.68
- A LA SODA Y LA SULFATO SIN BLANQUEAR DE CONIF.	23,329,487	9,216,043	20,294,048	101,434,793	20,185,713	11,588,995	879,861	285,050	700,178	383,625	0.55
- A LA SODA Y LA SULFATO BLANQUEADAS DE CONIF.	27,850,781	12,907,417	31,142,613	20,824,598	22,490,502	16,285,172	5,198,776	4,160,174	11,272,973	9,156,080	0.81
- A LA SODA Y LA SULFATO BLANQUEADAS DE OTRAS	9,528,752	4,553,504	11,287,448	6,791,158	9,905,598	6,983,238	3,848,498	3,119,249	4,438,534	3,526,443	0.79
- AL SULFITO SIN BLANQUEAR DE CONIFERAS	200,000	86,289	--	--	--	--	--	--	--	--	--
- AL SULFITO SIN BLANQUEAR DE OTRAS MADERAS	110,112	39,030	--	--	8,233	12,565	--	--	--	--	--
- AL SULFITO BLANQUEADAS DE CONIFERAS	430,750	204,572	--	--	--	--	--	--	--	--	--
- AL SULFITO BLANQUEADAS DE OTRAS MADERAS	300,000	111,888	--	--	16,211	12,864	--	--	--	--	--
- LAS DEMAS	--	--	--	--	--	--	--	--	1,510,542	749,868	0.50
	61767882	27128215	62724557	129050677	62590618	34870476	9927519	7564834	17922488	13816192	

**CUADRO No. 3**  
**REPORTE DE ESTADISTICAS DE POLIZAS DE EXPORTACION CORRESPONDIENTE A LOS AÑOS 1981 - 1990**

<b>Nº Página</b>	<b>AÑO</b>	<b>PARTIDA ARANCELARIA</b>	<b>PRODUCTO DE IMPORTACION PAIS DE DESTINO</b>	<b>CANTIDAD (Unid. Aranc.)</b>	<b>PESO BRUTO (kg.)</b>	<b>VALOR F.O.B. (U.S. \$)</b>
115	1,981	47.01.01.01.00	LAS DEMAS Ecuador	25,000	25,000	25,494
			TOTAL PARTIDA 47.01.01.01.00	25,000	25,000	25,494
		47.01.89.04.00	DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR 105 Brasil	225	225	10
			TOTAL PARTIDA 47.01.89.04.00	225	225	10
99	1,982	47.01.01.01.00	DE CONIFERAS 211 Chile	10,160	10,160	5,724
			TOTAL PARTIDA 47.01.01.01.00	10,160	10,160	5,724
77	1,983 1,990	—	No existe exportación			

FUENTE : INSTITUTO DE COMERCIO EXTERIOR  
LIMA - PERU

especialmente el rasgado. Esto nos mantiene en una situación de dependencia que puede aliviarse al sustituir éste material por las pulpas obtenidas de paja de arroz. El Apéndice C-1 muestra los volúmenes de importación para Sociedad Paramonga Ltda., en el período Enero - Agosto de 1986.

El Cuadro N° 2 muestra los resúmenes de los volúmenes de importación (Kg. bruto), valor C.I.F. (U.S.\$) desde 1986 hasta 1990, y las respectivas partidas arancelarias. El Apéndice C-2 presenta en detalle los volúmenes de importación procedente de cada país exportador (Kg. bruto), valores F.O.B. y C.I.F. (U.S.\$) y totales de importación por partida arancelaria para los años 1986 - 1990.

El Cuadro N° 3 presenta el reporte de los volúmenes de exportación de pulpa para los años 1981 a 1990 demostrando que no existe tal.

### 3.2. MATERIA PRIMA : PAJA DE ARROZ

La paja de arroz es una materia prima para la industria del papel que está llegando a niveles importantes de consumo con el reciente deseo de muchos países de abastecer sus propios requerimientos de materia prima.

La paja es un residuo agrícola derivado del cultivo de arroz, fuente de producción de fibras de gran utilidad para la fabricación de papel.

La paja usada en esta Investigación es la cortada por los agricultores durante la cosecha. El material cortado se apila y seca. Al hacer pasar por las trilladoras el producto de la cosecha se obtiene granos de arroz y la paja que está compuesta por tallos, hojas, nudos, vainas, materiales finos, arena, polvo y otros tipos de materias extrañas dependiendo del tipo de cosecha y recolección.

La materia prima, base de este estudio, tiene la

CUADRO N° 4

CARACTERISTICAS DE LAS VARIEDADES SEMBRADAS DE ARROZ EN EL PERU

CARACTERISTICAS	INTI	MAYLAMP	CHANCAY	CICA 8
Año de Selección	1976	1972	-----	1978
Genealogía	IR 8/FORTUNA/MINADRA	IR 8/IR12-178-2-3	IR 8/IR 12-178-2-3	---
Periodo Vegetativo (días)	150-170	150-180	150-160	128-145
Altura (cm.)	98-100	90-110	80-90	80-110
Vigor en estado de plántula	Buena	Buena	Buena	Muy buena
Macollamiento	Buena	Buena	Buena	Muy buena
Reacción a:				
<i>Sogatodes Orizicolus</i>	Resistente	Resistente	Resistente	Resistente
<i>Pyricularia Oryzae</i>	Moderadamente Resist.	Susceptible	Susceptible	Mod. Resist.
Vuelco	Resistente	Med. Resist.	Resistente	Susceptible
TIPO DE GRANO				
Largo (mm.)	9.7	9.9	---	8-10
Ancho (mm.)	3.8	2.5	---	2.0-2.6
Peso de 1000 semillas (gr.)	31.5	29.6	30.6	28.6
CALIDAD DE MOLINERIA				
Rendimiento total %	72	71	---	68
Índice de pilado %	55	61	---	59
CALIDAD DE COCINA				
Rendimiento promedio (Ton./Ha.)	9.5 - 12.5	9.8 - 11.8	9.8 - 10.8	6.9

Fuente: Hernández, J. - "El Arroz", 1981, Perú.

CUADRO N° 5

CARACTERISTICAS DE TRES VARIEDADES DE ARROZ SEMBRADAS EN EL PERU

VARIEDAD/CARACTERISTICA	IR-8	MINABIR-2	RADIM-CHINA
Valles de Cultivo	Camaná CHira CHancay	Jequetepeque CHancay	Jaén Bagua
Altura de la Planta (cm.)	100-110	160-170	180-190
Periodo Vegetativo (día)	160-170	210	210
Macollaje	Alto	Medio	Medio
Resistencia	No se tumba	Se Tumba	Se tumba
Respuesta al Sodio	A altas	No	No
Resistencia al quemado	---	Suceptible	---
Rendimiento			
En grano (Ton./Ha.)	8.5	6.8	5.6
De pilado (%)	69-71	71.5	68-70
Peso específico (gr/cc) del grano	1.20	1.20	1.23
Largo del grano (mm.)	8.9	9.7	8.0
Ancho del grano (mm.)	3.2	2.6	3.0

Fuente: Clasificación Botánica y Variedades de Arroz en el Perú, U.N.A.

siguiente composición (obtenida de la realización de la determinación de propiedades físicas y químicas, como se explica en 5.1.3) :

COMPONENTE	%
=====	
Extractivos en :	
Alcohol-Benceno	7.79
Soda al 1%	51.67
Lignina	10.11
Cenizas	17.61
Sílice	16.73
Celulosa	52.38

Las variedades comerciales que se siembran en el Perú se pueden agrupar en dos categorías : Las índicas de tipo tradicional : **Minabir 2, Minagra, Siam, Garden, Apura, Radim CHina, Mochica, Perú 65, Carolino y Fortuna;** y las índicas modernas : **IR-8, Naylamp, Inti, CICA 8, Br 90-2 y Chancay; Huarangopampa, Viflor y Tillan** han sido sembradas recientemente. Las más sembradas en la Costa Peruana es **INTI** y en la Selva **CICA 8**. Las Tablas N° 4 y 5 muestran las características más importantes de las variedades de mayor cultivo en el Perú.

Datos estadísticos indican que en nuestro país se cultivan en mayor cantidad las variedades : **NAYLAMP, MINABIR-2, IR-8, INTI, RADIM-CHINA.**

Contando con estas variedades, es necesario realizar un estudio de disponibilidad de paja de arroz. Una variedad que vaya a recomendarse para la producción comercial debe haberse probado adecuadamente.

### **3.2.1. DISPONIBILIDAD DE PAJA DE ARROZ**

#### **3.2.1.1. ZONAS DE CULTIVO**

De acuerdo a los Registros del Ministerio de Agricultura en coordinación con la Oficina Sectorial de Estadística se ha dividido el total de la extensión disponible para el cultivo en **24 REGIONES AGRARIAS** un casi 75% del total se dedica al cultivo de ésta gramínea.

Las principales zonas de cultivo de arroz a nivel comercial así como, el porcentaje del total de la producción anual que representa cada zona son las que se muestran en el Cuadro N° 6, de aquí se observa que cuatro regiones agrarias ubicadas en la zona norte del país proporcionan el 58.3 % de la producción nacional de arroz cáscara (T.M.).

Con la finalidad de obtener información sobre la relación entre la zonas de cultivo y la variedad de paja cultivada se recurrió a la Oficina Sectorial de Estadística del Ministerio de Agricultura, dichos datos pueden observarse en el Cuadro N° 7. Este muestra principalmente las zonas norteñas, regiones agrarias de cultivo : Tumbes, Piura, Lambayeque, La Libertad, Cajamarca, Amazonas; notándose que la variedad Naylamp es la más cultivada en Piura y Tumbes, mientras que Minabir-2 es notoria en Lambayeque y Cajamarca.

CUADRO N° 6

REGION AGRARIA	PORCENTAJE DEL TOTAL DE LA PRODUCCION NACIONAL (T.M.)
<u>ZONA NORTE</u>	
I. Tumbes	2.2
II. Piura	15.3
III. Lambayeque	27.5
IV. La Libertad	13.3
	----
	58.3
<u>ZONA NOR-ORIENTE</u>	
XI. Cajamarca	6.6
XII. Amazonas	7.8
XIII. San Martín	7.5
	----
	21.9
<u>ZONA SUR</u>	
VIII. Arequipa	10.6

Fuente : Oficina Sectorial de Estadística O.S.E.

CUADRO N° 7

REGIONES AGRARIAS DE CULTIVO - VARIEDAD CULTIVADA

REGION AGRARIA	VALLE	SUPERFICIE (Ha.)	VARIEDAD	VARIEDAD COSECHADA (%)
Piura Tumbes	Alto Piura	3,935	Naylamp IR-8 Otros	80.0 15.0 5.0
	San Lorenzo	4,207	Naylamp IR-8	80.0 20.0
	CHira	7,011	Naylamp IR-8 Minabir-2	90.0 5.0 5.0
	Tumbes	2,159	Naylamp IR-8	90.0 10.0
Lambayeque Cajamarca Amazonas	Jequetepeque	22,139	Minabir-2 Naylamp Inti	80.0 10.0 10.0
	Chancay			
	La Leche			
	- Chongoyape	1,803		
	- Ferreñafe	11,520		
	- Chiclayo	10,156		
	- Mochumi	12,246		
Total	35,725	Naylamp Minabir-2 IR-8	80.0 10.0 10.0	
	Zaña	2,590	Radim-China Otras	95.0 5.0
	Jaén	10,271	Radim-China Naylamp IR-8	90.0 5.0 5.0
La Libertad	Alto Chicama	760	Mochica Naylamp IR-8	80.0 10.0 10.0

Fuente : Oficina del Ministerio de Agricultura - Chiclayo  
Centro Regional de Investigaciones Agrarias del Norte  
CRIANI, Piura; CRIANII, Chiclayo.



### 3.2.1.2. RECOLECCION, COMERCIALIZACION Y TRANSPORTE

Por la razón de disponer paja por períodos es necesario contar con dos tipos de almacenamiento :

- Almacenamiento de reserva,
- Almacenamiento de uso diario.

El almacenamiento de reserva o "centro de recolección de paja debe tener una capacidad suficiente para recoger el total estimado de necesidades de la fábrica en períodos entre cosechas. Este almacenamiento puede ser facilitado por los propios agricultores en áreas cercanas a un gran molino de arroz o cercanas a una gran concentración de pequeños molinos de arroz, la ventaja de índole económico es estabilizar los precios de la paja en una gran extensión y facilitar el transporte.

El almacenamiento de uso diario tiene capacidad suficiente para almacenar materia prima necesaria para aproximadamente 24 horas de producción teórica. Además se debe mantener siempre una cantidad determinada en casos de emergencia.

En el Apéndice C-3 se puede observar la relación de molinos de pilar arroz en los Departamentos de Piura, La Libertad, Cajamarca, Tumbes y San Martín; el Cuadro N° 33 muestra la relación de molinos de pilar arroz .

### 3.2.1.3. COMPARATIVOS DE SUPERFICIE COSECHADA vs. DISPONIBILIDAD DE PAJA DE ARROZ

Siendo la paja un sub-producto de la cosecha del arroz es necesario estimar la cantidad de paja disponible relacionando éste directamente con la superficie cosechada.

Investigaciones realizadas en el campo arrojaron:

VARIEDAD	TON. DE PAJA/ HA.
Minabir-2	2.0
Radim - China	2.0
Inti	1.5
Naylamp	2.0
IR-8	2.5

En la presente Investigación se utilizará la menor relación, 1.5. (Como se explicará más adelante, cualquier variedad de paja de arroz puede ser utilizada).

Centrando nuestra atención en los departamentos de Tumbes, Piura, Lambayeque, La Libertad, pertenecientes a la zona norte del Perú del Cuadro N° 8 que muestra la superficie cosechada a Nivel Nacional de arroz cáscara en Has. proporcionado por la Oficina Sectorial del Ministerio de Agricultura, Sección Estadística, representado en la Fig. 1 es posible esbozar que exceptuando el año 1983, se visualiza una clara ampliación del terreno dedicado al cultivo del arroz.

Empleando la relación 1.5 toneladas de paja de arroz por hectárea cultivada y haciendo uso de los datos proporcionados por el Cuadro N° 8 se confeccionó el Cuadro N° 9 que muestra las toneladas de paja de arroz disponible por departamentos y el total nacional en los mismos años. Este Cuadro en conjunción con las observaciones anteriores expresan nuestra inicial convicción : "Existe paja de arroz disponible de las variedades más cultivadas en el Perú".

El Cuadro N° 10 esboza la producción del cultivo de arroz cáscara a nivel nacional en TM., datos que están íntimamente relacionados con la superficie cosechada por año y el rendimiento en grano por hectárea (kg./Ha.) correspondiente a cada variedad.

El Cuadro N° 11 presenta desde 1970 hasta 1989 la producción de arroz cáscara, las hectáreas cultivadas y la tenencia de paja de arroz a Nivel Nacional proyectado hasta 1994. La Fig. N°2, año de cultivo vs. superficie cosechada muestra la correspondiente Curva de Disponibilidad de paja de arroz y la proyección para los años 1990 - 1994 que muestra la tendencia del cultivo del arroz a incrementarse en los sucesivos años

Los Cuadros N° 12 y 13 informan respecto a la

disponibilidad de paja de arroz a lo largo del año mostrando como ejemplo 1986, año del que se tiene un mayor conocimiento (No existen datos más recientes en el último período 87-90).

Realizando el estudio de disponibilidad alrededor de la variedad INTI, como ejemplo de una pequeña zona de cultivo, del Cuadro N° 7 se extrae lo siguiente :

ZONA	VALLE	SUPERFICIE	TON.
		CULTIVADA (Ha.)	PAJA/AÑO
Lambayeque	Jequetepeque	2,215	3,325
Cajamarca	Zaña	130	195
Amazonas			
<b>TOTAL</b>		<b>2,345</b>	<b>3,520</b>

3,520 toneladas de paja de arroz, que a un rendimiento promedio de producción de pulpa de 60% se producirían 2,112 ton. de pulpa de papel por año, esto es, 5.8 a 6.0 ton. de pulpa por día, capacidad de planta que supera nuestras expectativas iniciales.

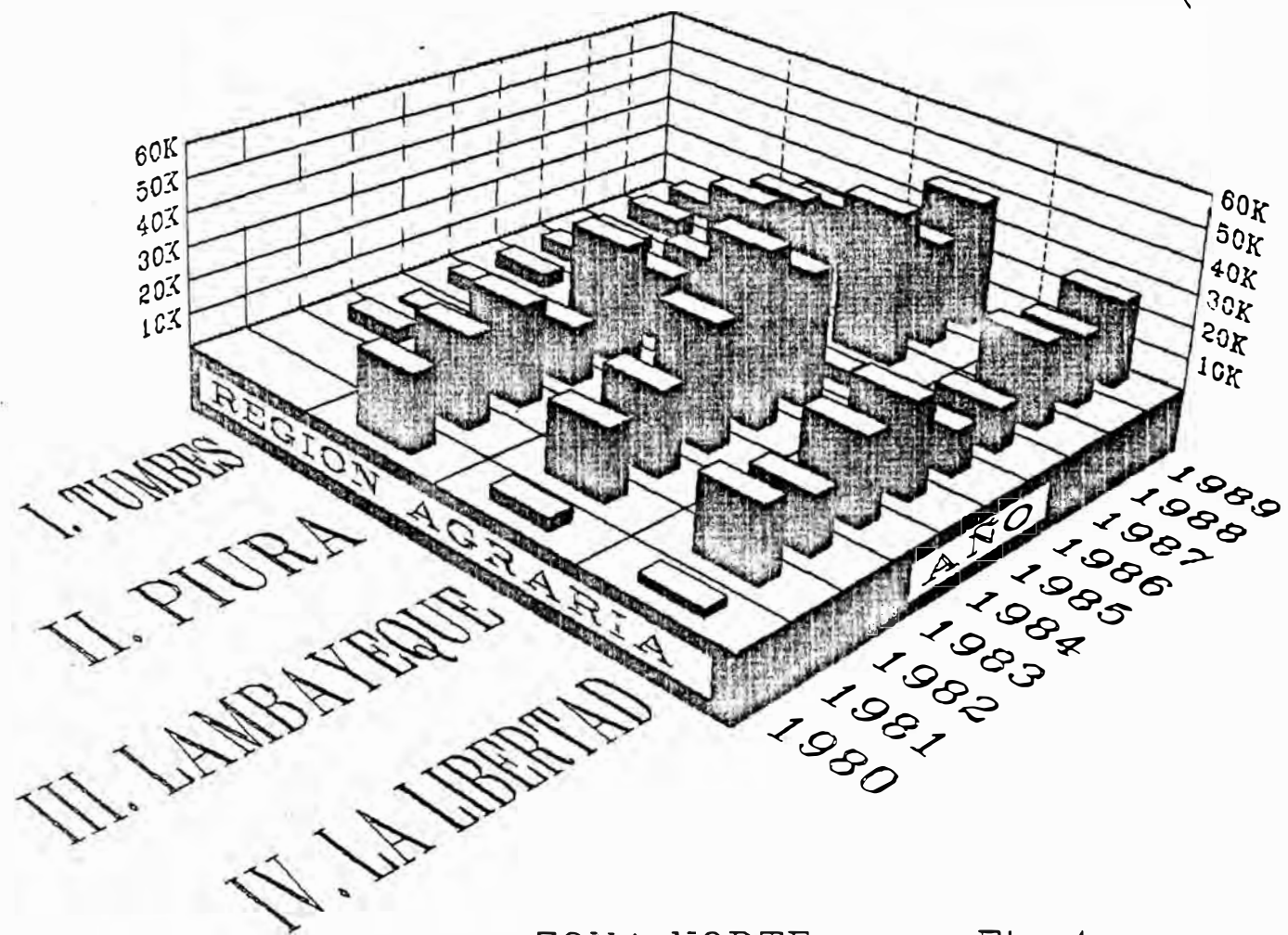
CUADRO No. 8

## CUADRO COMPARATIVO DE SUPERFICIE COSECHADA A NIVEL NACIONAL DE ARROZ CASCARA ( Has. )

REGION AGRARIA	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
I. TUMBES	—	—	4,370	1,290	4,414	4,253	4,672	4,395	6,055	5,538
II. PIURA	22,814	26,979	29,766	17,490	35,834	21,102	20,089	33,069	29,085	21,864
III. LAMBAYEQUE	3,655	20,910	24,685	37,028	51,934	39,955	45,200	46,484	32,195	39,477
IV. LA LIBERTAD	2,413	21,711	16,921	25,768	28,515	13,400	13,154	26,056	21,923	26,783
V. ANCASH	985	1,663	2,119	3,115	3,024	4,115	2,938	2,689	2,513	2,404
VI. LIMA	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
VII. ICA	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
VIII. AREQUIPA	9,252	9,912	10,735	10,750	8,656	11,123	11,063	12,247	14,500	13,933
IX. MOQUEGUA	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
X. TACNA	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
XI. CAJAMARCA	8,454	11,482	12,249	15,191	14,276	13,302	13,529	14,912	14,680	17,128
XII. AMAZONAS	—	12,175	13,904	15,207	18,961	15,003	17,231	19,014	23,831	19,226
XIII. SAN MARTIN	24,121	23,692	19,434	30,854	42,789	46,720	48,162	32,901	34,092	28,931
XIV. HUANUCO	1,562	2,316	876	542	871	900	1,413	1,163	1,028	816
XV. PASCO	—	—	440	460	600	650	1,495	1,330	1,185	1,240
XVI. JUNIN	714	852	887	1,049	933	883	1,040	837	1,473	899
XVII. HUANCAMELICA	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
XVIII. AYACUCHO	168	200	268	696	795	398	450	776	996	785
XIX. APURIMAC	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
XX. CUZCO	960	1,060	1,043	1,237	900	1,180	1,495	2,170	1,819	1,470
XXI. PUNO	192	398	193	169	192	215	228	240	248	190
XXII. LORETO	18,987	25,639	22,561	27,258	27,522	35,140	34,355	20,273	18,560	21,620
XXIII. UCAYALI	—	—	6,691	4,801	5,558	4,225	6,235	6,108	5,936	6,889
XXIV. MADRE DE DIOS	1,682	2,895	2,271	2,291	2,726	3,749	4,901	4,801	5,356	4,320
<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>95,939</b>	<b>149,698</b>	<b>169,413</b>	<b>195,196</b>	<b>248,500</b>	<b>216,314</b>	<b>187,543</b>	<b>229,465</b>	<b>215,475</b>	<b>213,313</b>

Fuente: Oficina Sectorial de Estadística  
 Estadística Agrícola, Hojas Informativas  
 Año 1980 - 1989  
 Ministerio de Agricultura - Lima.

# SUPERFICIE COSECHADA DE ARROZ CASCARA (Has.)



ZONA NORTE

Fig. 1

CUADRO No. 9

CUADRO COMPARATIVO DE DISPONIBILIDAD DE PAJA DE ARROZ A NIVEL NACIONAL ( TM )

REGION AGRARIA	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
I. TUMBES	—	—	6,555	1,935	6,621	6,380	7,008	6,593	9,083	8,307
II. PIURA	34,221	40,469	44,649	26,235	53,751	31,653	30,134	49,604	43,628	32,496
III. LAMBAYEQUE	5,483	31,365	37,028	55,542	77,901	59,933	67,800	69,726	48,293	59,216
IV. LA LIBERTAD	3,620	32,567	25,382	38,652	42,773	20,100	19,731	39,084	32,885	40,175
V. ANCASH	1,478	2,495	3,179	4,673	4,536	6,173	4,407	4,034	3,770	3,606
VI. LIMA	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
VII. ICA	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
VIII. AREQUIPA	13,878	14,868	16,103	16,125	12,984	16,685	16,595	18,371	21,750	20,900
IX. MOQUEGUA	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
X. TACNA	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
XI. CAJAMARCA	12,681	17,223	18,374	22,787	21,414	19,953	20,294	22,368	22,020	25,692
XII. AMAZONAS	—	18,263	20,856	22,811	28,442	22,505	25,847	28,521	35,747	28,839
XIII. SAN MARTIN	36,182	35,538	29,151	46,281	64,184	70,080	72,243	49,352	51,138	43,397
XIV. HUANUCO	2,343	3,474	1,314	813	1,307	1,350	2,120	1,745	1,542	1,224
XV. PASCO	—	—	660	690	900	975	2,243	1,995	1,778	1,860
XVI. JUNIN	1,071	1,278	1,331	1,574	1,400	1,325	1,560	1,256	2,210	1,349
XVII. HUANCVELICA	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
XVIII. AYACUCHO	252	300	402	1,044	1,193	597	675	1,164	1,494	1,178
XIX. APURIMAC	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
XX. CUZCO	1,440	1,590	1,565	1,856	1,350	1,770	2,243	3,255	2,729	2,205
XXI. PUNO	288	597	290	254	288	323	342	360	372	285
XXII. LORETO	28,481	38,459	33,842	40,887	41,283	52,710	51,533	30,410	27,840	32,430
XXIII. UCAYALI	—	—	10,037	7,202	8,337	6,338	9,353	9,162	8,904	10,334
XXIV. MADRE DE DIOS	2,493	4,343	3,407	3,437	4,089	5,624	7,352	7,202	8,034	6,480
TOTAL NACIONAL	143,909	224,547	254,120	292,794	372,750	324,471	281,315	344,198	323,213	319,970

Fuente: Oficina Sectorial de Estadística  
del Ministerio de Agricultura - Lima.

CUADRO No. 10

COMPARATIVO DE PRODUCCION DEL CULTIVO A NIVEL NACIONAL DE ARROZ CASCARA (TM)

REGION AGRARIA	Campaña 84/85		Campaña 86/87		Campaña 88/89	
	84	85	86	87	88	89
I. TUMBES		26,791	31,372	25,666	41,254	34,304
II. PIURA	24,130	117,661	126,238	174,444	192,879	132,842
III. LAMBAYEQUE	177,978	211,075	27,985	321,917	184,114	209,260
IV. LA LIBERTAD	304,248	74,304	74,018	154,891	121,504	176,668
V. ANCASH	152,787	24,703	18,801	17,558	18,093	14,810
VI. LIMA	18,745	—	—	—	—	—
VII. ICA	—	—	—	—	—	—
VIII. AREQUIPA	—	107,717	108,801	124,374	146,200	149,899
IX. MOQUEGUA	77,825	—	—	—	—	—
X. TACNA	—	—	—	—	—	—
XI. CAJAMARCA	—	70,647	71,021	77,449	80,187	91,584
XII. AMAZONAS	75,742	73,600	89,445	91,551	115,832	92,318
XIII. SAN MARTIN	83,584	149,489	108,938	87,719	106,447	109,729
XIV. HUANUCO	128,715	2,335	4,055	3,101	2,887	1,786
XV. PASCO	1,742	1,747	2,228	1,669	1,226	1,274
XVI. JUNIN	681	1,276	1,508	1,112	2,037	1,322
XVII. HUANCANELICA	1,344	—	—	—	—	—
XVIII. AYACUCHO	—	294	257	659	1,188	962
XIX. APURIMAC	1,170	—	—	—	—	—
XX. CUZCO	—	1,978	2,425	4,073	3,384	2,740
XXI. PUNO	1,625	318	338	360	365	268
XXII. LORETO	276	84,284	39,396	61,230	43,615	50,807
XXIII. UCAYALI	58,956	8,850	12,342	10,586	9,913	14,408
XXIV. MADRE DE DIOS	12,135	6,748	6,965	6,858	8,917	6,479
	4,090					
<b>TOTAL NACIONAL</b>		<b>963,817</b>	<b>725,915</b>	<b>1,169,203</b>	<b>1,080,022</b>	<b>1,091,460</b>
	<b>1,155,773</b>					

Fuente: Oficina Sectorial de Estadística del Ministerio de Agricultura - Lima

CUADRO No. 11

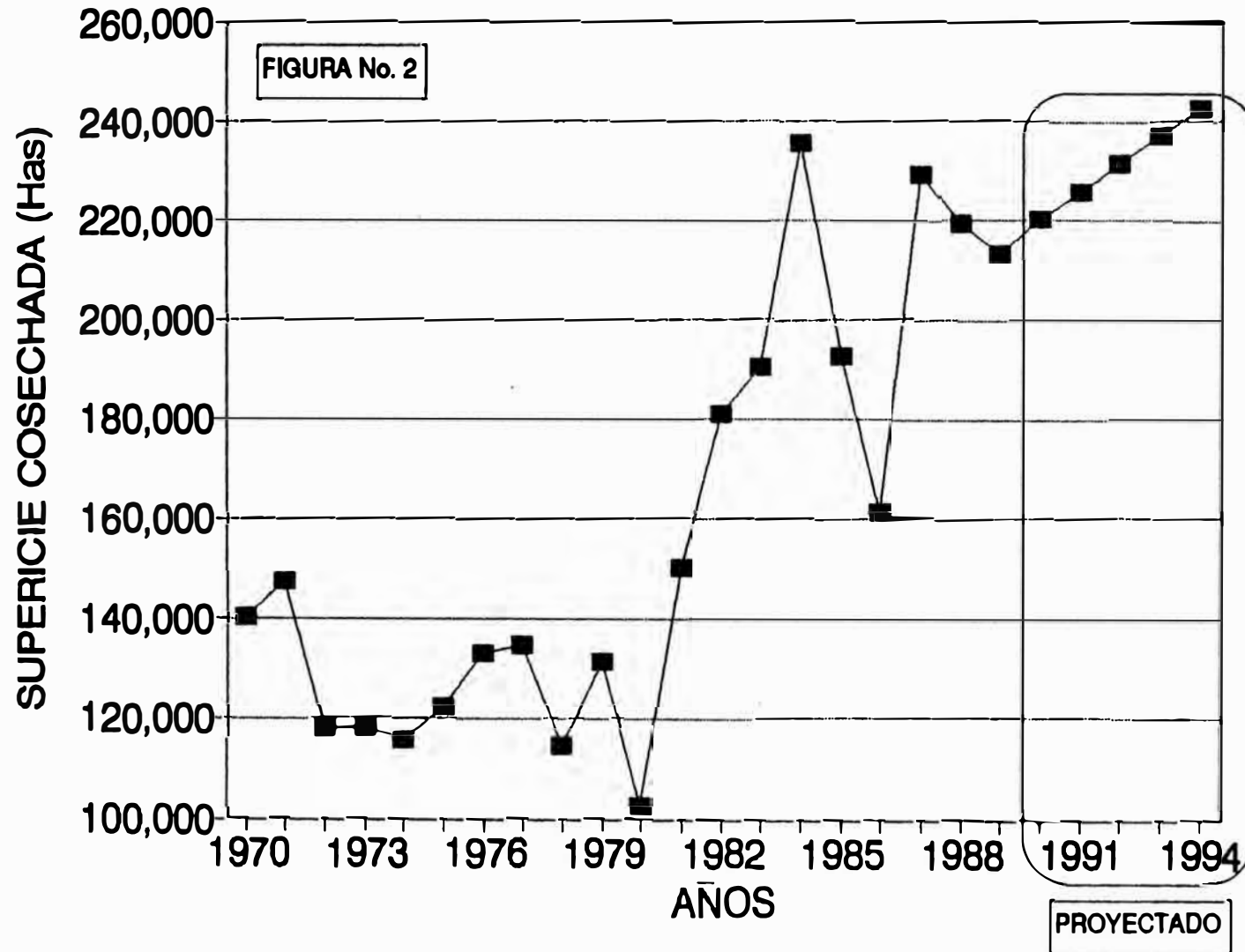
**PRODUCCION, SUPERFICIE COSECHADA DE ARROZ CASCARA Y DISPONIBILIDAD DE PAJA DE ARROZ A NIVEL NACIONAL**

AÑO	PRODUCCION DE ARROZ CASCARA PILADO (TM)	SUPERFICIE COSECHADA (Has)	DISPONIBILIDAD DE PAJA DE ARROZ (TM)
1970	586,721	140,395	210,593
1971	591,111	147,340	221,010
1972	482,326	118,055	177,083
1973	483,471	117,805	176,708
1974	494,237	115,755	173,633
1975	536,835	122,480	183,720
1976	570,415	133,165	199,748
1977	594,010	134,656	201,984
1978	467,758	114,274	171,411
1979	560,399	131,445	197,168
1980	441,371	102,532	153,798
1981	760,176	150,213	225,320
1982	825,730	180,923	271,385
1983	797,560	190,498	285,747
1984	1,134,997	235,410	353,115
1985	878,279	192,711	289,067
1986	725,915	161,153	241,730
1987	1,168,600	229,465	344,198
1988	1,129,240	219,247	328,871
1989	1,091,460	213,313	319,970
1990	1,129,256	220,151	330,227
1991	1,167,305	225,746	338,619
1992	1,205,353	231,342	347,013
1993	1,243,402	236,937	355,406
1994	1,281,450	242,532	363,798

Fuente: 1970-1984: Anuario Estadístico Agrícola  
 1985-1989: Boletín de Estadística Continua  
 Ministerio de Agricultura  
 Oficina Sectorial de Estadística  
 1990-1994: Datos proyectados



# DISPONIBILIDAD DE PAJA DE ARROZ EN BASE A LA SUPERFICIE COSECHADA



**CUADRO No. 12**  
**CUADRO DE SUPERFICIE ACUMULADA SEMBRADA DE LOS CULTIVOS**  
**PROGRAMADOS A NIVEL NACIONAL DE ARROZ CASCARA EN EL PERIODO 1986 (Has.)**

REGION AGRARIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
I. TUMBES	2,785	4,610	4,672	4,672	4,672	4,672	4,672	-	-	-	-	381
II. PIURA	12,930	18,898	19,482	19,482	19,482	19,482	20,089	229	345	735	895	3,195
III. LAMBAYEQUE	1,781	4,107	4,520	4,520	4,520	4,520	4,520	-	120	156	162	338
IV. LA LIBERTAD	4,335	10,542	13,154	13,154	13,154	13,154	13,154	-	30	55	105	597
V. ANCASH	1,180	2,255	2,938	2,938	2,938	2,938	2,938	-	-	-	55	1,180
VI. LIMA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VII. ICA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VIII. AREQUIPA	11,633	11,633	11,633	11,633	11,633	11,633	11,633	-	-	51	2,279	9,008
IX. MOQUEGUA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X. TACNA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
XI. CAJAMARCA	5,025	7,547	9,425	12,130	12,592	13,529	13,529	926	1,954	2,401	2,648	3,210
XII. AMAZONAS	3,948	9,793	11,128	13,843	16,808	17,231	17,231	316	2,538	3,339	3,350	3,368
XIII. SAN MARTIN	20,411	31,233	35,094	36,084	46,492	46,492	48,162	1,595	5,762	7,009	8,859	17,656
XIV. HUANUCO	1,293	1,395	1,400	1,408	1,202	1,315	1,413	-	27	365	580	1,042
XV. PASCO	1,145	1,445	1,445	1,495	1,175	1,300	1,495	-	-	-	1,000	1,115
XVI. JUNIN	1,040	1,040	1,040	1,040	1,040	1,040	1,040	-	60	244	455	855
XVII. HUANCVELICA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
XVIII. AYACUCHO	450	450	450	450	450	450	450	-	68	258	383	450
XIX. APURIMAC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
XX. CUZCO	1,495	1,495	1,495	1,495	1,495	1,495	1,495	-	50	238	920	1,280
XXI. PUNO	228	228	228	228	228	228	228	20	65	169	228	228
XXII. LORETO	11,823	10,900	10,930	11,867	12,892	30,300	34,355	551	1,369	5,091	9,508	9,855
XXIII. UCAYALI	3,416	3,471	3,464	3,822	4,411	6,235	6,235	73	444	1,323	1,968	3,208
XXIV. MADRE DE DIOS	4,901	4,901	4,901	4,901	4,901	4,901	4,901	-	545	1,947	5,257	4,901
<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>89,819</b>	<b>125,943</b>	<b>137,399</b>	<b>145,172</b>	<b>159,950</b>	<b>180,915</b>	<b>187,543</b>	<b>3,710</b>	<b>3,384</b>	<b>23,381</b>	<b>38,256</b>	<b>61,867</b>

Fuente: Oficina Sectorial de Estadística del Ministerio de Agricultura - Lima.

CUADRO No. 13

## CUADRO DE CULTIVO ACUMULADO A NIVEL NACIONAL DE ARROZ CASCARA - AÑO 1986 ( TM )

REGION AGRAR	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
I. TUMBES	-	-	-	875	5,495	26,562	30,772	30,772	31,372	31,372	31,372	31,372
II. PIURA	475	4,337	3,651	5,548	15,436	75,270	106,890	106,890	122,747	123,165	124,341	126,238
III. LAMBAYEQ	-	-	-	90	2,356	13,091	23,557	23,557	27,985	27,985	27,985	27,985
IV. LA LIBERT	-	150	150	654	1,551	6,675	24,853	24,853	67,699	74,018	74,018	74,018
V. ANCASH	-	-	-	-	9,870	18,801	18,801	18,801	18,801	18,801	18,801	18,801
VI. LIMA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VII. ICA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VIII. AREQUIPA	-	-	2,005	34,873	77,405	108,375	108,575	108,575	108,575	108,575	108,575	108,575
IX. MOQUEGU	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X. TACNA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
XI. CAJAMARC	3,384	8,311	8,944	11,525	13,586	23,321	38,151	39,037	65,107	68,881	69,949	71,029
XII. AMAZONA	4,969	13,792	14,124	14,200	19,685	32,139	55,334	55,566	88,549	89,033	89,275	89,445
XIII. SAN MART	5,721	21,321	34,079	47,579	57,267	85,182	110,592	112,622	99,518	101,009	103,129	108,939
XIV. HUANUC	-	-	90	607	955	2,035	3,533	3,553	3,553	3,570	3,713	4,055
XV. PASCO	42	-	540	2,100	3,075	3,075	2,153	2,228	2,228	2,228	2,228	2,228
XVI. JUNIN	-	10	320	657	1,262	1,539	1,508	1,508	1,508	1,508	1,508	1,508
XVII. HUANCA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
XVIII. AYACUC	-	35	87	193	257	257	257	257	257	257	257	257
XIX. APURIMA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
XX. CUZCO	75	255	480	1,110	1,865	2,425	2,425	2,425	2,425	2,425	2,425	2,425
XXI. PUNO	-	17	68	168	278	338	338	338	338	338	338	338
XXII. LORETO	4,860	4,548	10,734	15,913	17,751	18,815	17,593	25,780	23,870	34,676	51,976	58,377
XXIII. UCAYALI	960	2,896	4,783	6,311	6,685	6,817	6,827	9,047	8,975	10,029	11,875	12,342
XXIV. MADRE	-	655	3,088	6,965	6,955	6,915	6,965	6,965	6,965	6,965	6,965	6,965
TOTAL NACIO	20,444	56,377	83,148	149,374	241,744	431,061	558,311	683,523	675,472	704,835	728,730	744,916

Fuente: Oficina Sectorial de Estadística del Ministerio de Agricultura - Lima.

#### **IV. ESTUDIO GENERAL DEL PRODUCTO, MATERIA PRIMA Y PROCESO DE PRODUCCION**

##### **4.1. PRODUCTO : PULPAS CELULOSICAS**

El propósito de "digestar" la materia prima es disolver la porción no celulósica, responsable de la cementación de las fibras entre sí, para la obtención de una "pulpa" de fibras individuales principalmente compuesta por celulosa.

##### **4.1.1. CLASIFICACION DE PULPAS**

Las propiedades físicas y químicas de las pulpas celulósicas usadas en la fabricación de papel dependen de dos factores importantes: de la materia prima empleada que abarca desde la tradicional fuente de materia fibrosa, madera, hasta las recientemente estudiadas materias no fibrosas yute, bambú, paja de arroz, etc. y del proceso de elaboración empleado para su obtención realizado en forma mecánica, semiquímica o totalmente química.

##### **4.1.1.1. POR LA MATERIA PRIMA EMPLEADA**

Todas las materias primas fibrosas se prestan de por sí a ser procesadas variando ampliamente en conveniencia y respuesta. Desde el punto de vista mundial la madera representa del 85 al 90% de las materias primas fibrosas consumidas. La pulpa producida a partir de diferentes tipos de madera varían considerablemente en tiempo de cocción requerido y resistencia. Muchas de las principales plantas fibrosas no madera usadas en la industria de papel tal como bagazo de caña de azúcar, paja de cereales y paja de arroz, carrizo y esparto son clasificada/s como materia prima de fibra corta con un promedio de longitud sobre 1.1-1.7 mm. Bamboo y otros importantes miembros de su clase, cañamo, linter de algodón son clasificados como fibra larga con 2.7-6.0 mm.

##### **4.1.1.2. POR EL PROCESO DE ELABORACION**

La mayoría de las pulpas comerciales se producen

mediante la utilización productos químicos que contiene azufre, oxígeno y alcalí, de acuerdo a la intensidad de la acción química de éstos y el proceso físico-mecánico ejercido sobre los materiales fibrosos serán denominados totalmente mecánico, semiquímica, química o mecanoquímicas.

#### **4.1.1.2.1. OBTENCION DE PASTA MECANICA**

Es el proceso por el cual el material fibroso es convertido en pulpa forzando dicho material contra una piedra de molino que gira a alta velocidad. Puesto que las fibras de esta pasta en realidad se desgarran de la madera varían en longitud y composición. El papel hecho a partir de pasta mecánica es suave, voluminoso, absorbente y opaco. Es también bastante débil y está sujeto a deteriorarse con el tiempo especialmente a la luz solar. Existen dos razones básicas para usar pasta mecánica en papeles de impresión y similares, su bajo costo y la tendencia a absorber rápidamente la tinta de las prensas de impresión a alta velocidad. La pastas mecánicas para cartón y cartones de construcción son las más corrientes de todas cuantas se fabrican, se emplean maderas de calidad muy pobre y las fibras se obtienen por medio de piedras afiladas y presiones altas.

#### **4.1.1.2.2. OBTENCION DE PULPAS QUIMICAS**

La separación de fibras de celulosa del material fibroso en condiciones tales que en la fibra se produzcan propiedades comercialmente deseables se logra solubilizando la capa de lignina. Para efectuar la eliminación de la lignina es necesario que el reactivo llegue a los sitios de reacción, con este objeto se cuece el material lignocelulósico a tratar, y quedará una pulpa de fibras individuales que pueden volver a reunirse en una hoja de papel. El grado de eliminación de lignina depende del uso final de la pulpa, del material tratado y del reactivo empleado.

Tal como se muestra en el Cuadro N° 14 los



compuestos de azufre se utilizan en todo el rango del pH cubierto por los diferentes procesos de obtención de pulpas y los grupos químicos que derivan de estos compuestos en solución acuosa corresponden a los niveles específicos de pH que se mantienen en dichos procesos. Las principales variables de reacción que se estudian son: composición y concentración de licor, temperatura, tiempo, presión y pH.

#### A. PULPAS ALCALINAS

##### PROCESO A LA SODA

Los principios bajos los cuales el proceso funciona es la potencia solvente de la soda caústica para ciertos constituyentes del material fibroso. La degradación es en general, mayor para algunos cuando estos son disueltos por el proceso al sulfito.

Dependiendo de la materia prima la operación de cocción realizada a baja temperatura disuelve una apreciable cantidad de materiales no celulósicos. Las variables de proceso que generalmente se controla en los procesos a la soda son : concentración del licor, temperatura, tiempo y relación de baño.

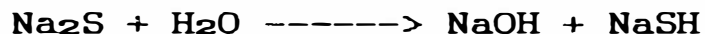
El licor obtenido una vez finalizada la digestión, denominado "**licor negro**", generalmente de color marrón oscuro debido a la presencia de lignina que se separa de la fibra durante el lavado contiene ciertas cantidades del alcalí originalmente empleado junto con otras materias orgánicas.

##### PROCESO AL SULFATO

El proceso al sulfato utiliza en el licor de digestión sulfuro de sodio. Las variables que determinan la calidad final de la pulpa son la calidad y el tipo del material fibroso a digerirse, tiempo de digestión, temperatura de digestión, sulfidez del licor, relación de productos químicos a material fibroso, concentración del reactivo de cocción en el licor.

El sulfuro de sodio se hidroliza en agua para formar

hidróxido de sodio y sulfhidrato de sodio :



El sulfuro de sodio aumenta la rapidez de separación de la lignina porque la reacción del sulfuro ácido de sodio con la lignina introduce el grupo -SNa que tiende a hacer más soluble a la lignina.

Las cocciones kraft originan una pérdida mayor de glucosa lo que obliga a interrumpir la digestión antes de que el G.P. disminuya a unas aproximadamente 1500 unidades de glucosa. La resistencia de la pulpa decae al disminuir el G.P.

#### B. PROCESO AL SULFITO

Las reacciones de deslignificación se efectúan como resultado de la presencia y reacción del bisulfito y otros iones en el licor de cocción por ejemplo, para el proceso al sulfito ácido con base de amoníaco, el ácido de la torre, consiste de una solución acuosa de bisulfito de amonio junto con ácido sulfuroso.

La naturaleza de las diversas reacciones químicas involucradas en la solubilización de la lignina aún no se conoce completamente, pero como resultado de muchas contribuciones importantes de Hagglund, Freudenberg, Erdtman, Hibbert, Maas, Purves y otros, actualmente parece ser que las dos principales reacciones químicas del proceso de obtención de pulpas al sulfito son las de sulfonación e hidrólisis, aunque bajo ciertas condiciones también puede ser importante la reacción de policondensación. Parece ser, que los iones bisulfito en la solución de reactivos, reaccionan con las unidades estructurales de lignina para formar grupos sulfonato.

#### 4.1.1.2.3. OBTENCION DE PULPAS SEMIQUIMICAS

La primera etapa o etapa química de los procesos semiquímicos el material fibroso se sujeta a una acción química con o sin aplicación de calor debilitando el complejo lignina-carbohidrato de la unión entre fibras, esta es la "**pulpa cruda**". En la segunda etapa o etapa



mecánica del proceso semiquímico el material fibroso, parcialmente convertido en pulpa, se sujeta a desfibración para obtener la pulpa y a refinación para adaptarla a la fabricación de papel. Los rendimientos se encuentran comprendidos entre los de pasta mecánica y los de pulpas completamente químicas, 55% a 95% afectado en la parte química por las propiedades físicas y características químicas del material fibroso, composición del licor de cocción, cantidad de reactivos aplicados, tiempo y temperatura de cocción y en la etapa mecánica por las propiedades del material provenientes de la etapa química y por su subdivisión, la consistencia de la suspensión, temperatura y diseño de la máquina desfibradora y de sus elementos.

Se conocen los procesos semiquímicos al sulfito neutro, semiquímico a la soda, las reacciones del licor kraft son similares, con excepción de la formación de tiolignina y su posterior disolución. Debido a la naturaleza bufferizante del sulfhidrato de sodio del licor kraft, en este proceso el ataque sobre las hemicelulosas y celulosa es menor que en el proceso a la soda. En los procesos al sulfito ácido y bisulfito, conducidos en condiciones ácidas predomina la reacción de delignificación en las cuales las hemicelulosas se disuelven menos que en los otros procesos aumentando el rendimiento del proceso.

Se usan altos porcentajes en la fabricación de papeles bond y de escritura, en papeles "glassine" y a prueba de grasa, en papel periódico y cartón corrugado.

En la Tabla N° 15 se presenta una clasificación de los procesos de obtención de pulpa basada en la terminología actual que muestra como se relacionan y se superponen al rendimiento.

Las cifras más bajas indican pulpas para disolver (celulosa química) las que después de un tratamiento químico ulterior se emplean en la manufactura de celofán.

**CUADRO N° 15**  
**DIVERSOS PROCESOS DE OBTENCION DE PULPA Y SUS**  
**RENDIMIENTOS**

PROCESO	RENDIMIENTO (%)
Mecánico (pasta mecánica)	90 - 95
Químico-Mecánico (pasta macánica)	85 - 90
Quimi-Mecánico :	
A la soda en frío, al sulfito de sodio, al bisulfito	85 - 95
Semiquímico :	
Al sulfito neutro, al bisulfito, kraft, a la soda	65 - 85
De fibras corrientes :	
Con vapor, con tratamiento químico moderado	70 - 90
Químico de alto rendimiento :	
Kraft, al sulfito	50 - 65
Químico :	
Al sulfato, a la soda, al sulfito, al bisulfito	40 - 50
Al sulfato, con prehidrólisis	35 - 40

**4.2. MATERIA PRIMA : DESECHO AGRICOLA "PAJA DE ARROZ"**

**4.2.1. ESTUDIO DE LA PLANTA GRAMINEA : ARROZ.**

Los procesos naturales de evolución han causado en las plantas de arroz una alta variabilidad genética demostrado por el gran número de variedades que hoy existen. La extensión del cultivo es un fenómeno sin interrupción siendo una de las plantas de cultivo más antigua y base alimenticia de los continentes de mayor población del mundo como son : Asia, Africa y América.

**4.2.1.1. ORIGEN**

Hay dos especies de arroz cultivadas, una de origen asiático **ORYZA SATIVA L.** y otra de origen africano **ORYZA GLABERRIMA Steud.** La expansión del cultivo se debe a la primera especie.

#### **4.2.1.2. TAXONOMIA**

El arroz es una Fanerógama, tipo Espermatofita, sub-tipo Angiosperma, clase Monocotiledónea, orden Glumífera, familia Gramínea, sub-familia Panicoideas, tribu Oryzae, sub-tribu Oryzineas, género Oryza

#### **SUBTRIBU ORYZINEAS**

Espiguillas bisexuales. Esta se divide en cuatro géneros, uno de ellos es el **GENERO ORYZA**, de espiguillas comprimidas lateralmente, aristadas o múticas, carióspside estrechamente cerrada por las glumas endurecidas.

#### **GENERO ORYZA**

En la especie **ORYZA SATIVA L.**, se consideran tres grupos: Indica, Jónica y Javánica o Bulú. La serie "Indica", caracterizada por carióspsides largas y estrechas, distinguidas por su mayor altura, macollamiento denso, hojas largas e inclinadas de color verde pálido y de grano con alto contenido de amilosa, lo cual da un aspecto seco, blando y poco desintegrado en la cocción, se cultivan en la India, China Meridional, Formosa, Java e Indochina. Las variedades de carióspside corta y redonda, pertenecientes a la serie "Japónica", tienen hojas erectas de color verde intenso, con menor capacidad de macollamiento que las Indicas, con mayor respuesta al nitrógeno en rendimiento, son insensibles al fotoperíodo y tolerante a bajas temperaturas, con grano de bajo contenido de amilosa, son pegajosos y tienden a desintegrarse en la cocción, se cultivan en cambio, en China, Japón, Egipto, Italia, España y Estados Unidos.

El tipo "Javánico o Bulú", es morfológicamente similar al tipo Japónico, pero sus hojas son más anchas y pubescentes, su macollamiento es bajo, pero la planta es fuerte y rígida, insensible al fotoperíodo y los granos son aristados.

#### **4.2.1.3. MORFOLOGIA DE LA PLANTA**

El conocimiento de la planta de arroz y de su morfología es importante en la investigación

diferenciando las variedades y los estudios de fisiología y mejoramiento. El arroz es una gramínea anual, de tallos redondos y huecos compuestos de nudos y entrenudos, hojas de lámina plana, unidas al tallo por la vaina y su inflorescencia es en panícula. El tamaño de la planta varía de 0.4 m (enanás) hasta 7.0 m (flotantes); el fruto es una cariósipide. La planta se ha clasificado en dos grupos :

- a. Organos vegetativos, o sea la raíz, tallos y hojas.
- b. Organos reproductores, flores y semillas.

La paja de arroz está caracterizada por contener un gran porcentaje de fibras hojosas las cuales tienen muy poco valor en la industria papelera :

Tallos	32.2 %
Vainas	33.1 %
Hojas sueltas	16.4 %
Raíces y nudos	11.9 %
Granos	0.7 %
Despojos y finos	5.5 %

#### 4.2.2. ESTUDIO DE LA COMPOSICION QUIMICA DE LA PLANTA DE ARROZ

Es de interés hacer notar que la composición química de las diferentes partes botánicas de la planta es bastante similar. El tejido de la planta está compuesto por un grupo de sustancias poliméricas que conforman la estructura de las paredes celulares de una manera compleja y altamente ordenada que se refleja en las propiedades físicas y químicas de la planta.

Los componentes químicos que conforman la planta, paja de arroz pueden ser clasificados bajo un arbitrario esquema tal como se muestra en el Cuadro N<sup>o</sup> 16.

##### 4.2.2.1. CELULOSA

La celulosa es el componente más importante en la pared celular de todas las maderas, pajas, pastos, pelos de semillas en términos de su volumen y su efecto sobre las características de los mismos estimándose que

constituye un tercio del material producido por toda la colectividad de plantas.

### FORMACION

Se forma anualmente en enormes cantidades, como resultado de la fotosíntesis. El compuesto orgánico formado es la fructosa 6, la que tras ulteriores transformaciones pasa a formar parte de los hidratos de carbono de resina : almidón y sacarosa, celulosa y glucosa.

### CUADRO Nº 16

#### COMPONENTES QUIMICOS EN LA PLANTA DE ARROZ

##### 1. COMPONENTES PRIMARIOS.

A. Total de la fracción de polisacáridos expresado como holocelulosa :	60 - 85 %
1. Celulosa	40 - 50
2. Hemicelulosa	20 - 35
B. Lignina	10 - 17

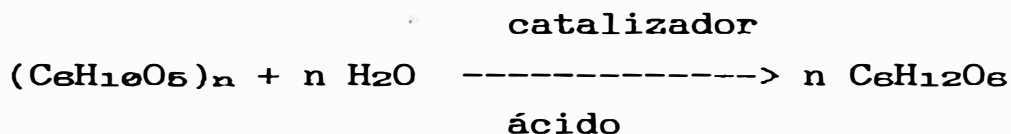
##### 2. COMPONENTES SECUNDARIOS.

1. Comp. extractivos	4 - 5
2. Cenizas	15 - 18

### ESTRUCTURA

Al analizar celulosa de algodón cuidadosamente purificada se observa que tiene 44.44% de carbono, 6.22% de hidrógeno y 49.34% de oxígeno. Esta composición corresponde a la fórmula empírica  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , donde "n" depende de la forma como se aisló, trató y purificó la celulosa y de como se hicieron las determinaciones.

La relación entre la celulosa y el monosacárido D-glucosa se ha establecido por medio de una hidrólisis ácida la cual cuando es completa y, cuando se ha usado un ácido de concentración apropiada, puede representarse por la ecuación :



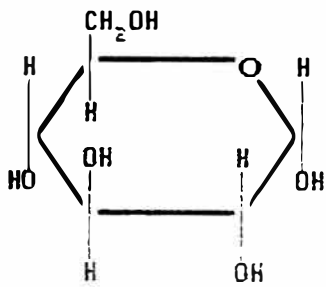
concluyéndose que la celulosa es un polímero de unidades

de D-glucosa. Las dos formas estereoisoméricas de la glucosa, que pueden identificarse por sus actividades ópticas, son la  $\alpha$ -glucosa y  $\beta$ -glucosa, diferenciándose en la posición de los grupos hidróxilo en el C-1. (Fig. N° 3) El establecimiento final de la estructura de la celobiosa y la celulosa, después de 50 años de esfuerzos, fue debido a W. N. Haworth alrededor de 1926. La estructura está dada en la Fig. N°4

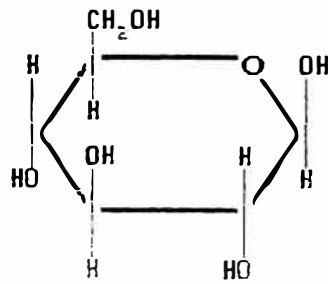
La celulosa es el resultado de una larga cadena de unidades dehidratadas  $\beta$  - D - glucosas conectadas por sus carbonos 1, 4. El resultado es un arreglo alternativo de dos moléculas de glucosa formando unidades de celobiosa las cuales en turno se unen para formar cadenas moleculares. Agua es eliminada cuando las moléculas de glucosa se unen tal como muestra la Fig. 5

#### ARREGLO SUBMICROSCOPICO O FORMACION DE FIBRAS

Estudios de Rayos X han demostrado que las unidades de celobiosa tienen una longitud de 10.3 Å. Las moléculas filiformes de celulosa difieren en su longitud y el método más satisfactorio de analizar y describir la estructura submicroscópica de una fibra es la fotografía de Rayos X. La evaluación de los diagramas de difracción de Rayos X, de las fibras de celulosa muestran que posee una estructura cristalina comparable a la de una sustancia inorgánica y un enrejado tridimensional de bordes geométricos de una simetría monoclinica. En otras zonas donde su arreglo es al azar muestran las zonas amorfas. La Fig. 6 muestra la organización en una microfibrila celulósica (cada línea representa una porción de una macromolécula) dos cadenas paralelas y una cadena central, paralela, en dirección opuesta. Estas cadenas están situadas a 3.5 Å° en una dirección y 3.1 Å° en la otra dirección y están unidas a través de enlaces de hidrógeno. Se sugiere que grupos hidróxilos primario del sexto carbono son los principales y, probablemente los únicos involucrados en el enlace.

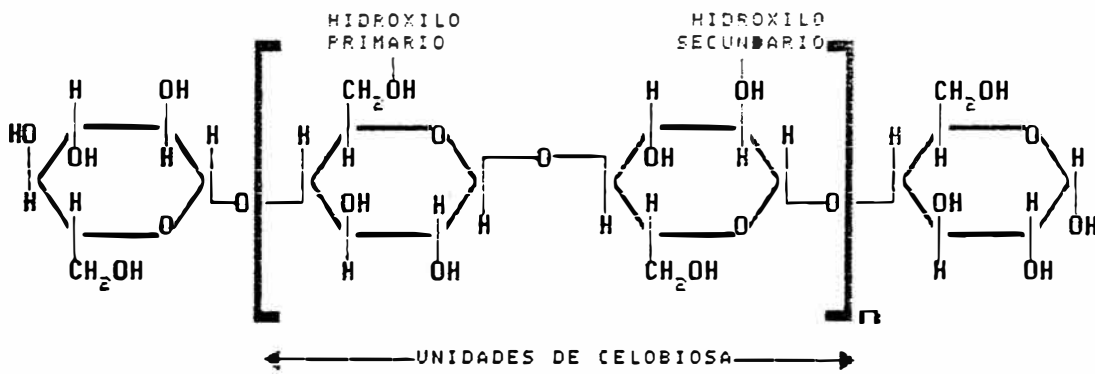


$\alpha$  - D - GLUCOSA



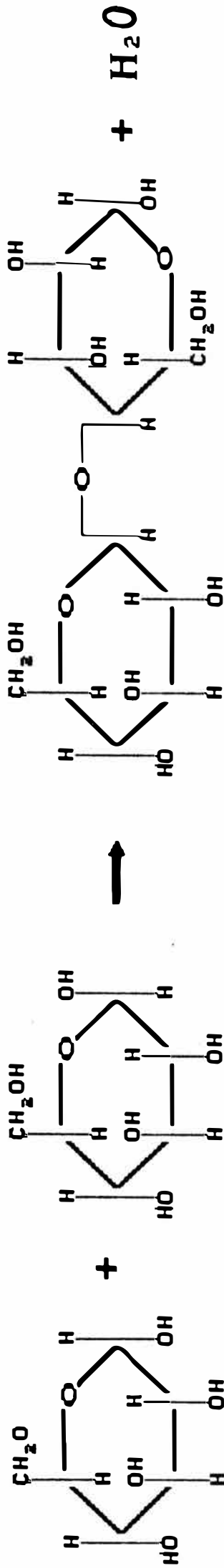
$\beta$  - D - GLUCOSA

FIG. 3



GRUPOS FINALES E INTERMEDIOS DE LA CELULOSA

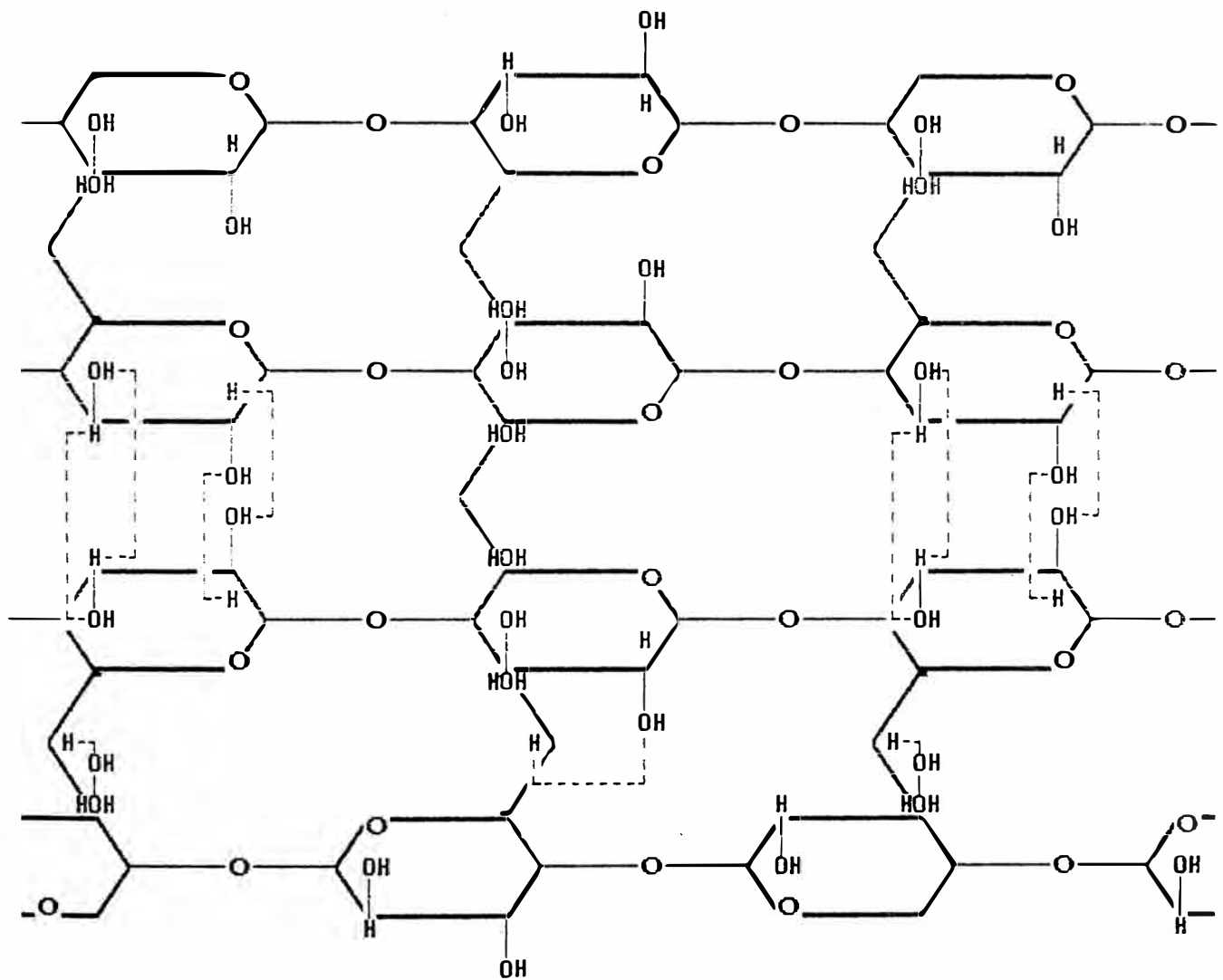
FIG. 4



UNION DE 2 MOLECULAS DE CELOBIOSA

FIG. 5





ARREGLO DE CADENAS DE CELULOSA MOSTRANDO DIFERENTES TIPOS DE ENLACE

FIG. 6

## PROPIEDADES FISICAS

### 1) GRADO DE POLIMERIZACION

La utilidad de la celulosa y sus derivados depende en gran parte del **Grado de Polimerización** promedio porque la resistencia, flexibilidad y solubilidad mejoran al aumentar el grado de polimerización. El grado de polimerización representa el número promedio de unidades de glucosa en la molécula. Los polímeros de celulosa, tal como existen en la pared celular son macromoléculas cuyas longitudes son determinadas por el número de monómeros unidos para formar el polímero. El D.P. de la celulosa varía de 10,000 para maderas, 15,000 para algodón y casi 20,000 para algunos tipos de algas, mientras que para pulpas de madera oscila entre 700 y 900, 200 a 600 para celulosa regenerada tal como rayón viscosa y celofán.

### 2) LONGITUD DE FIBRA

De acuerdo con el grado de polimerización de los materiales celulósicos, que oscila entre 2 y 20,000 y si la longitud de las macromoléculas es calculada a partir de la longitud del monómero básico de 0.515 nanómetros, se deduce que estas podrían tener una longitud que oscila entre 5 y 10 micrómetros. Existe estrecha relación entre esta característica de la fibra, su longitud y el grado de polimerización.

La longitud de fibra se determina empleando un **FIBROGRAPH**, de acuerdo a la Norma ASTM.

### 3) RESISTENCIA DE LA FIBRA A LA TENSION

La fuerza requerida para romper una fibra celulósica, expresada en libras por unidad de peso en miligramo de fibra, es una medida de la resistencia a la tensión que posee la fibra.

La fibra se vuelve más resistente y más plástica con la adición de humedad; este efecto se refleja en un cambio marcado de muchas propiedades de las fibras celulósicas, denotando la "**calidad**" de la misma.

### PROPIEDADES QUIMICAS

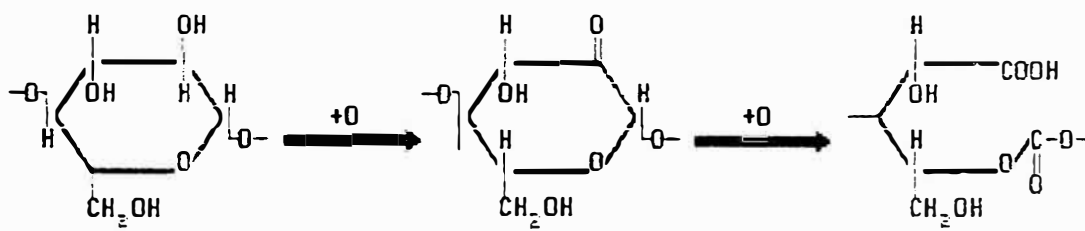
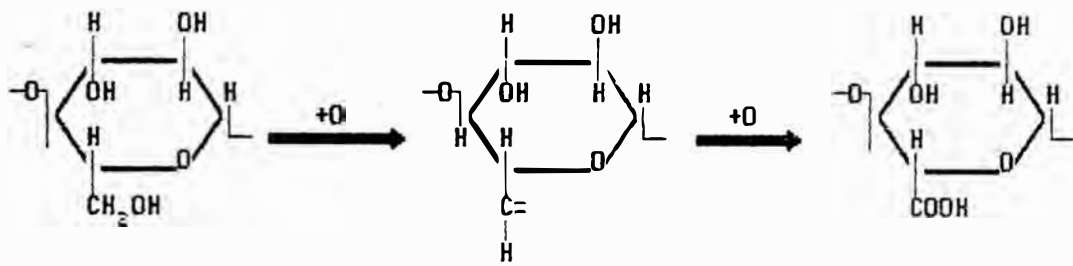
Tal como se ve en la fórmula estructural de la celulosa, los grupos hidróxilos ubicados en la sexta posición son hidróxilos primarios, mientras que los ubicados en la posición 2 y 3 son de naturaleza secundaria. En algunos casos, esta diferencia en los valores funcionales dan un preferencial ataque de uno u otro donde los grupos primarios parecen reaccionar más rápidamente que los grupos hidróxilos secundarios. Existen algunas reacciones de sustitución en las cuales la reactividad de los grupos hidróxilos pareciera interferir con la reactividad física, por ejemplo, resultado de la relación zona cristalina - zona amorfa de la materia celulósica. En otras palabras, es difícil decir que la rápida inicialización y la subsecuente más baja velocidad de reacción es un resultado de esta relación, ó de la diferente reactividad química desplegada por los grupos hidróxilos.

La gran variedad de reacciones químicas a las cuales la celulosa puede estar sujeta depende de la reactividad de sus grupos funcionales :

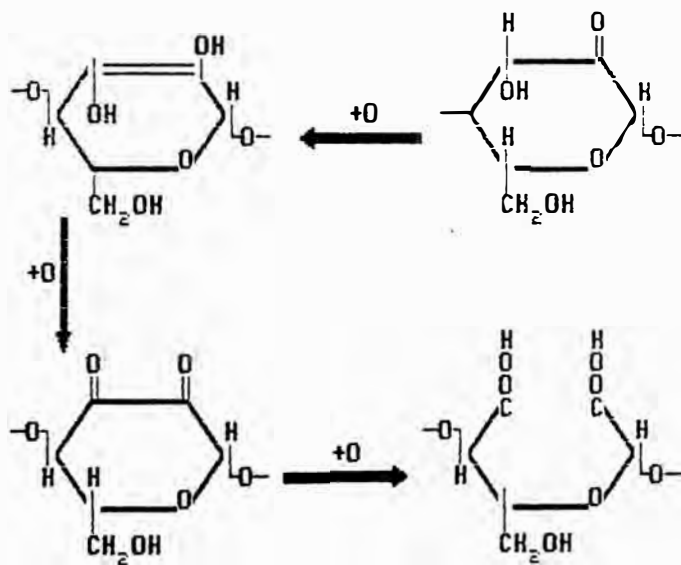
- Grupos hidróxilos, de los cuales existen 3 por cada unidad de anhidroglucosa.
- Enlaces glucosídicos, los cuales conectan las unidades anhidroglucosas con otras en dirección longitudinal.
- Grupos reductores, de los cuales existen sólo unos pocos en celulosas cuidadosamente aisladas, pero que aumentan con el incremento de la degradación.

Cuando se pone en contacto celulosa con algún agente químico, hay varios posibles efectos que dependen de la naturaleza de dicho reactivo y de su grado de penetración dentro de la celulosa :

- Reacciones de dispersión,
- Reacciones de degradación,
- Reacciones de transformación,



EN MEDIO ACIDO



EN MEDIO ALCALINO

FIG. 7

- Por acción de ácidos, de soluciones de sales, de alcalís, de agentes oxidantes y reductores.

Se ha propuesto lo siguiente para la oxidación :

En un medio ácido :

I. Oxidación de los grupos OH<sup>-</sup> primarios a grupo aldehidos y luego a grupos carboxílicos.

II. Formación de monoketona y su posterior oxidación con rompimiento del anillo y formación de carbonato de celulosa. Una parte de los grupos carboxilos forman grupos lactona ( Fig. N° 7)

En un medio alcalino :

I. El grupo OH<sup>-</sup> primario es oxidado a carboxilo.

II. La monoketona formada es isomerizada a endiol y, entonces a diketona que se descompone con formación de grupos carboxilos y ruptura de algunas unidades de macromolécula. Fig. N° 7

#### **4.2.2.2. LIGNINA**

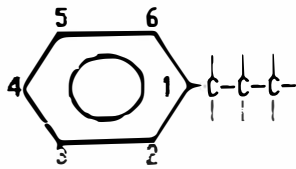
En adición a la celulosa y hemicelulosas el tercer constituyente más importante de las plantas es la lignina. La lignina en los tallos leñosos asume una función de refuerzo mecánico. Cerca de las tres cuartas partes de la lignina está situada entre las fibras individuales y el otro cuarto en las fibras mismas.

#### **FORMACION**

Durante el crecimiento de la planta primero se forma la celulosa y luego viene la lignificación, mediante el cual los espacios vacíos son llenados con la lignina, con un doble propósito: cementar y asegurar las fibras de celulosas juntas y a la vez endurecerlas protegiéndola de ataques físicos y químicos dándole rigidez al tejido leñoso.

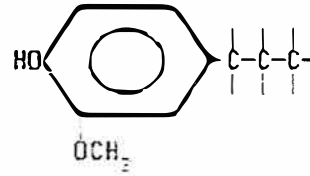
#### **ESTRUCTURA**

La química de la lignina es extremadamente compleja. Grandes progresos han sido hechos en años recientes hacia el entendimiento de la estructura de la lignina nativa.



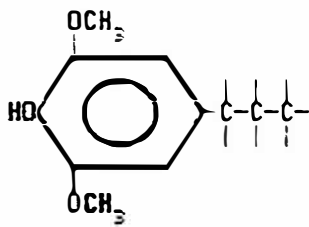
PROPILBENCENO

FIG. 8



PROPILGUAYACILO

FIG. 9



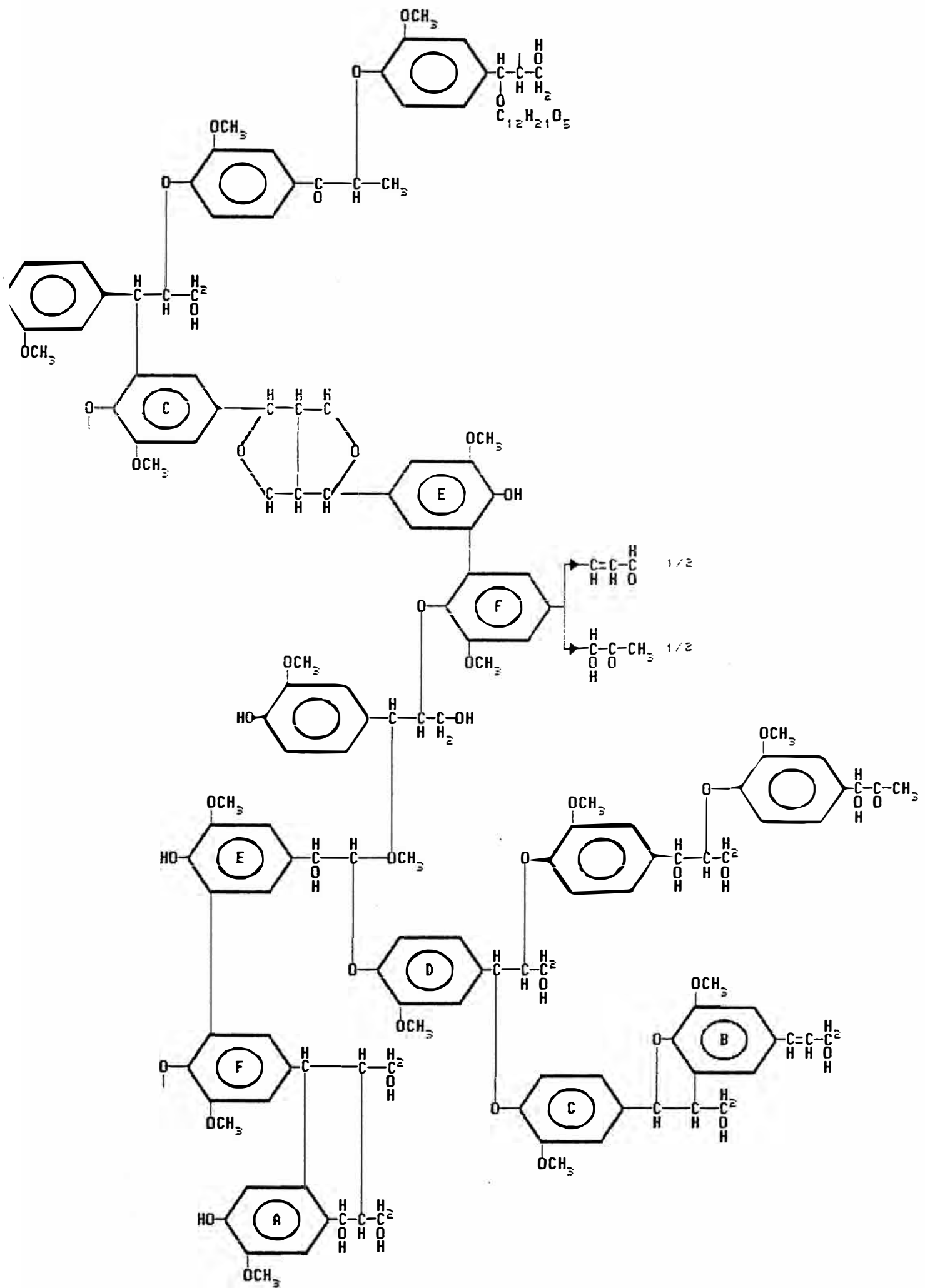
PROPILSIRINGILO

FIG. 10



PROPILFENOL

FIG. 11



UNA REPRESENTACION ESPECULATIVA DE UNA PORCION DE LA MOLECULA DE LIGNINA

FIG. 12

Es de general acuerdo que la unidad básica estructural de la lignina consiste de fenilpropano (propilbenceno) (Fig. N° 8).

Este es un anillo de benceno que puede ser sustituido hasta por tres grupos metóxilos. La adición de un grupo metóxilo ( $\text{OCH}_3^-$ ) al tercer carbono y de un grupo hidróxilo ( $\text{OH}^-$ ) al cuarto, forma la unidad denominada GUAYACILO (propilguayacilo); tal como se muestra en la Fig. N° 9. Un grupo adicional en el quinto carbono del anillo, resulta en una unidad llamada SIRINGILO (propilsiringilo) (Fig. N° 10). Un grupo hidróxilo unido al cuarto carbono del anillo como lo muestra la Fig. N° 11 conforma la unidad p-hidroxifenilpropano (propilfenol). Se muestran los sitios potenciales para los enlaces entre unidades. Cabe mencionar que, las dos primeras unidades estructurales conforman en su mayor parte la lignina de maderas duras y blandas, mientras que en la lignina del bambú, paja de cereales (paja de arroz) y otros materiales fibrosos, se encuentra también presente la unidad básica p-hidroxifenilpropano.

La Fig. 12 muestra una fórmula para la lignina de abeto sugerida por el Dr. Freudenberg, compuesta de bloques teniendo como estructura general un anillo de seis carbonos con tres átomos de carbono unidos a él; existen también además uniones éter-oxígeno, grupos carboxilos, carbonilos y ligaduras dobles alifáticas, grupos dioximetileno y grupos esterés, predominando la estructura aromática. Tal como se ve, los enlaces dobles se encuentran ocasionalmente entre algunos de los carbonos del propano, varios grupos moleculares están quizás unidos a otro átomo de carbono en la estructura.

### **AISLAMIENTO**

Con el fin de aislar la lignina del material fibroso, existen muchas condiciones drásticas que podrían ser aplicadas. Dado que los diferentes métodos empleados no conducen a los mismos resultados (incluso empleando el



mismo procedimiento, resulta difícil aislar muestras idénticas), las ligninas aisladas por cada uno de ellos reciben una denominación particular. Los métodos de aislación de la lignina quizás se pueden dividir en dos grandes grupos :

(1) Aislación de la lignina como un residuo insoluble después de un tratamiento químico, donde los carbohidratos son removidos.

(2) Aislación de la lignina por disolución, obteniendo la mayor parte de carbohidratos no disueltos.

La separación de la lignina de la celulosa es llevada a cabo comercialmente en procesos de pulpeo donde la lignina puede ser recuperada de los licores residuales. A partir de los licores negros la aislación de la lignina es llevada a cabo a una escala técnica neutralizando el licor con dióxido de carbono ó ácidos minerales. Luego la lignina obtenida es conocida como álcali-lignina ó tiolignina respectivamente. La producción de alcaliligninas es muy reducida, ya que casi toda la totalidad de los licores negros de los procesos al sulfato y a la soda se tratan por evaporación y calcinación, para recuperar reactivos.

#### PROPIEDADES FÍSICAS.

Las diferentes ligninas preparadas difieren considerablemente una de otra en sus propiedades físicas y químicas. Existe cierta evidencia de que su fórmula molecular sea  $C_9H_8.83O_2.37(OCH_3)_{0.96}$ , de modo que, el peso molecular de su unidad estructural es de aproximadamente 184.

En cuanto al grado de polimerización de la lignina resulta difícil de establecer correctamente dada la ruptura hidrolítica que inevitablemente acompaña a su extracción.

La mayoría de las ligninas aisladas exhiben una absorción máxima de luz ultravioleta; para varias ligninas es de unos 14  $\mu$  por gr-cm a 2800  $\text{A}^\circ$

aproximadamente, y para los sulfonatos de lignina, de unos 12.5 Å.

La mayoría de las ligninas aisladas son polvos amorfos de color café, en este estado, no tiene punto de fusión pero desarrolla un poder de adhesión sobre los 70° a 110 °C; es mucho menos higroscópica que la celulosa. Está presente en finas cavidades con la materia de la pared celular donde actúa como un agente incrustante y reduce los cambios dimensionales en la pared celular con cambios de humedad debido a su hidrofobia. Sin embargo, la más importante propiedad física de este polímero es su rigidez y el incremento de dureza que imparte a la pared celular en la cual está localizada.

### PROPIEDADES QUÍMICAS

Las propiedades químicas de la lignina y el hecho que no puede ser aislada sin un cambio inducen a realizar investigaciones en este campo extremadamente difícil. Sin embargo, la lignina en material fibroso y ligninas preparadas tienen ciertas propiedades químicas en común. Todos poseen cierto número de grupos metóxilo, grupos hidróxilos, un grupo fenólico, y carbonos de la unidad benzo-propano por unidad estructural de la lignina.

Existen reacciones de grupos funcionales; las reacciones de los grupos hidróxilo (OH<sup>-</sup>) de las ligninas son de considerable importancia e ilustran lo que significan las reacciones de grupos funcionales. La protolignina parece estar casi exenta de grupos acilo (RCOO<sup>-</sup>), tales como el grupo acetilo (CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>). Sin embargo, la esterificación de las funciones hidróxilo de las ligninas avanza rápidamente por un tratamiento con un cloruro de ácido (RCOCl) ó un anhídrido (RCO-O-OCR) y tiene como resultado la introducción de un máximo de aproximadamente un grupo acilo por cada unidad estructural. Estos grupos acilo en la lignina esterificada pueden fijarse a grupos hidroxilofenólicos y separarse por hidrólisis ó saponificación.

Asimismo, la esterificación de los grupos hidróxilo se puede efectuar con diazometano ( $\text{CH}_2\text{N}_2$ ), con sulfato de dimetil y álcali u otros agentes. Ciertos grupos de éter en la lignina pueden degradarse con ácido yohídrico. Los grupos metóxilo pueden romperse de esta manera para originar yoduro de metilo, el cual puede determinarse cuantitativamente (Método de Zeisel) para permitir la estimación del contenido de metoxilo de una lignina .

### REACCIONES DE OXIDACION

Una reacción de oxidación particularmente importante se presenta al tratar con álcali y otros agentes a las ligninas aisladas o ligninas in situ, para rendir una mezcla de componentes fenólicos monoméricos y de bajo peso molecular.

La ruptura del polímero de lignina por oxidación, puede implicar la pérdida de uno, dos y tres átomos de carbono de unidades de guayacilpropano (Fig. N° 13).

Puesto que la vainillina es un producto principal de la degradación alcalina, se sigue que el enlace  $\text{C}_\alpha - \text{C}_\beta$  es susceptible de romperse, aunque no tan fácilmente como el enlace  $\text{C}_\beta - \text{C}_\gamma$ . Los rendimientos de guayacol generalmente son bajos, lo que indica una considerable estabilidad del enlace que conecta el  $\text{C}_\alpha$  al núcleo del guayacilo.

### HIDROLISIS

La lignina es resistente a la hidrólisis. Refiriéndose a la estructura del modelo de lignina, las unidades estructurales están ligadas probablemente por medio de uniones éter en su mayor parte, [también se postulan uniones C-C, aril-alquílicas (D-C), uniones C-C aril-arílicas (E-F), uniones C-C alquil-alquílicas (ligadura C-E)] y uniones C-C, las cuales son resistentes a la hidrólisis producida por ácidos fuertes y prácticamente inerte a la hidrólisis alcalina.

La hidrólisis de la lignina se puede efectuar en solventes distintos al agua. La hidrólisis con alcohol y

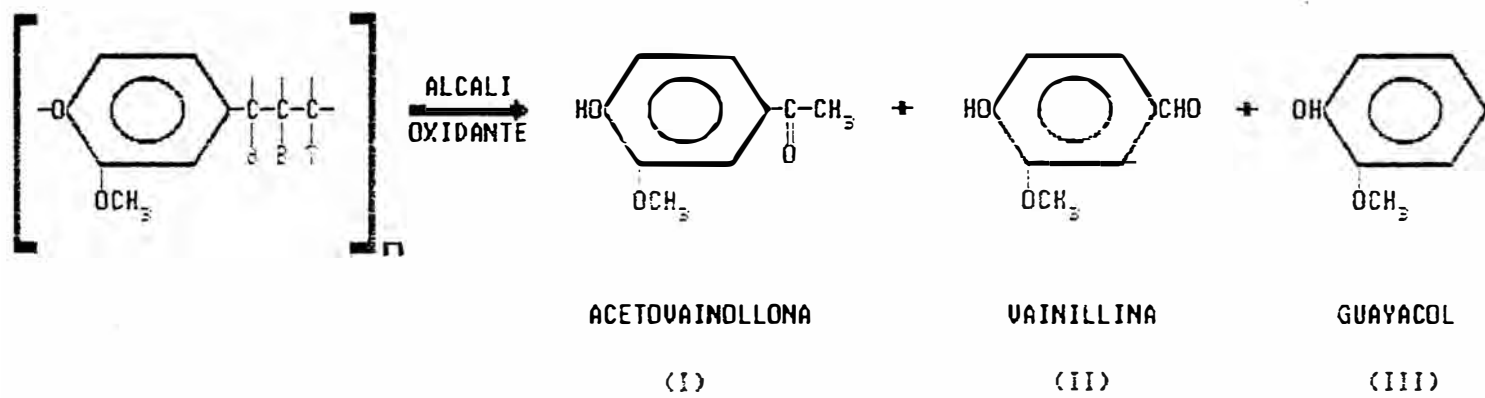


FIG. 13



FIG. 14

ácidos minerales se denomina "alcohólisis", con etanol y ácidos minerales "etanólisis".

### SULFONACION

En condiciones apropiadas, básicamente toda la lignina puede volverse soluble en agua en forma de sulfonatos de lignina. Durante la sulfonación, se considera que el polímero de la lignina sufre tres reacciones principales : (Fig. N° 14)

- Formación de grupos de sulfonato de alquilo
- Hidrólisis
- Condensación

### REACCIONES DE HIDROGENACION E HIDROGENOLISIS

La hidrogenación de la lignina se puede llevar a cabo en solución neutra, ácida ó alcalina, con ó sin adición de catalizador. Puesto que la hidrogenación generalmente está acompañada por hidrólisis, al proceso se le llama frecuentemente, hidrogenólisis. El punto al cual llega la degradación del polímero de lignina, y, la naturaleza de los productos formados, dependen en mucho, de las condiciones de reacción, temperatura, presión, solvente, pH y tipo de catalizador. Parece que las tres reacciones principales que ocurren son :

(1) Ruptura en átomos de carbono de cadenas laterales con liberación de alcoholes alifáticos.

(2) Saturación parcial ó completa de cadenas propílicas laterales.

(3) Saturación de núcleos aromáticos.

### REACCIONES DE HALOGENACION

La halogenación de la lignina con cloro se ha investigado extensamente. La lignina en pulpas no blanqueadas reacciona muy rápidamente con cloro, la cantidad de cloro que una pulpa consume es aproximadamente proporcional al contenido de lignina, y ésta cantidad, es una medida útil de la cantidad de licor de blanqueo que requiere una pulpa para su posterior delignificación. El curso de la reacción depende, de

manera especial del solvente, pH y temperatura. De acuerdo con las condiciones, el cloro puede entrar en tres reacciones principales :

(1) Sustitución de hidrógenos insertados a los átomos de carbono alquílicos ó aromáticos.

(2) Adición a dobles ligaduras C-C.

(3) Oxidación de carbonos.

#### 4.2.2.3. HEMICELULOSAS

Cuando se hace referencia a la fracción total de polisacáridos de la materia fibrosa, el término "holocelulosa" es usado, esto incluye celulosa y otros polisacáridos, llamados "hemicelulosas".

Indudablemente dentro del sistema de un tejido fibroso extraído de cualquier vegetal existen cadenas largas de celulosa que son muy similares y probablemente idénticos a los del algodón, es decir, a aquellos en los cuales las unidades de glucosa están unidas entre sí a través de la posición 1-4, sin embargo, en la celulosa de estos tejidos, generalmente también persisten cantidades más pequeñas de las otras unidades de azúcares. Estas otras unidades de azúcares, hemicelulosas, son tenazmente retenidas y pueden estar unidas a unidades de glucosa y/o entre sí.

Las hemicelulosas constituyen un 35 al 50% de los polisacáridos de la pared celular y de un 20 a 35% del total sobre la base seca de las sustancias de la pared.

La presencia de estas "impurezas" en la celulosa o cadena de glucosa, causa irregularidades que sirven para producir la zonas amorfas de la celulosa constituyendo zonas de debilidad para el ataque químico.

Esta fracción de hemicelulosa está compuesta generalmente por dos clases de sustancias :

- Los colectivamente llamados xylanos ó más generalmente, pentosanos (puesto que la xilosa es la pentosa más común) cuyas moléculas son formadas por polimerización de formas anhidras de xilosa, arabinosa y

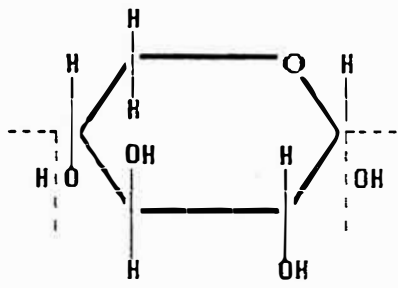
ácidos 4 - metil glucuronosil (ácido aldobiurónico) cuyas estructuras se muestran en la Fig. N° 15. La xilosa es igual a la glucosa excepto que el sexto carbono, el grupo hidroxilo primario y los hidrógenos no aparecen, encontrándose tan sólo un átomo de hidrógeno. La arabinosa muestra la misma estructura que la xilosa, pero su configuración en el carbono 4 es invertida. En el crecimiento de las fibras de material leñoso, los grupos hidroxilo primario del sexto carbono son frecuentemente reemplazados por grupos carboxilo (-COOH). Si una molécula de glucosa es así estructurada, llega a ser ácido glucurónico. En general, los grupos (-COOH) en los azúcares son referidos como ácidos urónicos.

- Hemicelulosas llamadas galacto glucomannosas, cuyas moléculas están formadas por polimerización de residuos de galactosa, glucosa y mannososa como lo muestra la Fig. N° 16. La mannososa es la misma que la glucosa, excepto por un cambio de posición del OH<sup>-</sup> y H<sup>+</sup> del segundo carbono, y la galactosa es la misma que la glucosa excepto por un intercambio en el cuarto carbono en el anillo. Como con la glucosa, una molécula de agua es perdida en la polimerización, todos estos azúcares se presentan en una forma deshidratada.

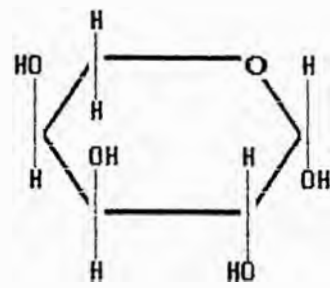
La diferencia de solubilidades puede ser explotada para la separación de hemicelulosas individuales a través del uso juicioso de cationes y concentraciones. Así, soluciones relativamente alcalinas son suficiente para disolver xilanos y galacto-glucomannosas, pero concentraciones más altas son requeridas para la extracción de glucomannosa. El hidróxido de bario es el mejor solvente para xilanos que para glucomannosa. Existen estudios que demuestran el uso de hidróxido de bario en la extracción selectiva de las tres principales hemicelulosas en estado puro.

#### PROPIEDADES FISICAS

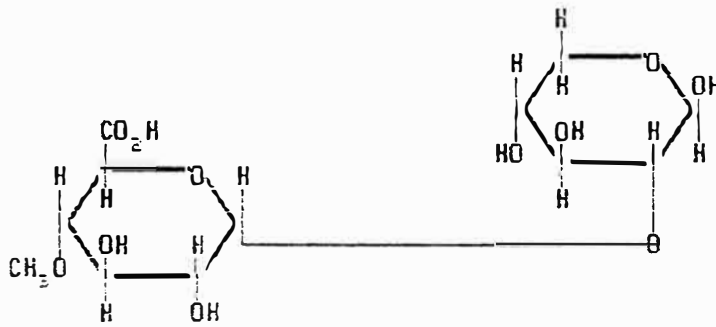
Las hemicelulosas no tienen el carácter fibroso



XYLOSA

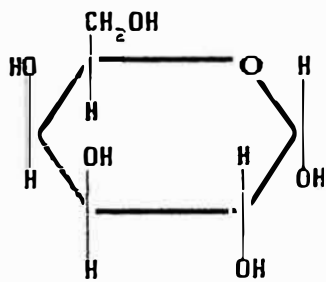


ARABINOSA

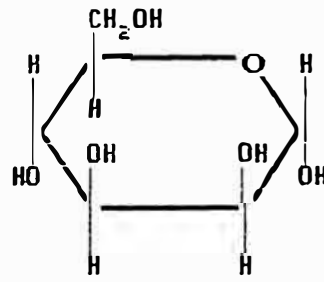


ACIDO ALDOBIURINICO

FIG. 15



GALACTOSA



MANNOSA

FIG. 16



(cristalinizado) de la celulosa; así estas pueden diferenciarse de la celulosa. La evidencia muestra que al menos una parte de las hemicelulosas pueden estar unidas a la lignina.

El grado de polimerización promedio es de aproximadamente  $150 \pm 30$ .

Las hemicelulosas (cuando están libres de lignina) se hinchan más que la celulosa y son, en parte, dispersables en agua. Tienen propiedades adhesivas que no posee la celulosa.

### **PROPIEDADES QUIMICAS**

Las hemicelulosas son bastante solubles en soluciones de soda cáustica diluida, y son degradadas por un tratamiento con ácidos minerales (sulfúrico y clorhídrico) en caliente a azúcares simples y componentes relativamente cercanos. Nuevamente su solubilidad en álcali y su facilidad para la hidrólisis sirven para distinguir las hemicelulosas de la celulosa.

En cualquier operación de obtención de pulpas químicas (delignificación) parte de las hemicelulosas iniciales se retienen en la pulpa, originando en ellas ciertas propiedades. Una parte de las hemicelulosas menos resistentes, se separan, y sus productos de degradación se encuentran en los licores gastados.

#### **4.2.2.4. COMPONENTES MENORES**

##### **4.2.2.4.1. EXTRACTIVOS**

Los extractivos representan un extremadamente amplio rango de componentes orgánicos. Ellos incluyen hidrocarburos alifáticos y aromáticos, terpenos y sus derivados, alcoholes, aldehídos, fenoles, quinonas y muchos otros, como taninos y materias colorantes siendo el más importante grupo en términos de la cantidad en que naturalmente se presenta y en importancia económica son los polifenoles y oleoresinas. Otros materiales orgánicos típicos que comúnmente se presentan son las grasas, ácidos grasos, ceras e hidrocarburos volátiles.

El contenido de extractivos se determina usando varios solventes (mezcla alcohol-benceno, éter, agua, acetona, hidrocarburos aromáticos y mezcla de alifáticos, y diversos halogenuros orgánicos sencillos) por separados, debido a la incertidumbre de la calidad y cantidad de material extraído por cada uno de ellos.

La resistencia de una planta a los ataques de microorganismos e insectos, su color, sabor, olor, o flamabilidad poco usual, deben ser atribuidos a estos materiales extraños relacionándose además a la permeabilidad y propiedades físicas tales como gravedad específica, dureza y dureza compresiva.

#### 4.2.2.4.2. CENIZAS

Los minerales se presentan en el tejido leñoso como oxalatos y carbonatos ó como minerales unidos a los grupos carboxilos de los carbohidratos. Están presentes en combinación con los carbohidratos tienen funciones fisiológicas. Por ejemplo, el N<sub>2</sub> es un componente de las proteínas, las que a su vez constituyen el protoplasma, cloroplastos y enzimas. El fósforo, como fosfato inorgánico, es un compuesto rico en energías, y como una co-enzima está directamente involucrado en la fotosíntesis. El potasio, al actuar en la apertura y cierre de los estomas tiene que ver con la difusión del CO<sub>2</sub> en los tejidos verdes. El calcio hace parte de las paredes de las células y es necesario para la división celular. El magnesio es un componente de la clorofila. El azufre es parte de las proteínas. Manganeso, ha sido encontrado especialmente en las células. Las funciones de silicio no son muy claras, parece que un incremento en la absorción de este elemento por parte de las plantas las protege de las infecciones de hongos e insectos, está también depositada como cristales de silicio, y es especialmente abundante en la paja de arroz.

Las cenizas constituyen un 10-20% de paja de arroz, sobre base seca, y de esto, hasta el 80% es sílice,

dependiendo de la constitución del suelo de la planta.

El material fibroso usualmente rico en cenizas, presenta algunos problemas especiales durante el pulpeo, como es la abrasión; y durante el proceso de recuperación de soda de licores alcalinos.

#### 4.2.3. ESTUDIO DE LAS FIBRAS EN PAJA DE ARROZ

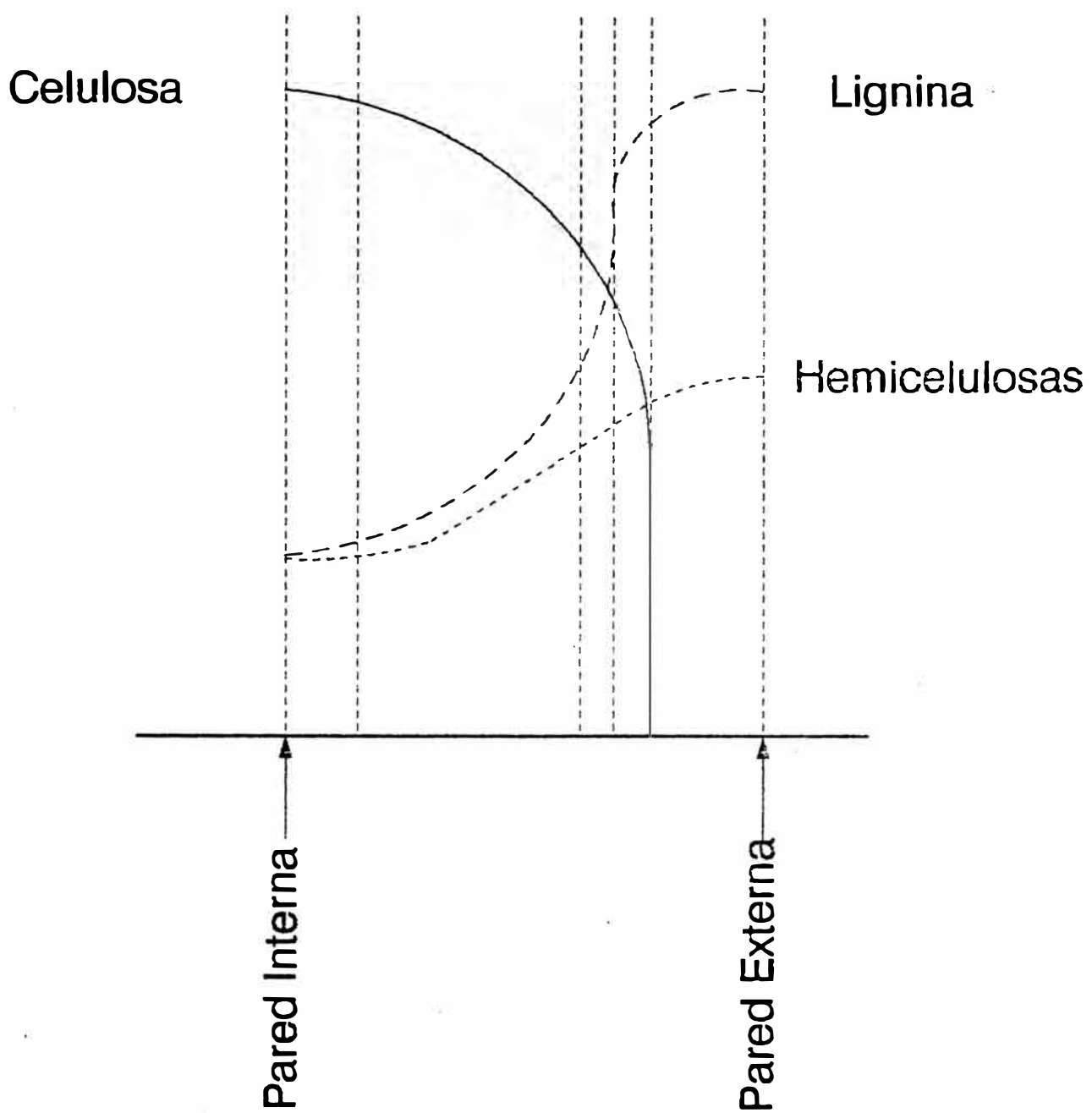
Los esfuerzos más recientes en lo que respecta al problema de la evaluación de la materia prima como fuente para la industria del papel se han concentrado en el "estudio de las propiedades individuales de las fibras y sus relaciones con las propiedades de los sistemas formados por éstas, es decir, los papeles".

##### CRECIMIENTO

Los componentes orgánicos primarios (celulosa, lignina) los cuales eventualmente constituyen las sustancias en las plantas son producidos en las hojas por fotosíntesis del dióxido de carbono y agua. Luego estos son conducidos hacia los troncos inferiores a través de los tejidos de transporte depositándose en las células parénquimatosas o consumidos por la reacción de crecimiento en la producción de nuevas células. Esta es la base de la formación de las fibras.

##### ESTRUCTURA

Las fibras en todas las plantas crecen de afuera hacia adentro. Primero, la delgada capa externa o envoltura es formada, llamada pared primaria, la que originalmente es llenada con líquido. Tiene una estructura reticular con elementos en su cara interna orientados paralelamente a los elementos ubicados en la cara externa de la pared próxima más interna, llamada capa externa de la pared secundaria, con un espesor de 0.1 a 0.5  $\mu$  consistente principalmente de hileras de elementos celulósicos alrededor de las fibras. La capa interna de la pared secundaria, conforma el cuerpo de la fibra, aquí los elementos celulósicos tienen una orientación hacia la derecha, formando un ángulo definido



**DISTRIBUCION DE LOS COMPONENTES  
QUIMICOS A TRAVES DE LA  
PARED CELULAR**

Fig. 17

al eje de la fibra. La capa terciaria formada alrededor de la capa interna de la pared secundaria cubierta por una membrana verrugosa, en algunos tejidos fibrosos completa el crecimiento y la estructura interna de las fibras y forman el lumen o canal central. El lumen comunica los poros exteriores con las membranas internas. La fina estructura de la fibra de paja de arroz es similar a la de otras fibras pajosas y a la de maderas suaves con la pared primaria y las tres distintas capas secundarias.

### PROPIEDADES INDIVIDUALES DE LAS FIBRAS

#### 1. DIMENSION DE LA SECCION TRANSVERSAL.

Las fibras lignificadas o escasamente delignificadas generalmente tienen una sección transversal en forma de tubo. Con la delignificación y el tratamiento mecánico la sección transversal puede hacerse elíptica, lo que genera una mayor área de contacto entre sí cuando están en el papel, y por lo tanto darán mayor resistencia.

#### 2. LONGITUD Y RESISTENCIA.

En general, se considera como resistencia de una fibra a su resistencia a la tensión en la dirección de su longitud. El reconocimiento de la verdadera importancia de esta propiedad de las fibras en relación con las propiedades del papel son recientes. La influencia de la longitud de las fibras se explica considerando que con fibras largas hay menos posibilidades de que estas se desprendan cuando se somete a esfuerzos una hoja de esta procedencia.

#### 3. COMPOSICION QUIMICA.

La fibra original básicamente consiste de hemicelulosa y celulosa, sustancias fuertemente hidrofílicas. Como se observa en la Fig. 17 estas se encuentran principalmente en las tercera y segunda capa de la pared primaria. Es hidrofóbica, y por ende menos adaptable para la formación de buenos enlaces fibra - fibra. Se encuentra capa externa de las fibras.

### **4.3. DESCRIPCION DE OPERACIONES Y PROCESOS EN LA OBTENCION DE PULPA**

#### **4.3.1. PREPARACION DE LA FIBRA AGRICOLA**

Una preparación apropiada de la materia prima antes de la digestión afectará los otros pasos del proceso de pulpeo. Afectará la cantidad de reactivos requeridos, la limpieza de la pulpa, el rendimiento, la calidad de la pulpa y el comportamiento de ésta en las máquinas papeleras.

La paja de arroz tiene un carácter heterogéneo conteniendo elementos indeseables en la producción de pulpa. Las características de esta materia prima depende de diversos factores como: especie, variedad, condiciones de suelo, condiciones climáticas bajo la cual creció, tiempo y condiciones climáticas entre el corte y balado, tiempo y condiciones de almacenamiento, contenido de mala hierba, y otros factores no relacionados al proceso de pulpeo. Sus características están influenciadas directamente con el ambiente de desarrollo.

El método involucra romper las balas de paja, cortar la paja y limpiar la suciedad, polvo y material hojoso que podría contener. Al mismo tiempo cualquier paja podrida presente en las balas es llevada hasta partículas finas que son eliminadas en el lavado obteniéndose paja muy limpia.

#### **4.3.2. DIGESTION**

La cocción tiene como propósito disolver la lignina y otras porciones no celulósicas para la obtención de una pulpa de fibras individuales por delignificación. Reacciones con la fracción de carbohidratos ocurren al mismo tiempo y desde este punto de vista, éstas pueden ser consideradas como reacciones laterales, debiendo enfatizarse que la disolución de ciertas cantidades y modificaciones químicas en la parte remanente determinan la calidad de la pulpa y por lo tanto, son controladas cuidadosamente. Ocurren reacciones laterales puramente

inorgánicos siendo importantes por la regeneración de reactivos de pulpeo y por las posibles reacciones con la paja de arroz durante el cocimiento.

#### **4.3.2.1. ACCION SOBRE LA LIGNINA**

En una delignificación alcalina ocurre fundamentalmente una hidrólisis alcalina de los enlaces éter-fenólicos por medio de la cual la lignina llega a ser soluble. Aunque en las pulpas químicas la lignina es un componente indeseable o un inerte no se intenta una completa eliminación ya que existen ciertas reacciones inevitables con los carbohidratos que limitan la delignificación. Estas reacciones son particularmente serias hacia el final de la cocción cuando la relación de delignificación es baja, pequeñas cantidades de lignina remanente con un alto grado de condensación e inaccesibilidad. Hasta cierto punto la lignina protege a los carbohidratos contra los reactivos de pulpeo durante la primera etapa del cocimiento.

#### **4.3.2.2. ACCION SOBRE LA FRACCION CARBOHIDRATOS**

Las reacciones químicas de los cocimientos alcalinos involucra un número de reacciones complicadas. Las reacciones consideradas son :

- (1) Hinchamiento alcalino, causando cambios físicos en las paredes de las fibras.
- (2) Disolución alcalina de material celulósico sin degradación química.
- (3) Reprecipitación de carbohidratos disueltos y su adsorción sobre la estructura de la fibra.
- (4) Hidrólisis alcalina de grupos acetilos.
- (5) Alcalino "Peeling", involucra enolización, hidrólisis de los enlaces b-alkoxycarbonilo y una mayor degradación de los productos de hidrólisis, incluyendo isomerización.
- (6) Reacciones "Stopping" involucran deshidratación y fragmentación o rearrreglo intramolecular a configuración alcalí-estable.

(7) Hidrólisis alcalina de enlaces b-glicosídicos resultando una depolimerización de las cadenas moleculares a fragmentos más cortos, las cuales son expuestas a una mayor degradación por "alkaline peeling".

La reacción inicial entre el licor de cocimiento y los carbohidratos es la SOLVATACION de los grupos hidróxilo por los iones hidróxilos y agua. La solvatación resulta en un considerable "hinchamiento" el cual quizá es principalmente intermicelar y restringida por la presencia de lignina y la estructura helicoidal de la celulosa altamente orientada en las partes externas de la pared celular. El hinchamiento hasta cierto punto necesario para permitir una fácil penetración y difusión en todas las direcciones solo ocurre a niveles de pH cercanos a 13.

Las reacciones ocurren a bajas temperaturas (alrededor de 100 °C), a temperaturas más altas se presenta la hidrólisis alcalina directa de los enlaces glicosídicos afectando las partes cristalinas de los carbohidratos, estas reacciones permiten nuevas pérdidas de carbohidratos influyendo directamente en el rendimiento de la pulpa y acortamiento de las cadenas deteriorando las propiedades físicas.

#### **ACCION SOBRE LAS HEMICELULOSAS**

En la obtención de las pulpas químicas parte de las hemicelulosas iniciales se retienen en la pulpa originando en ella ciertas propiedades que se discutirán posteriormente. Una parte de las hemicelulosas menos resistentes se separa por hidrólisis y sus productos de degradación se encuentran en los licores gastados convirtiéndose a sales de sodio de diferentes ácidos sacarínicos.

#### **ACCION SOBRE LOS EXTRACTIVOS**

La disolución de extractivos en su mayoría ácidos es efectiva en pulpeos alcalinos. Las reacciones pueden ser



de isomerización y polimerización. Su disolución durante el pulpeo es importante porque deprimen las reacciones con los carbohidratos y la delignificación en las partes en que las fibras están cubiertas por estos elementos.

#### **4.3.2.3. VARIABLES DE DIGESTION**

Existen factores que determinan la calidad final de la pulpa de paja, específicas para este Estudio son :

1. Tiempo de digestión,
2. Temperatura de digestión,
3. Concentración del reactivo de cocción en el licor,
4. Relación de productos químicos a paja de arroz (relación de baño).

Trabajos desarrollados sobre el pulpeo de fibras agrícolas han sido intensificados, el más significativo avance es la demostración que tiempos de cocimientos tradicionalmente largos son completamente innecesarios deteriorando la calidad de la pulpa, mientras que tiempos de cocimientos más cortos resultan en un menor costo de reactivos químicos y energía.

Un aumento en cualquiera de los últimas tres variables disminuirá dentro de ciertos límites el tiempo requerido para un rendimiento y calidad específicos.

Con la paja cortada se debe agregar al digestor suficientes productos químicos para disolver la cantidad de lignina deseada y cocer la paja al grado conveniente. La relación de reactivos a paja debe ser fijada por ello. La selectividad del reactivo determina el rendimiento e influye en las propiedades de la pulpa.

Una buena circulación del licor dentro del digestor permitirá usar una menor relación de licor reduciendo la carga a digestar ahorrando energía.

#### **4.3.3. LAVADO DE LA PULPA**

Una vez cocida la pulpa se separa el licor negro lavándolo con agua, el lavado mejora la calidad de la pulpa y a la vez ahorra productos químicos. Esta operación a nivel industrial permite la recuperación de

reactivos químicos y reducir la polución. Esfuerzos están siendo realizados para minimizar la cantidad agua de lavado de la pulpa y reducir el consumo de energía.

#### 4.3.4. REFINACION

##### 4.3.4.1. DEFINICION

Las fibras producidas en la fábrica de pulpa no son apropiadas como tal para la fabricación de papel. Las propiedades originales de la fibra como rigidez y pobre habilidad de unión producirían un papel de gran espesor, escasa resistencia, textura irregular y superficie áspera. Antes de entrar en la máquina de papel las fibras deben ser tratadas de tal forma que se puedan conseguir las propiedades deseadas en el papel. El método tradicional para este tratamiento de fibra es el **REFINADO**.

El método comúnmente utilizado es el tratamiento mecánico que se les da a las fibras por medio de cuchillas fijas y móviles en presencia de agua. Esta operación cambia simultáneamente propiedades de la pasta causando efectos deseables y otros no. Como norma la resistencia a la tracción, al estallido, al doble pliegue, a la adherencia interna, densidad y tiempo de drenaje aumentan; mientras que la opacidad, permeabilidad, absorbancia, estabilidad dimensional y compresibilidad disminuyen. A menudo el rasgado al principio aumenta pero posteriormente siempre disminuye.

El desarrollo de las propiedades indicadas depende de varios factores tales como : grado de refinado, forma del refinado, geometría de las guarniciones y condiciones del proceso. Estos factores - condiciones de refinado - deben estar determinados de acuerdo con el producto deseado.

El **grado de refino** es una de las variables más importantes que afectan a las resistencias físicas del papel. Al aumentar el grado de refino aumentan

considerablemente la mayor parte de ellas.

#### 4.3.4.2. EFFECTOS DEL REFINADO SOBRE LAS FIBRAS

El tratamiento mecánico introducido en el refinado proporciona numerosos efectos sobre la fibra. Podría **acortar** la fibra, cortándola. podría incrementar la superficie por defibrilación de la superficie (**defibrilación externa**). La fibrilación externa es producida debido a que las fibrilas situadas sobre la superficie de las fibras se aflojan de la pared en razón a esfuerzos mecánicos que soporta la fibra en el refinado. La fibrilación aumenta considerablemente la superficie específica de la fibra y favorece la absorción. De otro lado, si la separación de los elementos estructurales de la pared es mayor, la resistencia mecánica de la fibra se reducirá. La **delaminación** destruye la pared primaria y secundaria exponiendo regiones de la fibra rica en celulosa y hemicelulosa. Cuando el tratamiento es muy fuerte podría perder material en forma de partículas pequeñas llamada **crill** (despojos de fibras finas). El fenómeno de dislocación de los enlaces laterales entre las moléculas adyacentes de celulosa a la fase amorfa de celulosa es conocida como **fibrilación interna**. Esta dislocación permite una mayor flexibilidad ó plasticidad de la fibra un efecto importante sobre las propiedades de papel. La estructura química podría cambiar. En el extremo, el resultado es el **deshebrado** de la capa secundaria en particular. La estructura cristalina de las fibras podría ser desorientadas por el tratamiento y los ángulos de las microfibrillas en las capas podrían ser influenciadas. Fig 4.3.4.2.I. Estas fibrilas más que el suavizamiento y el hinchamiento son los principales responsables del enlace fibra-fibra. Hay que añadir la necesidad de agua para efectuar un enlace entre las superficies de la fibra

## EFFECTOS DEL REFINADO SOBRE LAS FIBRAS

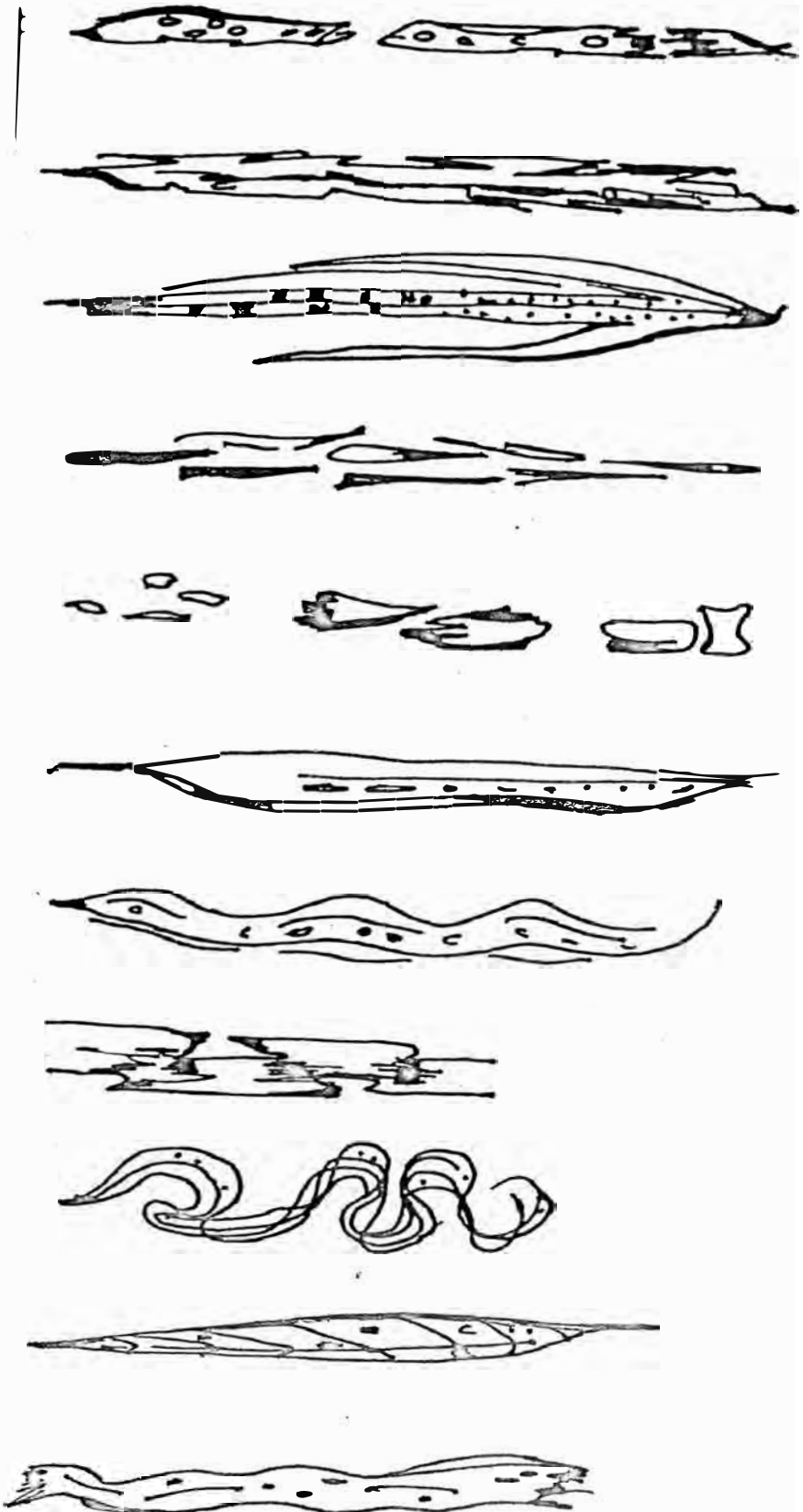
1. ACORTAMIENTO DE FIBRAS.
  2. INCREMENTO DE LA SUPERFICIE (FIBRILACION EXTERNA)
  3. LAMINACION
  4. FIBRILACION
  5. PRODUCCION DE CRILL (DESPOJO DE FIBRAS FINAS)
  6. REDUCCION DEL LUMEN
  7. FLEXIBILIZACION (FIBRILACION INTERNA)
  8. COMPRESION AXIAL
  9. CAMBIO DE FORMA
  10. CAMBIO DE ESTRUCTURA
  11. DESHEBRADO
- 
- The diagram consists of 11 horizontal rows, each illustrating a specific effect of refining on a fiber. Row 1 shows two shorter fibers. Row 2 shows a fiber with a highly irregular, frayed outer surface. Row 3 shows a fiber with a distinct layered or lamellar structure. Row 4 shows a fiber with a highly irregular, frayed outer surface. Row 5 shows a fiber with several small, detached fragments (fines) nearby. Row 6 shows a fiber with a significantly narrowed central lumen. Row 7 shows a fiber with a wavy, undulating outer surface. Row 8 shows a fiber with a highly irregular, frayed outer surface. Row 9 shows a fiber with a highly irregular, frayed outer surface. Row 10 shows a fiber with a highly irregular, frayed outer surface. Row 11 shows a fiber with a highly irregular, frayed outer surface.

FIGURA 18

## V. INGENIERIA DEL PROYECTO

### 5.1. ESTUDIO DE LA MATERIA PRIMA

#### 5.1.1. ESTUDIO DE LAS VARIEDADES DE PAJA DE ARROZ

La evaluación de las variedades desde el punto de vista papelero se realizaron con las siguientes muestras:

MINABIR-2 : Variedad 1

INTI : Variedad 2

NAYLAMP : Variedad 3

Las muestras evaluadas corresponden a la Cosecha del Año 1986, realizadas en las siguientes áreas :

Muestra 1 - Variedad 1 - Minabir-2 :

- Cooperativa Cerromochó, Sullana, Piura.

Muestra 2 - Variedad 2 - Inti :

- Colonización San Lorenzo, La Cruzeta, Piura.

Muestra 3 - Variedad 3 - Naylamp :

- Colonización San Lorenzo, La Cruzeta, Piura.

Cada variedad fue evaluada en cuanto a su composición química y propiedades físicas los resultados se encuentran en el Cuadro N° 18

- Como recurso fibroso, la variedad 1 tiene el mayor porcentaje de relación fibra/médula (86.2/13.8) indicando rendimientos mayores en la obtención de pulpas además de contar con una pasta para papel de mejores propiedades físicas.

- Como agente abrasivo, (la abrasión es directamente proporcional al contenido de cenizas y sílice) la variedad MINABIR-2 contiene un bastante bajo porcentaje de cenizas, 16.2% y de sílice 10%.

- Como variable de costo de pulpeo, (a mayor porcentaje de lignina mayor gasto de reactivos químicos) aún cuando la diferencia no es sustancial un contenido del 11.5% de lignina en INTI, frente a 11.8 -11.9%, representará un menor costo que conduce a programar

CUADRO No. 18

COMPARATIVO DE LA COMPOSICION QUIMICA Y PROPIEDADES FISICAS DE LAS VARIEDADES INTI, MINABIR-2 Y NAYLAMP

	VARIEDAD 1 MINABIR-2	VARIEDAD 2 INTI	VARIEDAD 3 NAYLAMP
<b>ANALISIS FISICOS</b>			
- Humedad (%)	14.0	13.0	11.9
- pH	7.1	6.5	6.5
- Fibra (%)	71.0	61.5	66.8
- Médula (%)	11.4	20.1	17.0
- Relación fibra/ médula	86.2/13.8	79.7/20.3	75.4/24.6
- Arena (%)	0.48	0.69	0.1
<b>ANALISIS QUIMICOS</b>			
Solubles en :			
Alcohol/benceno (%)	1.1	1.8	2.0
Agua Caliente (%)	10.4	10.0	10.4
Soda al 1% (%)	47.3	53.7	53.1
Pentosanos (%)	24.7	24.2	24.6
Lignina (%)	11.9	11.5	11.8
Celulosa (%)	37.2	32.5	33.2
Cenizas (%)	16.2	18.5	18.0
Sílice (%)	10.0	14.7	14.8

pulpeos de menor tiempo de operación, menor relación de baño y un menor consumo de energía.

- Como variable de rendimiento, la variedad INTI, presenta menores porcentaje de extractivos (el contenido de extractivos representa material que durante el pulpeo se solubiliza y luego se desecha).

Por esto, se recomiendan las variedades INTI y MINABIR-2 para cumplir con los objetivos planteados.

#### 5.1.2. ZONA DE MUESTREO

Los muestras de paja de arroz para el Estudio, fueron colectadas del Valle de Sullana, Colonización San Lorenzo La Cruzeta, Parcela TG 104, Cosecha 1986. La planta de arroz es cortada a unos centímetros del nivel del suelo, secada al sol, apilada y trillada. El residuo de la trilla en el molino es la paja que contiene tallo, hojas, vainas, espigillas, polvo de arroz, arena. Se contó con 35 Kgs. del Valle 12.0% humedad.

#### 5.1.3. ESTUDIO DE LA COMPOSICION QUIMICA Y PROPIEDADES FISICAS DE LA PAJA DE ARROZ

El conocimiento de la composición química de la materia prima "paja de arroz", constituye desde el punto de vista papelero un importante elemento complementario de juicio para evaluar su aptitud para fabricación de pulpa para papel. Así como también el conocer la distribución, composición y cantidad de los principales componentes nos permite determinar las mejores condiciones de pulpeo para transformarla en pulpa para papel. Se han determinado los porcentajes de extractivos en alcohol - benceno, de celulosa (Método de Kruschner y Hoffner), de lignina (Método de Yayme y Shemp), de cenizas y sílice, así como extractivos en soda al 1% de acuerdo a las normas establecidas por las TAPPI STANDARD.

Los ensayos físicos realizados se efectúan para tener una mayor información sobre el comportamiento de esta materia prima en la industria de papel. Todos los recursos fibrosos diferentes de la madera se caracterizan

CUADRO N° 17

ANALISIS QUIMICO Y FISICO DE LA PAJA DE ARROZ UTILIZADA  
EN ESTE ESTUDIO OBTENIDA A NIVEL LABORATORIO

ANALISIS QUIMICOS	%
- Extractivos en	
- Alcohol - Benceno	7.79
- Soda al 1%	51.67
- Lignina	10.11
- Cenizas	17.61
- Sílice	16.73
- Celulosa	52.38
- Holocelulosa	65.28
- Hemicelulosa	16.98
- Lignina corregida por cenizas	9.32
- Celulosa corregida por cenizas	48.30
ANALISIS FISICOS	
- pH	9.0
- Humedad (%)	12.0
- Arena (gr/kg paja O.D.)	0.48
- Relación fibra/médula	86.2/13.8
- Finos (%)	17.6
- Polvillo (%)	11.4

Nota : Todos los porcentajes están referidos  
muestra de paja de masa constante,  
seca a  $105 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .



por un alto contenido de médula, se determina la relación fibra/médula. El Cuadro N° 17 muestra los resultados obtenidos del análisis químicos y físicos de la paja de arroz usada en esta Investigación.

### 5.1.3.1. CARACTERISTICAS DE LA PAJA DE ARROZ EN COMPARACION CON PAJA DE OTROS CEREALES Y MADERA

Químicamente la paja de arroz difiere de otras en:

1. Contener un porcentaje mayor de sílice.
2. Contener un porcentaje menor de lignina.

El Cuadro N° 19 ilustra el análisis químico.

	Cenizas	Lignina	Pentos.	SAC (*)
	%	%	%	%
Paja de Arroz	17.40	11.99	28.13	18.05
Paja de Trigo	7.38	18.40	26.70	18.20
Paja de Centeno	4.30	19.00	30.50	9.40
Paja de Avena	6.40	16.70	38.80	5.70
Bagazo	1.59	16.40	27.94	15.52
Paja de Cebada	6.40	14.50	24.70	16.10
Carrizo	5.60	20.40	26.41	8.10
Bagazo (**)	2.30	17.50	23.00	10.00
Mad. Conif.(***)		28.50		
Mad. Latif.(***)		23.40		
Bamboo (**)	2.30	23.00	28.50	7.80

(\*) Solub. agua Caliente      (\*\*) Rydholm      (\*\*\*) Libby

#### CUADRO N° 19

La composición química de la paja de arroz presenta con respecto a las maderas, un bajo contenido de lignina y posiblemente un menor contenido de celulosa con un ligero alto contenido de carbohidratos no celulósicos. Como ventaja de la paja frente a la madera, es que al tener una composición química rica en carbohidratos y un bastante menor contenido de lignina fácilmente accesible, hacen de ella una materia prima que apropiadamente

pulpeada puede rendir pulpas de uso industrial sin tratamientos drásticos. Una considerable porción de estas materias fibrosas son los solubles en agua caliente, 11 a 13%, indicando un alto grado de accesibilidad de los componentes de la pared celular por los licores de pulpa, redundando en cocimientos frente a los recursos madereros. La más grande desviación es el alto contenido de cenizas y especialmente de sílice.

La Tabla N° 17 muestra la composición química de la materia prima apta para cumplir con los requisitos fijados para este estudio, alto contenido de celulosa y menor contenido de lignina.

La constitución física de de la paja de arroz también difiere considerablemente de otros cereales y plantas anuales. Las partes botánicas de la paja son: entrenudo, nudos, espiga y hojas. Deben considerarse hojas sueltas, granos residuales.

	Arroz	Trigo	Cebada	Centeno
Tallos	32.2	68.5	58.8	68.1
Vainas	33.1	20.3	31.5	19.8
Hojas Sueltas	16.4	5.5	4.9	2.9
Nudos y raíces	11.9	4.2	1.8	7.4
Granos residuales	0.7	1.0	1.1	1.3
Despojos y finos	5.5	0.5	1.9	0.5

Las hojas tienen un mayor contenido de lignina que los tallos. La sílice está concentrada en las hojas. Lo que explica el alto contenido de sílice en paja de arroz, que contiene cerca del 50% entre vainas y hojas sueltas. La relación fibra/médula sobre 90/10 ocasiona una degradación mecánica, las estructuras morfológicas de las fibras son muy cortas y débiles. Un ensayo de separación fibra/médula arrojó 86.2 % de fibra y 13.8 % de médula por ende no será necesario incluirlo en el proceso industrial.

## 5.2. OBTENCION Y EVALUACION DE PULPAS A NIVEL LABORATORIO

### 5.2.1. INTRODUCCION

El método de evaluación de materias primas en cuanto a sus posibilidades para la preparación de pulpa y papel usado hoy en día en los laboratorios consiste en "imitar" las operaciones industriales hasta donde es posible hacerlo, se prepara una serie de pulpas usando diferentes condiciones de operación y luego se les somete a una serie de pruebas prescritas por un método generalizado como la TAPPI.[3]

Los resultados se usan para la construcción de gráficos con respecto a la influencia de la variación de las condiciones de operación sobre rendimientos, composición química y propiedades físicas de la pulpa, facilitando la selección de las condiciones requeridas para obtención de una pulpa de características dadas.

El método usado en el presente estudio está basado en la investigación de propiedades fundamentales de la pulpa que provee información que puede ser aplicada a una variedad de situaciones.

#### 5.2.1.1. DEL PROCESO DE DIGESTION

Para la producción de pulpas químicas a partir de paja de arroz de tipo cruda o blanqueable podrían aplicarse los métodos kraft, a la soda o al sulfito neutro de sodio.[6]

Se ha demostrado que el proceso ácido o al bisulfito es inapropiado porque tiende a producir una pulpa quebradiza de bajas propiedades de resistencia en comparación con la pulpa producida por medios alcalinos. Varios expertos han encontrado que, considerando todos los factores el proceso a la soda es el que da los mejores resultados globales.[9]

La Tabla N° 21 muestra los pequeños efectos de la adición de  $\text{Na}_2\text{S}$  en el pulpeo de paja algunas veces ventajoso, otras no; mientras que los rendimientos se incrementan en el proceso kraft, el contenido de cenizas

**CUADRO No. 21**  
**EFEECTO DE LA ADICION DE Na<sub>2</sub>S EN EL PULPEO ALCALINO DE PAJA DE ARROZ**

	UNID.	NaOH	NaOH + Na <sub>2</sub> S	NaOH	NaOH + Na <sub>2</sub> S
Temperatura	(o.C)	98.0	98.0	170.0	170.0
Tiempo	(hr.)	1.0	1.0	2.0	2.0
Carga de Alcalí	(Kg.)	140.0	140.0	140.0	140.0
Rendimiento	(%)	60.6	63.7	51.5	56.2
Contenido de Cenizas	(%)	4.7	6.9	11.4	15.8
Contenido de Linina	(%)	5.0	5.3	1.4	2.8
Factor Reventamiento	No.	110.0	87.0	99.0	74.0
Factor Rasgado	No.	40.0	39.0	50.0	38.0

**CUADRO No. 22**  
**PROPIEDADES FISICAS DE PULPAS DE PAJA DE ARROZ A**  
**DIFERENTES PROCESOS DE DIGESTION**

MATERIA PRIMA	TIPOS DE PULPA	FACTOR REVENT. (No.)	FACTOR RASGADO (No.)	DOBLES PLIEGUES (No.)	LONGITUD ROTURA (m.)	BULK (gr/cc)
Paja de Arroz	A la Soda, no blanqueada	52.0	47.0	466	5,700	0.64
	kraft, no blanqueada	37.0	38.0	100	6,700	0.64
	A la Soda, no blanqueada	32.5	37.5	29	5,000	0.56
	Kraft	33.8	35.0	45	6,100	0.62
	Sulfito Alcalino	29.5	31.0	52	5,200	0.64

Fuente : "Continuous Pulping Processes", Rydholm, S.A. 1970

y lignina es menor en el proceso a la soda; obviamente, fábricas de papel del tamaño de este Estudio sin un sistema de recuperación de reactivos no encuentran atractivo aplicar el proceso kraft.[6,9]

El Cuadro N° 22 esboza resultados obtenidos a Nivel Laboratorio de pulpas de paja de arroz digestadas por los diferentes procesos : soda caústica, sulfito alcalino y kraft. Las condiciones digestión del proceso sulfito alcalino requiere mayor cantidad de reactivos, mayor tiempo y temperatura resultando en un tratamiento drástico. En condiciones "óptimas" de digestión, los proceso soda o kraft, podrían arrojar rendimientos similares con pulpas de número de kappa semejantes, más las propiedades físicas de las pulpas son notablemente favorables para el proceso soda caústica.

Muchos reportes indican que pulpeos a condiciones de presión elevada perjudicarían en algunos aspectos la calidad de la pulpa, razones por la que éste Estudio, esbozará resultados de la calidad de pulpa obtenido a la soda caústica, a baja temperatura, concentraciones bajas de reactivo y a presión atmosférica demostrando que técnicas convencionales de pulpeos fuertes a presión no son los adecuados para paja de arroz.[25]

Por experiencias recogidas de estudios anteriores [25] y de un esbozo de trabajo realizado en el Laboratorio la pulpa obtenida presentó un alto grado de blancura apta para cumplir con los requisitos fijados, comparable o superior a las mejores pulpas de comíferas, procesos posteriores de blanqueo no sólo disminuirían la calidad de la pulpa sino el rendimiento total de la operación; concentraciones bajas de blanqueador demanda un costo fijo en equipos de envergadura para un objetivo menor. Otro de los objetivos de la presente Investigación es la obtención de pulpas químicas sin proceso de blanqueo posteriores.

#### 5.2.1.2. DE LAS CONDICIONES DE DIGESTION

Uno de los principales objetivos es encontrar mejores procedimientos de pulpeo que arrojen rendimientos más altos a condiciones suaves susceptibles de ser utilizadas como materia prima en la fabricación de papel o cartón.[24]

Las variables de digestión estudiadas son: concentración de reactivos, tiempo y temperatura de digestión, relación de licor. Las condiciones reportadas para pulpeo de arroz son más drásticas.[24] Basada en ésta información y pruebas iniciales de Laboratorio se esboza lo siguiente :

##### 5.2.1.2.1. Variable : Concentración de Reactivos

La paja tiene un bajo contenido de lignina (10.11%) por lo tanto, es posible considerar concentraciones menores en el licor de digestión ( máximo 10% ). Se debe tener en cuenta que uno de los objetivos es obtener pulpa química, por lo que dicha concentración no debe ser tan baja que pueda producir pulpas que requieran un tratamiento mecánico posterior. Con estas consideraciones se fija un valor inicial de 8% y se aumenta o disminuye éste valor. El rango obtenido es 6 - 12%. Por debajo de 6% se obtienen pulpas semiquímicas, concentraciones mayores de 12% no son recomendables ya que el rendimiento de la pulpa decrece fuertemente, mientras que el contenido de lignina no varía (de 3.1 a 2.95%).

##### 5.2.1.2.2. Variable : Tiempo de Digestión

Con el tiempo de digestión se establecen rangos desde 1.0 a 4.0 hr. Digestiones menores de 1.0 hr. producen, de la misma forma, pulpas semiquímicas. Digestiones mayores de 4.0 hr. no son recomendables debido a la notoria disminución del rendimiento, mientras que el contenido de lignina no vara mayormente ( de 2.88 a 2.68% ), el contenido de extractivos es casi constante, así como el contenido de cenizas con una ligera disminución.

### 5.2.1.2.3. Variable : Relación Licor/Fibra

La paja de arroz es un recurso que se caracteriza por su bajo contenido de humedad ( 10% ) y su baja densidad (es voluminosa). Esto induce a establecer rangos de digestión un poco altos en esta variable. El rango establecido fué de 1:3 a 1:6. Relaciones de licor menores a 1:3 producen pulpas semiquímicas. Relaciones de licor mayores a 1:6 producirían pulpas cuyo contenido de cenizas aumenta en relación a otras pulpas, así como el contenido de lignina y extractivos. Relaciones de licor mayores conducen a un mayor gasto de energía debido a que se manejan volúmenes mayores.

### 5.2.1.2.4. Variable : Temperatura de Digestión

Se establece un rango de 70 a 130 °C. A temperaturas menores a 70 °C se obtienen pulpas semiquímicas. Temperaturas mayores a 130 °C no son recomendables debido a que disminuye fuertemente el rendimiento y afecta la fracción carbohidrato. A 110 y 130 °C la presión de digestión estuvo entre 1.0 - 1.5 kg/cm<sup>2</sup>, es decir, estas pulpas están fuera de las condiciones de este Estudio.

Los parámetros a estudiar son :

<b>CONCENTRACION DE REACTIVOS (%) :</b>	6, 8, 10, 12 (% NaOH sobre peso de paja seca)
<b>TIEMPO DE DIGESTION (Hr.) :</b>	1, 2, 3, 4
<b>RELACION DE BAÑO ( peso de paja/ peso de licor) :</b>	1/3, 1/4, 1/5, 1/6
<b>TEMPERATURA DE DIGESTION (°C) :</b>	70, 90, 110, 130
<b>PRESION ATMOSFERICA (atm.) :</b>	1.0

## 5.2.2. METODOLOGIA

### 5.2.2.1. PREPARACION DE MUESTRAS

La paja de arroz entera se corta en pedazos de 2.0 a 4.0 cm. de longitud. La paja cortada es dejada al medio ambiente para su equilibrio higroscópico. La muestra es recolectada para la determinación de su humedad. Conociendo el contenido de humedad se pesa la cantidad requerida (300 gr. base seca)( Ver Apéndice N° E-1) para

la cocción y se deja en remojo con agua suficiente por 24 horas. (impregnación de agua en las fibras). Una vez impregnado el agua se determina la cantidad de agua absorbida por la paja. Se prepara el licor de digestión de acuerdo a los parámetros elegidos para la cocción. Los cálculos de la determinación del licor de cocción se encuentran en el Apéndice E-1.

Luego la paja se introduce en una canastilla de malla de acero inoxidable. Posteriormente esta canastilla se introduce en el digestor rotatorio junto con el licor. Se asegura la tapa del digestor y se fijan las condiciones de digestión en el controlador. Se procede a la digestión.[3]

#### 5.2.2.2. OBTENCION DE PULPAS QUIMICAS A LA SODA A PRESION ATMOSFERICA SIN BLANQUEAR

Se producirán pulpas químicas en forma individual de acuerdo a los parámetros establecidos en 5.2.1.2.

Concluida la digestión las pulpas químicas son descargadas, separadas del licor negro, lavadas con agua desionizada sobre malla de acero inoxidable ASTM 150, sometida a la acción de un homogenizador Cerpto Perles y pesadas. (Se determina la humedad de la pulpa sobre una muestra en estufa a  $105 \pm 2$  °C hasta peso constante y con este dato el rendimiento). La pulpa obtenida es separada para las determinaciones químicas y para la fabricación de hojas donde se ensayarán las propiedades físicas. Son **16 pulpas** base del presente Estudio.[3]

#### 5.2.2.3. REFINADO Y CONTROL DE REFINADO

Se realiza en un refinador PFI de acuerdo a la Norma SCAN-C 24:67 previa desintegración en un homogenizador de acuerdo a la Norma SCAN C:18. El control de refinado de acuerdo al Método de Schopper - Riegler (°SR), según la Norma SCAN-M 3:65. [19]

#### 5.2.2.4. FORMACION DE HOJAS DE ENSAYO

Se realiza de acuerdo a la Norma TAPPI 205 os - 71 [3]. [19]



#### 5.2.2.5. DETERMINACION DE ENSAYOS FISICOS

Se realizan ensayos físicos sobre las hojas formadas, previo acondicionamiento según Norma ITINTEC 272 - 010 a  $20 \pm 2$  °C de temperatura y de  $65 \pm 2$  % de humedad relativa. Los ensayos físicos que se realizan son : [3,19]

- Humedad de hojas	Norma TAPPI 220 os-71
- Gramaje	Norma TAPPI 220 os-71
- Volumen Másico y Densidad	Norma TAPPI 220 os-71
- Sequedad	Norma TAPPI 220 os-71
- Espesor y Volumen	Norma TAPPI 220 os-71
- Porosidad	Norma ITINTEC 272 : 018
- Blancura	Norma ITINTEC 272 : 077
- Opacidad	Norma ITINTEC 272 : 030
- Resistencia al Plegado	Norma ITINTEC 272 : 027
- Resistencia a la Tensión	Norma TAPPI 220 os-71
- Alargamiento por tensión	Norma TAPPI 220 os-71
- Resistencia al reventamiento	Norma TAPPI 220 os-71
- Resistencia al rasgado	Norma TAPPI 220 os-71

Nota 1 .-Los procedimientos y Normas seguidas para la determinación de los ensayos físicos en las pulpas base de este Estudio, se encuentran detallados en las Normas correspondientes arriba anotadas.

#### 5.2.2.6. DETERMINACIONES QUIMICAS EN LAS PULPAS

Se realizan las siguientes determinaciones químicas a cada pulpa ensayada :[3]

- Celulosa	Método Kruschner y Hoffner
- Lignina Residual	Método Yayme y Schemp
- Extractivos en AB	Norma TAPPI 6 os-59
- Cenizas	Normas ISO R-1762
- Sílice	Método con HCl
- Solubles en NaOH al 1%	Norma TAPPI 212 m-54
- Indice de Kappa	Norma TAPPI 236 su - 63
- Indice de Carboxilos	Norma TAPPI 237 m-60
- Indice de Cloro	Norma SCAN C 29 : 72
- Hollocelulosa = $100 - (\text{Extrac. AB} + \text{Cen.} + \text{Lig.})$	

Nota 2 .-Los procedimientos y Normas seguidas para la determinación de la composición químicas de las pulpas base de este Estudio, se encuentran detallados en las Normas correspondientes arriba anotadas.

#### 5.2.2.7. ESTUDIO BIOMETRICO DE LAS FIBRAS

Se realiza un estudio complementario sobre las dimensiones de las fibras.

Nota 3.-En el Apéndice E-4 se encuentran detallados los procedimientos y Normas seguidas para la determinación de la longitud, ancho y lumen de las fibras de la materia prima base de la presente Investigación.

#### 5.2.3. ANALISIS DE RESULTADOS

El trabajo arduo de Investigación sobre el conocimiento de la composición química de cada una de las pulpas obtenidas tiene su origen en la inter - relación existente entre las propiedades físicas del papel a fabricarse con la composición química de la pulpa. Es vital para este Estudio establecer las relaciones existentes entre la influencia de la variación de las condiciones de digestión frente a la composición química y propiedades físicas de las pulpas.

##### 5.2.3.1. DE LA COMPOSICION QUIMICA DE LAS PULPAS

Los resultados de la evaluación de la influencia de las variables de digestión sobre la composición química de las pulpas realizadas a Nivel Laboratorio se muestran en el Cuadro N° 23 y están graficadas en las Curvas N° 1 - 56.

##### 5.2.3.1.1. Variable : Concentración de reactivos

Es notorio el efecto de la cantidad de reactivos en este recurso especialmente para el rendimiento que disminuye bruscamente de 64.7 a 45.9% para concentraciones de 6 a 12% como se aprecia en la Curva N° 1, mayor cantidad de reactivos mayor cantidad de fracción lignina y otros es retirada. No es conveniente pues aumentar el porcentaje de reactivos porque disminuiría el rendimiento y las cualidades del papel.

CUADRON. 23

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS QUIMICOS  
DE PAJA DE ARROZ Y PULPAS A NIVEL LABORATORIO

VARIABLES DE DIGESTION		DE LA PAJA DE ARROZ	CONCENTRACION DE REACTIVOS (%)				TIEMPO DE DIGESTION (HORAS)				RELACION DE LICOR (PESO DE PAJA / PESO DE LICOR)				TEMPERATURA DE DIGESTION (°C)			
ENSAYOS	UNIDADES		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16
<b>CONDICIONES DE DIGESTION</b>																		
CONC. DE REACTIVOS	%		6	8	10	12	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
- SODA CAUSTICA	g/l		34.2	30.5	22.9	48.4	31.4	43.0	40.5	39.8	39.2	39.7	39.7	38.8	23.0	39.7	39.7	39.7
TIEMPO DE DIGESTION	Hr		2	2	2	2	1	2	3	4	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
RELACION DE LICOR			1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/3	1/4	1/5	1/6	1/5	1/5	1/5	1/5
TEMP. DE DIGESTION	°C		90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	70	90	110	130
LICOR DE DIGESTION	pH		12.1	12.1	11.3	11.7	12.1	12.2	12.2	12.7	12.7	13.4	13.4	11.6	11.6	13.2	13.2	13.5
<b>EVALUACION DE PULPAS</b>																		
RENDIMIENTO	%		64.66	55.95	53.40	45.92	54.70	53.40	52.31	48.85	56.55	47.56	48.15	51.33	51.74	48.15	46.91	40.29
<b>Eval. Prop. Quimicas</b>																		
- LIGNINA RESIDUAL	%	10.11	6.50	3.58	3.10	2.95	4.20	3.10	2.88	2.68	5.98	4.55	3.71	4.05	5.78	3.71	2.80	2.92
- EXTRACTIVOS AB	%	7.79	6.45	2.95	2.73	2.50	2.71	2.73	2.75	2.77	4.55	3.56	2.48	4.10	1.68	2.48	2.11	1.55
- CENIZAS	%	17.61	17.43	12.75	12.00	11.30	11.00	12.00	12.60	12.10	13.95	12.50	11.50	13.35	11.55	11.50	12.60	15.80
- SILICE	%	16.73	15.09	10.53	8.80	8.70	8.00	11.60	9.70	9.60	11.15	7.27	7.40	9.70	9.07	7.20	13.20	15.40
- INDICE KAPPA	No	---	40.51	23.53	26.56	14.70	31.40	26.56	24.37	22.50	27.61	25.57	23.94	24.76	27.10	23.94	22.00	17.60
- INDICE CLORO	No	---	7.04	5.80	5.53	3.70	5.88	5.53	4.67	4.52	4.61	4.25	4.07	4.32	4.77	4.07	3.85	2.45
- INDICE CARBOXILOS	No	---	8.94	9.97	10.00	6.05	10.32	10.00	9.72	8.84	8.23	8.91	8.18	9.37	9.44	8.18	6.26	5.47
- HOLOCELULOSA	%	65.28	80.97	80.83	82.26	83.33	83.13	82.26	81.83	82.48	75.80	82.59	82.40	78.67	82.09	82.40	81.55	79.78
- CELULOSA	%	52.38	68.59	68.78	69.00	71.49	68.37	69.00	70.25	71.67	70.28	72.52	68.85	68.02	67.00	68.85	71.40	75.00
- HEMICELULOSAS	%	16.98	16.81	14.08	15.15	13.63	16.62	15.15	13.51	12.80	8.82	12.65	15.26	13.44	16.22	15.26	12.66	5.95
- SOLUBLES EN SODA AL 1%	%	51.67	31.72	23.86	21.25	19.97	23.09	21.25	23.94	22.08	24.17	25.27	22.17	24.22	24.07	22.17	24.01	22.71
- LIGNINA CORREGIDA	%	3.32	6.08	3.47	3.01	2.87	4.08	3.01	2.80	2.60	5.70	4.38	3.62	3.85	5.68	3.62	2.74	2.87
- CELULOSA CORREGIDA	%	48.3	64.16	66.75	67.11	69.70	66.51	67.11	68.32	69.68	66.98	69.94	67.14	65.23	65.87	67.14	68.89	73.83

CUADRO No. 24

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS FISICOS DE LAS PULPAS A NIVEL LABORATORIO

PROPIEDADES FISICAS	REFINADO		GRAMAJE		SEQUEDAZ (tanto por uno)	ESPEZOR (micras)	DENSIDAD (PULPA Sobre Base Acord. (gr/cm <sup>3</sup> ))	VOLUMEN MASICO Sobre Base Acord. (cm <sup>3</sup> /gr)	BLANQUZA (%)	OPACIDAD (%)	POROSIDAD (v/100 cc)	RESISTENCIA AL PLEGADO (No)	LONGITUD DE ROTURA (m.)	ALARGAMIENTO POR TENSION (%)	INDICE DE REVENTAMIENTO (No)	INDICE DE RASGADO (No)
	No	oBR	Base Acord. (gr/m <sup>2</sup> )	Base Boca (gr/m <sup>2</sup> )												
ENSAYOS	Rev															
D1	0	88.00	88.897	88.380	0.8088	88.20	0.6440	1.840	34.60	98.4	38.48	17	2.840	1.82	12.80	41.63
	800	88.80	88.801	88.708	0.8080	84.00	0.6380	1.874	35.80	98.3	83.00	4	2.813	1.85	18.24	28.82
D2	0	84.00	88.888	88.828	0.8082	87.80	0.6180	1.817	30.70	98.2	821.84	318	3.885	1.67	25.78	38.08
	800	88.80	84.828	88.738	0.8048	88.70	0.6770	1.478	38.40	87.8	858.44	132	5.573	2.70	30.47	35.30
D3	0	47.80	84.488	88.187	0.8028	87.30	0.6880	1.802	38.80	87.9	382.80	288	4.828	2.40	28.57	43.12
	800	78.80	88.322	88.657	0.8080	83.40	0.7140	1.400	37.80	84.1	802.20	284	6.718	3.63	38.12	33.82
D4	0	48.00	84.778	88.238	0.8080	81.80	0.7161	1.386	32.38	88.8	1.238.88	847	6.218	2.88	38.08	32.78
	800	81.75	88.622	88.142	0.8013	78.80	0.6870	1.454	35.70	82.8	872.30	710	6.615	3.87	47.00	34.42
D5	0	84.00	88.817	88.838	0.8087	107.10	0.6880	1.788	30.10	87.8	84.82	17	3.437	1.38	18.88	38.87
	800	88.80	88.804	88.471	0.8024	82.80	0.7210	1.387	28.10	88.2	804.00	111	4.807	2.88	28.80	34.30
D6	0	47.80	88.081	88.640	0.8088	84.82	0.6180	1.816	31.84	84.8	417.18	120	4.888	1.83	27.83	34.18
	800	73.00	83.748	83.774	0.8000	84.40	0.6370	1.870	37.20	87.8	433.40	82	6.188	3.13	34.88	35.88
D7	0	48.80	88.041	88.342	0.8070	84.30	0.6820	1.448	38.88	83.0	832.88	286	5.842	2.81	28.78	36.80
	800	78.30	84.805	88.283	0.8028	72.80	0.7880	1.280	38.00	87.7	1.897.10	288	6.338	3.32	40.83	33.70
D8	0	47.00	88.408	88.332	0.8071	83.40	0.7114	1.408	34.80	83.8	718.48	410	6.387	2.83	28.80	33.71
	800	84.80	88.812	88.321	0.8000	77.20	0.7880	1.301	35.80	82.2	1.885.38	883	7.001	3.80	44.80	35.88
D9	0	82.88	88.888	88.887	0.8082	105.70	0.6870	1.783	22.20	88.7	888.04	270	5.405	1.82	25.88	43.80
	800	78.00	88.383	88.874	0.8082	88.80	0.6870	1.800	34.80	88.7	743.80	182	5.884	3.10	37.71	35.38
D10	0	83.00	88.181	88.388	0.8078	148.80	0.4080	2.488	33.80	81.8	381.08	248	5.388	2.84	21.88	38.12
	800	87.80	88.788	81.878	0.8000	87.80	0.7080	1.418	38.20	87.4	880.80	247	6.488	3.32	33.77	34.28
D11	0	44.00	88.233	88.482	0.8082	87.80	0.8000	1.887	30.80	88.2	817.70	281	4.138	1.80	30.70	34.87
	800	87.80	87.638	88.807	0.8080	78.80	0.7820	1.283	38.83	88.3	704.40	282	6.488	3.20	38.80	32.80
D12	0	44.00	88.441	88.730	0.8080	100.80	0.6840	1.882	30.42	83.3	442.00	282	4.478	1.78	23.88	38.08
	800	80.80	88.800	88.815	0.8040	87.80	0.6700	1.482	38.80	85.8	433.30	187	5.805	3.00	35.84	34.28
D13	0	41.00	88.888	88.280	0.8082	111.20	0.6380	1.877	27.80	83.0	184.30	80	4.083	1.48	17.47	43.27
	800	80.00	88.081	88.815	0.8080	83.00	0.7340	1.382	28.10	88.2	718.80	180	6.083	3.14	38.00	34.00
D14	0	44.00	88.233	88.482	0.8082	87.80	0.8000	1.887	30.80	88.2	817.70	281	4.138	1.80	30.70	34.87
	800	87.80	87.638	88.807	0.8080	78.80	0.7820	1.283	38.83	88.3	704.40	282	6.488	3.20	38.80	32.80
D15	0	48.80	83.837	87.388	0.8018	108.10	0.8280	1.802	38.12	88.2	88.88	88	4.487	2.88	22.82	34.83
	800	81.00	88.827	88.082	0.8018	85.80	0.6840	1.773	38.30	88.8	438.70	82	5.008	2.31	35.21	34.48
D16	0	38.78	88.281	88.188	0.8080	108.80	0.8540	1.808	43.70	87.8	48.28	27	4.088	2.81	20.88	35.38
	800	78.85	88.880	88.383	0.8080	81.80	0.8480	1.880	33.80	87.2	212.70	78	5.743	3.78	35.40	30.34

La Curva N° 5 muestra el efecto de la cantidad de reactivos en el porcentaje de lignina residual que disminuye considerablemente de 6.5 a 3.6%, a una concentración de reactivos de 6 a 8%, mientras que de 10 a 12% existe remoción de lignina con una ligera variación. El contenido de lignina en la paja de arroz es 10.1% y que a condiciones suaves de pulpeo el contenido de ésta en la pulpa baja con gran significancia demostrando que la materia prima es accesible al reactivo. La Curva N° 49 muestra el comportamiento de lignina corregida por el contenido de cenizas frente a la concentración de reactivos ( es decir, sólo lignina). Es el más importante de todos los análisis de la pulpa, base para los resultados de la digestión y evaluación de la calidad de pulpa. Debido al carácter hidrofóbico de la lignina y a su presencia en los enlaces entre fibras manteniéndolas firmemente juntas la lignina disminuye el enlace entre fibras en el papel disminuyendo las resistencias físicas. Su eliminación incrementa progresivamente las propiedades de papel mejorando su cohesividad [6,36]. Existe una íntima relación entre el porcentaje de lignina residual y el número de kappa, ya que éste basa su expresión en la capacidad de blanqueabilidad de la pulpa. Las Curvas N° 5 y 21 muestran que el comportamiento del número de kappa es similar al de lignina.

La respuesta de la pulpa a la acción de la degradación provocada por oxidación de microorganismos está expresada por el porcentaje de solubles en soda al 1% [3], observándose en la Curva N° 45 a medida que se incrementa la acción del alcalí disminuye de 31.7 a 19.9. A mayores porcentajes de solubles en soda menores deben ser los tiempos de almacenamiento de la pulpa en condiciones propicias para su oxidación.

La paja tiene un porcentaje de cenizas de 17.6%, una cocción al 6% de NaOH sólo logra disminuir éste a 17.4%,

por tanto será necesario concentraciones mayores de reactivos para lograr la remoción de cenizas y de sílice. Probablemente el alto contenido de cenizas de la paja de arroz es la más seria dificultad que se debe tener en cuenta. A mayor porcentaje de cenizas y/o de sílice las propiedades físicas tienden a disminuir (a excepción del rasgado) casi proporcionalmente. Además tienden a producir abrasión tanto en los equipos de la producción de la pulpa como del papel.[42] Las Curvas N° 13 y 17 muestran que la respuesta del porcentaje de cenizas y de sílice frente a la variable concentración de reactivos son similares disminuyendo notablemente a porcentajes de NaOH iguales o menores a 8%, a porcentajes mayores a 10.0 la disminución es leve.

La Curva N° 37 muestra que el porcentaje de celulosa en la pulpa obtenida 6 hasta 12 % aumenta, esto indica mejor calidad de papel sacrificando el rendimiento de la digestión; el Gráfico N° 53, muestra la correspondiente curva corregida por cenizas. La determinación del contenido de celulosa de la materia prima da una idea del rendimiento esperado para la fabricación de pulpa y permite determinar la resistencia intrínseca de las fibras, propiedad fundamental de estas últimas.

En cualquier operación de obtención de pulpas químicas parte de las hemicelulosas iniciales se retienen en la pulpa originando en ella ciertas propiedades que contribuyen a mejorar la resistencia a la tensión, explosión y doblez de la hoja de la pulpa. Aparentemente, tanto las cantidades y tipo de hemicelulosa en una pulpa, como también su accesibilidad (indicada por su facilidad de extracción) tendrán influencia en su efecto sobre las propiedades de la pulpa y sobre el tipo de papel que se puede hacer a partir de dicha pulpa. Si en una pulpa química el contenido de hemicelulosas es relativamente alto como resultado de una cocción suave ( por ejemplo : una digestión realizada con una menor concentración de

reactivos o menor tiempo de digestión o a una baja temperatura o a una alta relación de baño) la pulpa se hidrata fácilmente por efecto del batido y la pasta será apropiada para la fabricación de papel "glassine". Si por el contrario, el contenido de hemicelulosas es bajo como resultado de un tratamiento drástico ( por ejemplo : a alta concentración de alcalí, período prolongado de digestión, baja relación de baño o a altas temperatura ) el batido consume entonces tiempo y energía y, el producto fibroso tendrá un alto contenido de alfa-celulosa. Entre tales extremos hay muchos productos intermedios y para un tipo específico de papel a menudo existe un contenido óptimo de hemicelulosas.[6]

La Curva N° 41 representa la variación del contenido de hemicelulosas frente a ésta variable, la presencia de hemicelulosa en la pulpa va ligada al porcentaje de celulosa. La Curva N° 33 muestra el total de la fracción carbohidratos denotándose que permanece invariable al cambio de concentración de NaOH.

Siendo el índice de cloro esencial descripción del grado de delignificación de la pulpa, éste disminuye de 7.0 a 3.7 al incrementarse la concentración del reactivo de 6 a 12%, favoreciendo a los objetivos de este Estudio (Curva N° 25). Estos resultados son congruentes con los Gráficos correspondientes de la variación del contenido de lignina e índice de kappa.

El índice de carboxilos de las pulpas (Curva N° 27) disminuye con el incremento de la concentración de reactivos indicando tendencia a la oxidación.

#### **5.2.3.1.2. Variable : Tiempo de Digestión**

La Curva N° 2 esboza el comportamiento del rendimiento frente a esta variable, notándose un descenso del mismo cuando el período de digestión aumenta. Este descenso no es tan brusco como el que se aprecia en la Curva N° 1, resultando ser la variable concentración de reactivos la de mayor influencia en el rendimiento.

La Curva N° 6 muestra que a mayor tiempo de digestión mayor cantidad de lignina removida observándose un fuerte descenso cuando se incrementa de 1 a 2 hr. La Curva N° 50 esboza la variación del contenido de lignina corregida por el contenido de cenizas en la pulpa. La Curva N° 21 muestra que a mayor tiempo de digestión el número de kappa disminuye de 31.4 a 23.5 mostrando mayor facilidad de blanqueo con períodos prolongados de digestión.

El porcentaje de extractivos en alcohol-benceno presente en las pulpas celulósicas obtenidas a tiempos de digestión de 1.0 a 4.0 hr. no se ve afectado.

La Curva N° 14 y 46 muestran que los cambios efectuados en esta variable no influyen en la variación del contenido de solubles en soda al 1% ni en la remoción de cenizas. El Gráfico N° 18 muestra un de la variación del contenido de sílice en pulpas que disminuye de 9.6 a 11.6%.

Tiempos de cocción mayores permiten obtener pulpas con un alto porcentaje de celulosa deducible de la Curva N° 48. La Curva N° 54, muestra la respectiva curva corregida de celulosa por el contenido de cenizas que denota una respuesta semejante a la N° 48. Mientras no se afecte la fracción carbohidratos un alto porcentaje de celulosa en la pulpa indica mejores propiedades papeleras. La hemicelulosas, graficadas en la Curva N° 42, responden a un aumento del tiempo de digestión disminuyendo su contenido en la pulpa; la fracción carbohidratos, esbozado por el porcentaje de holocelulosas representado en la Curva N° 34, muestra que aún existiendo variación en los porcentajes de celulosa y hemicelulosa éste se mantiene constante.

De acuerdo a la Fig. N° 26 el índice de cloro disminuye de 5.8 a 4.5 con el tiempo de digestión de 1.0 a 4.0 hr. consecuentemente las pulpas están mejor delignificadas.



La Curva N° 30 esboza el comportamiento del índice de carboxilos frente al incremento del tiempo de digestión, disminuye desde 10.3 a 8.84.

#### 5.2.3.1.3. Variable : Relación de licor

Relaciones de licores bajas permiten el ingreso de licores de cocción concentrados. Relaciones de licor altas permite un mejor tratamiento de la paja recordando su voluminosidad. Aspectos importantes durante el proceso de digestión y manipuleo.

La Curva N°3 muestra los efectos positivos y negativos de la variación de ésta sobre el rendimiento, observándose menor rendimiento, 47.5%, a una relación de licor 1/4. La tendencia de la curva es de incremento.

El porcentaje de lignina residual en la pulpa disminuye de 5.98 a 3.71 como resultado del incremento de la relación de licor de 1/3 a 1/5; a relaciones mayores aumenta (Curva N° 7); el porcentaje de lignina residual corregido por el porcentaje de cenizas existente, Curva N° 51, disminuye de 5.7 a 3.6% a relaciones menores y aumenta hasta 3.85% a 1/6. La variación del número de kappa presenta una respuesta similar, Curva N° 23, la tendencia de la curva a relaciones mayores es de incremento mientras no se afecte la fracción carbohidratos.

La Curva N°11 muestra que el contenido de extractivos disminuye de 4.5 a 2.48% a relaciones de 1/3 a 1/5, aumentando a 4.1 a 1/6.

El gráfico N° 15 muestra la evolución del contenido de cenizas, disminuye de 13.95 a 11.50% a relaciones de licor de 1/3 a 1/5, aumenta hasta 13.3% a 1/6. Esto es, a relaciones mayores de licor no existe remoción de cenizas. El Gráfico N° 19 presenta respuesta similar del contenido de sílice teniéndose el menor porcentaje a 1/4 ( 7.27% ).

El contenido de celulosas obtenidas de 1/3 a 1/5 disminuye de 70.2 a 68.8%, para luego aumentar a

relaciones mayores (Curva N°39). La Curva N° 35 muestra la correspondiente curva corregida por el porcentaje de cenizas. Las hemicelulosas presentan un comportamiento inverso, aumentando de 8.8 a 15.2% a relaciones entre 1/3 a 1/5, a relaciones mayores de baño el porcentaje de hemicelulosa disminuye.

La Curva N° 27 muestra que el índice de cloro disminuye de 4.6 a 4.0 a relaciones de 1/3 a 1/5, para mostrar un ligero ascenso hasta 4.3% a una relación igual a 1/6.

#### 5.2.3.1.4. Variable : Temperatura de Cocción

Pulpeos suaves de paja de arroz muestran que el incremento de temperatura de 70 a 130 °C (manteniéndose las otras variables constantes) produce un gradual descenso del rendimiento, de 51.7 a 40.3%, notándose una mayor pendiente entre 110 - 130 °C. A temperaturas altas de digestión disminuye el rendimiento de la pulpa.

La remoción de lignina, tal como se puede apreciar de la Curva N°8 es brusca con el incremento de temperatura 70 a 110 °C, de 5.78 a 2.8%; a temperaturas mayores el porcentaje de lignina descenderá gradualmente. La Curva N° 52 muestra la variación correspondiente al porcentaje de lignina corregido por cenizas. La Curva N° 24 expresa que el número de kappa, índice relacionado con el porcentaje de lignina residual, disminuye con el incremento de la temperatura de digestión de 27.4 a 17.6%.

De la Curva N° 12, porcentaje de extractivos vs. temperatura de cocción, el porcentaje aumenta 1.6 a 1.4% de 70 a 90 °C, presentando un pronunciado descenso hasta 1.5% a 130 °C, la tendencia de la curva es de descenso a mayores temperaturas.

A temperaturas que oscilan entre 70 y 90 °C, existe una ligera remoción de cenizas; sin embargo, a temperaturas mayores la remoción de fracción carbohidratos excede a la remoción de lignina degradando

la parte celúlosica de la pulpa y afectando la calidad de la misma delimitando su uso papelerero (Curva N° 16). El Gráfico N° 20 que esboza el porcentaje de sílice en pulpas D13 a D16, muestran que a temperaturas superiores a 110 °C la eliminación de sílice no es buena.

La Curva N° 40 indica que a temperaturas mayores de digestión el porcentaje de celulosa en las pulpas aumentan. La hemicelulosas disminuyen apreciablemente como se puede observar en el Gráfico N° 44.

El grado de delignificación indicado por el índice de cloro en la pulpa disminuye al incrementarse la temperatura de cocimiento de 70 a 130 °C, de 4.7 a 2.45%. la tendencia de la curva es obtención de pulpas con índice de cloro menores a mayores temperaturas.

La Curva N° 32 indica que el índice de carboxilos disminuye de 9.4 a 5.4%, mientras que la temperatura aumenta de 70 a 130 °C.

#### 5.2.3.2. DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE LAS PULPAS

Los resultados de la evaluación de la influencia de las variables de digestión sobre las propiedades físicas de las pulpas producidas a Nivel Laboratorio se muestran en el Cuadro 5.2.3.2.I. y están graficadas en las Curvas N° 57 - 108.

El principal objetivo de los ensayos de refinado en pulpas a Nivel Laboratorio es predecir las propiedades del papel y reproducir los valores deseados refinando las pulpas. Esto está expresado por la velocidad de drenaje de la pulpa cuando la hoja de ensayo está formada por fibras sobre la malla. Una pulpa lenta, drenará con dificultad el agua que se desea eliminar generando problemas en la producción del papel al requerir mayor tiempo de producción o fallas continuas en las máquinas de papel. Una pulpa no refinada presenta una velocidad alta de drenaje. El grado de refinado, por lo general, incrementa la lentitud del drenaje de la pulpa aumentando °SR. En este Estudio, se realizará un primer análisis en

base a los resultados de propiedades físicas obtenidas a 0.0 revoluciones para después comparar dichas propiedades con las obtenidas a 500.0 revoluciones.

#### 5.2.3.2.1. Variable : Concentración de reactivos

El gramaje sobre base seca de las hojas de ensayo se encuentra comprendido entre 59.4 y 58.2 gr/m<sup>2</sup> en la Curva N° 57 disminuyendo con el aumento del porcentaje de soda a 0.0 rev., mientras que a 500.0 rev. mantiene una constancia frente a esta variable.

El espesor de las hojas de ensayo varía de 98.2 a 81.5 micras, disminuyendo en forma proporcional al aumento de concentración de NaOH, tal como se observa de la Fig. 61. La misma figura muestra la curva correspondiente 500.0 rev. que permite deducir que a mayor grado de refino menores espesores de las hojas, teniendo 79.8 micras el valor máximo. Es posible colegir que el espesor disminuye con el incremento de esta variable.

El volumen másico sobre base acondicionada expresada en cm<sup>3</sup>/gr disminuye de 1.84 hasta 1.39 en razón inversa el incremento del porcentaje de reactivos. En cada pulpa a mayor grado de refino menor es el volumen másico (Curva N° 69) y, evoluciona en forma similar que a 0.0 rev. Por el contrario, la Curva N° 65 que expresa la densidad de la pulpa, en todos los casos, a mayor grado de refino la densidad aumenta notablemente. A 0.0 rev. esta propiedad física varía de 0.54 a 0.71 gr/cm<sup>3</sup>. en proporción al incremento del porcentaje de soda. A 500.0 rev. a valores reducidos se mantiene prácticamente constante.

Dentro de las propiedades ópticas las más importantes son la blancura y opacidad y ambas se refieren a la habilidad de la pulpa a reflejar o absorber la luz, sus formas corresponden a la absorción de la luz visible por la lignina. Puede observarse del Cuadro N° 73 que la blancura de la pulpa aumenta en todos los casos con el aumento del grado de refino. Tomando como referencia la blancura de las hojas con menor °SR, la

pulpa más blanca obtenida con la variación de la concentración de reactivos de 6.0 a 10.0% tiene un porcentaje de blancura 37.5% correspondiente a 10.0% NaOH a 500.0 rev. y, la más oscura 32.3% de blancura a 12.0% NaOH a 0.0 rev.

La porosidad esboza la resistencia que el papel o cartón ofrece al paso del aire y mide el grado en que la hoja está "abierta", lo que proporciona una indicación de la clase de formación del papel o cartón que se está obteniendo y su grado de refinado. En el Gráfico N°81 la porosidad de las pulpas disminuye en proporción directa con el porcentaje de reactivos utilizados durante su cocción, siendo el menor valor de 39.48 seg/100 cc. y el mayor 1,239.56 seg/100 cc., de lo que resulta que a un tratamiento menos drástico la pulpa es más porosa. Existe la misma relación entre las pulpas a 500.0 rev., no presentándose mayores diferencias entre la porosidad a 0.0 rev y 500.0 rev.

Dentro de los diferentes ensayos físicos que se realizan sobre las hojas hechas de pulpa obtenidas a Nivel Laboratorio las representativas para determinar su resistencia mecánica son la resistencia a la tensión (porcentaje de alargamiento) determinación del número de dobles pliegues e índices de reventamiento y rasgado.

La resistencia a la tensión, expresada como longitud de rotura aumenta de 2,840 a 6,216 mts. en relación directa con el incremento de reactivos utilizado, de la misma forma evoluciona el porcentaje de alargamiento, de 1.52 a 2.99 y, ambos muestran un incremento considerable cuando se comparan estos valores con los obtenidos a 500.0 rev. Por tanto, el grado de refinado incrementa la longitud de rotura.

El número de dobles pliegues indicador del envejecimiento del papel se ve incrementado por el incremento de la concentración de NaOH como se observa del Gráfico N° 85, desde 17 a 647, la influencia de ésta

variable de cocción sobre la resistencia al plegado es notoria. A 500.0 rev. se observa la misma tendencia. En regla general, dentro del análisis de ensayos físicos, mostrar el comportamiento inverso que presenta la evolución de dobles pliegues frente al índice de rasgado. hecho éste que se corrobora en nuestro caso, el Gráfico N° 101 muestra el descenso del índice de rasgado a 500.0 rev., en todos los casos disminuye. Con respecto al índice de reventamiento, el comportamiento es similar a la longitud de rotura, esto es, se ve incrementado por acción del incremento de la variable de 12.8 a 35.

De esto se deduce que a un incremento de la variable concentración de reactivos la resistencia a los dobles pliegues, resistencia al reventamiento, longitud de rotura aumentan, mientras que el índice de rasgado disminuye.

#### 5.2.3.2.2. Variable : Tiempo de Digestión

Del Gráfico N° 58 puede observarse que el gramaje sobre base seca de las hojas de ensayo va de 59.5 a 59.3 gr/m<sup>2</sup>. presentando un comportamiento caso constante frente a esta variable. A 500.0 rev. las pulpas presentan similar comportamiento.

El espesor de las hojas de ensayo disminuye frente a esta variable (Gráfico N° 62). En el mismo Gráfico el espesor disminuye con el incremento del batido.

Los Gráficos N° 66 y 70 muestran la disminución del volumen másico de 1.7 a 1.4 cm<sup>3</sup>/gr y el incremento de la densidad de 0.55 a 0.71 gr/cm<sup>3</sup>. Puede deducirse también que el grado de refino disminuye el volumen másico y aumenta la densidad de las pulpas respectivamente.

El porcentaje de blancura se ve incrementado mientras que el grado de opacidad disminuye si la variable de cocción aumenta de 1.0 a 4.0 hr. El Gráfico N° 74 que va de 30.1 a 36.9% de blancura y, el Gráfico N° 78 de 97.6 a 93.9% de opacidad, muestran las tendencias. A 500.0 rev. el porcentaje de blancura

aumenta y el grado de opacidad disminuye con respecto a los hallados a 0.0 rev.

El Gráfico N° 82 muestra la tendencia de la disminución de la porosidad, porosidad que se ve disminuída por el grado de refino.

La variación de la resistencia a los dobles pliegues que presentan las pulpas D5 a D8 es mostrado en la Curva N° 83, la tendencia ascendente es marcada frente al incremento del tiempo de cocción. El grado de refino no tiene mayor influencia en esta propiedad.

Los Gráficos N° 90 y 94 esbozan la respuesta de la longitud de rotura y del alargamiento por tensión al incremento del tiempo de cocción mostrando en ambos casos, un considerable aumento de 3,477 a 6,367 mts. y, de 1.38 a 2.63 respectivamente. En todos los casos, es posible afirmar que ambas propiedades mecánicas se ven incrementadas por el grado de refino.

El índice de reventamiento también se ve incrementado por el aumento del tiempo de cocción de 12.8 a 36.0 como lo muestra el Gráfico N° 98, el grado de refino aumenta esta propiedad mecánica hasta 47.0; mientras que el índice de rasgador, disminuye, el Gráfico N° 102 muestra dicha tendencia y la actuación del grado de refino sobre ella.

#### 5.2.3.2.3. Variable : Relación de licor

El Gráfico N° 59 nos permite observar que a 0.0 revoluciones el gramaje sobre base seca de la hoja de pulpa varía alrededor de 59.0 gr/m<sup>2</sup> aumentando hasta 61.8 gr/m<sup>2</sup> a 500.0 rev.

El espesor de la hoja de pulpa obtenida a la relación de baño 1/4 presenta un mayor valor, 146  $\mu$ , manteniendo valores constantes alrededor de 100  $\mu$  a 1/3.1/5 y 1/6 a 0.0 revoluciones. Del Gráfico N° 63 puede deducirse también que el grado de refino disminuye el espesor de la hoja.

La Curva N° 71 representa la variación del volumen

másico de la hoja en  $\text{cm}^3/\text{gr}$ , observándose un menor valor a la relación de 1/4, 2.47, mientras que a relaciones de 1/3, 1/5, 1/6 el volumen másico disminuye hasta 1.80  $\text{gr}/\text{cm}^3$ . En todos los casos, este volumen másico disminuye con el incremento del grado de refinado. Del lado opuesto, la pulpa es más densa a la relación de baño 1/4, 0.40  $\text{gr}/\text{cm}^3$ , aumentando a las otras relaciones de baño hasta 0.60  $\text{gr}/\text{cm}^3$  (Gráfico N° 67). Es posible esbozar que se producen pulpas más densas a 500.0 revoluciones.

El Gráfico N° 75 muestra la tendencia del incremento del porcentaje de blancura con el incremento de la relación de baño, disminuyendo relaciones mayores. La opacidad (Gráfico N° 79) disminuye a relaciones menores a 1/5 aumentando a relaciones mayores. A 500.0 revoluciones el grado de blancura aumenta y la opacidad disminuye.

La porosidad de la hoja va desde 856 a 381  $\text{seg}/100\text{cc}$  a relaciones de baño de 1/3 a 1/4, con una ligera tendencia a disminuir a relaciones mayores. El grado de refinado disminuye la porosidad de la hoja, hecho éste, que ratifica el comportamiento ideal de las pulpas.

La resistencia al plegado permanece casi invariable frente a un cambio de relación de licor, 246 a 281, como lo muestra el Gráfico N° 87, asimismo el grado de refinado disminuye esta propiedad mecánica. El número de dobles pliegues y el índice de reventamiento presentan comportamientos similares de ligero incremento, Gráfico N° 99, esta propiedad aumenta con el incremento del grado de refinado.

Los Gráficos N° 91 y 95 que presentan la longitud de rotura y el alargamiento por tensión respectivamente denotan respuestas similares al cambio de esta variable de cocción, la longitud de rotura expresada en metros va desde 5,400 hasta 4,100 y de 1.50 a 2.84% el porcentaje de alargamiento.

El índice de rasgado expresada en la Curva N° 103,



presenta una tendencia a disminuir de 43.2 a 35.3 al aumentar la relación de licor. En todos los casos, ésta propiedad disminuye con el incremento del grado de refino.

#### 5.2.3.2.4. Variable : Temperatura de Cocción

El Gráfico N° 64 muestra que el espesor disminuye a 90 °C manteniéndose constante a 70, 110 y 130 °C. y desciende con el grado de refino.

El porcentaje de blancura aumenta marcadamente de 27.6 a 43.7% ( Gráfico N° 76 ) y la opacidad disminuye con la misma intensidad de 93.0 a 97.9% (Gráfico N° 80) cuando la temperatura de cocción aumenta de 70 a 130 °C. El grado de refino tiende a incrementar el grado de blancura y a disminuir la opacidad de la pulpa, comportamiento acorde a lo teórico esbozado.

A mayor temperatura menor porosidad como lo muestra el Gráfico N° 84.

Los valores de longitud de rotura casi se mantiene constante, evolución similar presenta el alargamiento por tensión (Gráficos N° 92 y 94). El grado de refino, en todos los casos, incrementa ambas propiedades mecánicas

La tendencia de la resistencia al plegado disminuye (Gráfico N° 88) y el grado de refino no presenta mayor influencia. Es notorio el incremento del número de dobles pliegues. El índice de rasgado evoluciona de manera similar, el Gráfico N° 104 muestra que el grado de refino disminuye el índice de rasgado. El Gráfico N° 100 esboza la tendencia de la respuesta del índice de reventamiento aumentando éste de 17.4 a 30.7 entre 70 y 90 °C para luego disminuir hasta 20.95 a 130 °C.

#### 5.2.3.2.5. Variable : Grado de refino

Las pulpas obtenidas en los ensayos a Nivel Laboratorio presentan °SR más altos que pulpas de diferente origen esto indica que para ciertos tipos de papel, algunas pulpas no presentarán la necesidad de ser refinadas observando la facilidad del proceso; por esto

el número de revoluciones (500.0 ) frente a las 2,500, 5,000 ó 10,000 necesarias para otras fibras.

El incremento de la concentración de reactivos de 6 a 12% de NaOH produce pulpas más rápidas a 0.0 rev., el incremento de revoluciones de refinado a 500.0 rev., Gráfico N° 105, advierte pulpas fáciles de refinar con tendencia marcada a la disminución de la velocidad de drenaje. Por ejemplo, la pulpa D4 es más lenta en la formación de la hoja respectiva en comparación a D1 ( a 500.0 rev). El mismo comportamiento presenta frente a la variable tiempo de digestión.

El aumento de la relación de baño produce pulpas más rápidas a 0.0 rev. que a 500.0 rev. aún cuando la velocidad de drenaje disminuye, en todos los casos, la facilidad de refinado se presenta a relaciones menores de baño como se puede apreciar del Gráfico N° 107.

El incremento de la temperatura de digestión disminuye la velocidad de drenaje. El grado de refino disminuye la velocidad de drenaje.

### DE LA INTER-RELACION ENTRE LA COMPOSICION QUIMICA Y LAS PROPIEDADES FISICAS

El Cuadro N° 25 muestra los resultados de la evaluación tanto de composición química como de propiedades físicas frente a las diferentes condiciones de digestión, esto es, los Gráficos N° 1 - 108.

- Una reducción del porcentaje de lignina al incrementar la concentración de reactivos, tiempo y temperatura de digestión así como relación de baño, como lo expresan las Curvas N° 49, 50, 51, 52 tiene marcada relación con el incremento del porcentaje de opacidad de

CUADRO No. 25  
 CUADRO COMPARATIVO DE PROPIEDADES QUIMICAS Y FISICAS DE LAS PULPAS A NIVEL LABORATORIO

VARIABLES DE DIGESTION		CONCENTRACION DE REACTIVOS (%)				TIEMPO DE DIGESTION (HORAS)		RELACION DE LICOR (PESO DE PAJA / PESO DE LICOR)				TEMPERATURA DE DIGESTION (°C)					
ENSAYOS	UNIDADES	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16
<b>CONDICIONES DE DIGESTION</b>																	
CONC. DE REACTIVOS	%	8	8	10	12	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
- SODA CAUSTICA	gr/l	34.2	30.5	22.9	48.4	31.4	43.0	40.5	38.8	38.2	38.7	38.7	38.8	23.0	38.7	38.7	38.7
TIEMPO DE DIGESTION	Hr	2	2	2	2	1	2	3	4	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
RELACION DE LICOR		1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/5	1/4	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5
TEMP. DE DIGESTION	°C	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	70	80	110	130
LICOR DE DIGESTION	pH	12.1	12.1	11.3	11.7	12.1	12.2	12.2	12.7	12.7	13.4	13.4	11.8	11.8	13.2	13.2	13.5
<b>EVALUACION DE PULPAS</b>																	
RENDIMIENTO	%	84.88	85.85	83.40	48.82	84.70	83.40	82.31	48.85	85.85	47.56	48.15	51.33	51.74	48.15	46.91	40.28
<b>EVAL. PROP. QUIMICAS</b>																	
- LIGNINA RESIDUAL	%	8.50	3.88	3.10	2.85	4.30	3.10	2.88	2.88	5.88	4.55	3.71	4.05	5.78	3.71	2.80	2.82
- EXTRACTOS AB	%	8.45	2.80	2.73	2.50	2.71	2.73	2.75	2.77	4.55	3.58	2.48	4.10	1.88	2.48	2.11	1.55
- CENZAS	%	17.43	12.75	12.00	11.30	11.00	12.00	12.80	12.10	13.85	12.50	11.50	13.35	11.55	11.80	12.80	15.80
- SLICE	%	15.08	10.83	8.80	8.70	8.00	11.80	8.70	8.80	11.15	7.27	7.40	8.70	9.07	7.20	13.20	15.40
- INDICE KAPPA	No	40.81	23.83	28.88	14.70	31.40	28.88	24.37	22.80	27.81	25.57	23.94	24.78	27.10	23.94	22.00	17.80
- INDICE CLORO	No	7.04	5.80	5.83	3.70	5.88	5.83	4.87	4.82	4.81	4.28	4.07	4.32	4.77	4.07	3.85	2.45
- INDICE CARBORILOS	No	8.94	9.87	10.00	6.05	10.32	10.00	9.72	8.84	8.23	8.91	8.18	8.37	8.44	8.18	8.28	5.47
- HEMICELULOSA	%	80.87	80.85	82.28	83.33	83.13	82.28	81.83	82.48	78.80	82.58	82.40	78.87	82.08	82.40	81.55	78.78
- CELULOSA	%	88.59	88.78	88.00	71.48	88.37	88.00	70.25	71.87	70.98	72.52	88.85	88.02	87.00	88.85	71.40	75.00
- HEMICELULOSAS	%	18.81	14.08	15.15	13.83	18.82	15.15	13.51	12.80	8.82	12.85	15.28	13.44	18.22	15.28	12.85	5.85
- SOLUBLES EN SODA AL 1%	%	31.72	23.88	21.25	18.87	23.08	21.25	23.84	22.08	24.17	25.27	22.17	24.22	24.07	22.17	24.01	22.71
- LIGNINA CORREGIDA	%	8.08	3.47	3.01	2.87	4.08	3.01	2.80	2.80	5.70	4.38	3.82	3.85	5.88	3.82	2.74	2.87
- CELULOSA CORREGIDA	%	84.18	85.75	87.11	88.70	88.51	87.11	88.32	88.88	88.88	88.84	87.14	85.23	85.87	87.14	88.88	73.83
<b>EVAL. PROP. FISICAS</b>																	
<b>- GRADO DE REF. = 800 REV.</b>																	
- cSR		88.00	84.00	47.50	45.00	84.00	47.50	48.50	47.00	82.25	83.00	44.00	44.00	41.00	44.00	45.00	38.75
- GRAMAJE (BASE ACOND.)	gr/m2	88.887	88.888	84.488	84.778	88.817	88.081	88.041	88.408	88.888	88.181	88.888	88.441	88.888	88.888	88.887	88.881
- GRAMAJE (BASE SECA)	gr/m2	88.380	88.888	88.187	88.838	88.838	88.840	88.342	88.382	88.887	88.388	88.482	88.730	88.880	88.482	87.388	88.188
- SEQUEDAO	tercio por 1	0.8088	0.8082	0.8083	0.8880	0.8087	0.8885	0.88870	0.8071	0.8882	0.8878	0.8882	0.8880	0.8082	0.8882	0.8015	0.8080
- ESPESOR	micras	88.20	87.80	87.30	81.50	107.10	84.82	84.30	83.40	105.70	148.80	87.80	100.80	111.30	87.80	108.10	108.80
- DENSIDAD (BASE ACOND.)	gr/cm3	0.5440	0.8180	0.8880	0.7181	0.8880	0.8180	0.8880	0.7114	0.8870	0.4080	0.8000	0.8840	0.8880	0.8000	0.8880	0.8840
- VOL. MASICO (BASE ACOND.)	cm3/gr	1.840	1.817	1.802	1.388	1.788	1.818	1.448	1.408	1.788	2.488	1.887	1.882	1.877	1.887	1.802	1.808
- BLANQUEO	%	34.80	30.70	38.80	32.38	30.10	31.84	38.88	34.80	22.30	33.80	30.80	30.42	27.80	30.80	38.12	43.70
- OPACIDAD	%	88.4	80.2	87.8	88.8	87.8	84.8	83.0	83.8	80.7	81.5	80.2	88.3	88.0	80.2	88.2	87.8
- POROSIDAD	g/100 cc	38.48	821.84	282.80	1,838.88	84.32	417.18	832.88	718.48	888.04	381.08	817.70	448.00	184.30	817.70	88.88	45.88
- RESISTENCIA AL PLEGADO	No	17	318	288	847	17	180	285	410	270	248	281	282	80	281	88	27
- LONGITUD DE ROTURA	m	2.840	3.885	4.888	8.818	3.487	4.888	8.842	8.887	8.408	8.888	4.138	4.478	4.088	4.138	4.487	4.088
- ALARGAMIENTO POR TENSION	%	1.82	1.87	2.40	2.88	1.38	1.83	2.81	2.83	1.82	2.84	1.80	1.78	1.48	1.80	2.88	2.81
- INDICE DE REVENTAMIENTO	No	12.80	25.78	28.57	38.08	18.88	27.83	28.78	28.80	28.85	21.88	30.70	23.88	17.47	30.70	22.82	20.88
- INDICE DE RASGADO	No	41.83	38.05	43.12	32.78	38.57	34.18	35.80	38.71	43.80	38.12	34.87	38.08	43.87	34.87	34.23	35.38
<b>- GRADO DE REF. = 800 REV.</b>																	
- cSR		88.80	88.80	78.80	81.75	88.80	73.00	78.30	84.80	78.00	87.80	87.80	80.80	80.00	87.80	81.00	78.25
- GRAMAJE (BASE ACOND.)	gr/m2	88.801	84.888	88.882	88.882	88.804	88.748	84.808	88.812	88.888	88.780	87.888	88.800	88.081	87.888	88.887	88.880
- GRAMAJE (BASE SECA)	gr/m2	88.708	88.738	88.887	88.142	88.471	88.774	88.888	88.881	88.874	81.875	80.807	88.815	80.815	80.807	88.888	88.883
- SEQUEDAO	tercio por 1	0.8080	0.8048	0.8880	0.8013	0.8084	0.8000	0.8083	0.8000	0.8882	0.8000	0.8880	0.8840	0.8880	0.8880	0.8018	0.8080
- ESPESOR	micras	84.00	88.70	88.40	78.80	88.80	84.40	78.80	77.80	88.80	87.80	78.80	87.80	88.00	78.80	88.80	81.80
- DENSIDAD (BASE ACOND.)	gr/cm3	0.8880	0.8770	0.7140	0.8870	0.7210	0.8870	0.7880	0.7880	0.8870	0.7080	0.7880	0.8700	0.7840	0.7880	0.8840	0.8480
- VOL. MASICO (BASE ACOND.)	cm3/gr	1.884	1.478	1.400	1.484	1.387	1.870	1.380	1.301	1.800	1.418	1.383	1.482	1.382	1.388	1.773	1.880
- BLANQUEO	%	38.80	38.40	37.80	38.70	38.10	37.80	38.00	38.80	34.80	38.30	38.88	38.80	38.10	38.88	38.30	38.80
- OPACIDAD	%	88.3	87.3	84.1	88.8	88.2	87.3	87.7	88.2	88.7	87.4	88.3	88.5	88.2	88.3	88.3	87.2
- POROSIDAD	g/100 cc	88.00	888.44	882.20	872.30	884.00	483.40	1,887.10	1,888.38	743.80	880.80	704.40	483.30	718.80	704.40	488.70	213.70
- RESISTENCIA AL PLEGADO	No	4	182	284	710	111	82	288	888	182	247	282	187	180	282	88	78
- LONGITUD DE ROTURA	m	2.813	8.873	8.718	8.818	4.807	8.188	8.888	7.081	8.884	8.488	8.488	8.800	8.088	8.488	8.088	8.748
- ALARGAMIENTO POR TENSION	%	1.88	2.70	3.88	3.87	2.88	3.13	3.32	3.80	3.10	3.32	3.30	3.00	3.14	3.30	3.31	3.78
- INDICE DE REVENTAMIENTO	No	18.84	30.47	38.12	47.00	28.80	34.88	48.83	44.80	37.71	33.77	38.80	35.84	38.00	38.80	38.21	35.40
- INDICE DE RASGADO	No	38.82	38.30	38.82	34.48	34.30	38.88	38.70	38.88	38.38	34.37	38.80	34.38	34.00	38.80	34.48	30.84



las hojas y con la disminución del porcentaje de blancura. Debido a la disminución del contenido de lignina la resistencia al plegado, longitud de rotura, alargamiento, resistencia al reventamiento se ven incrementadas al aumentar las variables de digestión concentración de reactivos y tiempo de digestión en proporción directa. El índice de Kappa y el índice de cloro evolucionan en forma similar.

- Una disminución del contenido de celulosa perjudica la resistencia al plegado, así como también la opacidad, porosidad, longitud de rotura, alargamiento e índice de rasgado. Por esto no se recomienda condiciones fuertes de digestión.

- La influencia del contenido de hemicelulosas sobre las propiedades físicas de las hojas es notorio. Las Curvas N° 41, 42, 44, muestran el descenso del porcentaje de hemicelulosas en las pulpa a través de condiciones drásticas de pulpeo : aumento de la concentración de reactivos, incremento del tiempo de digestión, incremento de la temperatura de cocción; el grado de blancura, resistencia al plegado, longitud de rotura, alargamiento, reventamiento aumentan con la disminución de la fracción hemicelulosa, mientras que en forma acentuada el índice de rasgado disminuye.

#### DE LOS VALORES EXTREMOS :

- Existe una relación entre el rendimiento de la pulpa y el porcentaje de lignina residual determinada en ellas : a menor porcentaje de lignina, menor rendimiento, por lo que es factible establecer una relación proporcional entre estos dos factores tan importantes para determinar el proceso de operación a nivel industrial.

- Tomando como referencia la blancura de las hojas con menor °SR la pulpa más blanca corresponde al ensayo D16 con 43.7% y, la pulpa más oscura con 22.2% al ensayo D9, relacionando estos resultados con los porcentajes de

lignina residual se observa que estos tienen uno de los menores y mayores porcentajes 5.98% y 2.92%; el más bajo y el más alto índice de cloro 2.45 y 4.61, y el menor y mayor número de kappa 17.6 y 27.6 respectivamente. El factor de reflectancia evoluciona de forma similar a la blancura, el factor más alto corresponde a la pulpa más blanca ( 97.9% ) y el más bajo a la pulpa más oscura ( 90.7% ). Las pulpas con mayor blancura y menor índice de cloro e índice de kappa, son las que presentan mayor facilidad para el blanqueo, de los que inducimos que la pulpa D16 es más fácil de blanquear.

- El índice de doblamiento presenta una relación proporcional al porcentaje de celulosa. Considerando los ensayos D1 al D12, las pulpas con una menor resistencia al plegado son D1 y D5, y la mayor se presenta en el ensayo D4, correspondiendo a estos los menores porcentajes de celulosa ( 64.1% y 66.5% ) y el mayor porcentaje de celulosa ( 69.68% ) respectivamente. De esto es posible asegurar que las fibras de pulpa de paja de arroz presentan un comportamiento similar a pulpas obtenidas de otras materias primas.

- Es preciso hacer notar que la respuesta de las resistencias mecánicas a condiciones de digestión a la que están sujetas las pulpas D13, D14, D15 y D16, en algunos casos no responde al comportamiento antes descrito, como en la resistencia a la tensión y resistencia al plegado (Gráficos N° 88, 92 ) que presentan una tendencia a disminuir, esto se debe al hecho que el factor temperatura de digestión, afecta de manera específica la composición de las fibras actuando en la fracción carbohidratos provocando una descomposición mayor y, en algunos casos, destrucción de las mismas, esto nos permite afirmar que temperaturas de digestión mayores a 90° C no son recomendables para digerir paja de arroz.

- Es importante destacar la influencia del grado de

refino en la variación de las propiedades físicas y mecánicas de las pulpas ensayadas : en algunos casos como en las Curvas N° 59 y 60, el gramaje se ve incrementado, del mismo modo, el porcentaje de blancura, longitud de rotura,, alargamiento por tensión, índice de reventamiento se ven incrementados, mientras que el espesor, volumen másico, grado de opacidad, porosidad,, índice de rasgado en todos los casos disminuye, manteniéndose casi invariable el número de dobles pliegues. La velocidad de drenaje de la pulpa disminuye invariablemente con el incremento del grado de refino de las pulpas.

#### DE LA COMPARACION DE LA COMPOSICION QUIMICA Y PROPIEDADES FISICAS DE LAS PULPAS OBTENIDAS DE PAJA DE ARROZ CON OTRAS A PARTIR DE MADERAS NACIONALES DURAS Y SUAVES

- En el Cuadro N° 26 y 27 se encuentran el número de revoluciones en refinador PFI correspondientes en Pulpa Química al Sulfato de sólo 10 especies de las 53 especies madereras que presenta el : " Estudio de las Posibilidades de maderas nacionales para Fabricación de Pulpa para Papel" por J. Bueno que esboza los resultados de sus propiedades químicas y físicas, para efectos de comparación con los obtenidos por pulpeo a la soda a presión atmosférica de la paja de arroz, ( cabe recordar, que procesos a la soda para especies madereras presentan cocciones lentas y resistencias en la pulpa menores, en comparación con la pulpa al sulfato, a causa de esto prácticamente todos los estudios en madera están dirigidos al empleo de una cantidad de sulfuro en el licor de cocción, no encontrándose bibliografía con digestiones a la soda para maderas suaves y duras).

#### DE LOS ENSAYOS QUIMICOS

Las propiedades físicas de las pulpas obtenidas en paja son mejores debido al menor contenido de lignina que implica un grado de blancura más alto y por ende, el consumo de reactivos en etapas posteriores de blanqueo

CUADRO No. 26

COMPOSICION QUIMICA DE LAS PULPAS AL SULFATO DE 10 MADERAS NACIONALES,  
PAJA DE ARROZ A LA SODA Y DE OTRAS MADERAS AL PROCESO KRAFT

ESPECIE MADERERA	PROCESO	RENDIMIENTO (%)	LIGNINA RES. (%)	CENIZAS (%)	IND. KAPPA (N7)	REF.
1. Cepanchina	Al Sulfato	47.10	5.31	0.64	31.20	(-)
2. Copal	Al Sulfato	48.10	2.37	0.58	17.70	
3. Cumala Blanca	Al Sulfato	51.60	2.70	0.20	17.50	
4. Cumala Colorada	Al Sulfato	45.00	3.45	0.39	30.40	
5. Chimicua	Al Sulfato	50.00	8.59	0.81	48.60	
6. Espintana	Al Sulfato	51.60	6.15	0.18	34.60	
7. Guabllia	Al Sulfato	50.00	9.86	1.04	54.20	
8. Huamansamana	Al Sulfato	51.10	8.65	0.38	53.00	
9. Huarmicaspl	Al Sulfato	50.50	3.86	0.60	20.10	
10. Hulracaspl	Al Sulfato	51.80	1.77	0.50	11.62	
Paja de arroz	%NaOH = 13.0 Ttemp. = 10.0 hr Temp. = 50 oC	54.40	8.90	4.40	13.20	TAPPI
Paja de arroz	%NaOH = 15.0 Ttemp. = 10.0 hr Temp. = 90 oC	50.80	6.30	6.50	8.90	

ESPECIE MADERERA	PROCESO	RENDIMIENTO (%)	LIGNINA RES. (%)	CELULOSA (%)		
Abeto del Norte	Kraft no blanqueada	70.00	20.00	56.00		CLARK
		60.00	13.00	66.00		
		55.00	8.00	72.00		
		50.00	4.00	79.00		

CUADRO No. 27

PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE 10 ESPECIES MADERERAS NACIONALES,  
PAJA DE ARROZ Y OTRAS MADERAS

MADERERA	PROCESO	GRADO DE REFINO (o.SF)	DENSIDAD (gr/cc)	OPACIDAD (%)	LONGITUD DE ROTURA (m)	DOBLES PLIEGUES (No.)	INDICE DE REVENTAMIENTO (No.)	INDICE DE RASGADO (No.)	REF.
1. Cepanchina	Al Sulfato	45.00	0.58	71.50	6032	56	33.10	129.90	(-)
2. Copal	Al Sulfato	45.00	0.74	71.30	8547	122	49.30	107.00	Bueno
3. Cumala Blanca	Al Sulfato	45.00	0.72	76.00	7887	775	49.90	144.30	
4. Cumala Colorada	Al Sulfato	45.00	0.72	73.20	7710	727	44.90	160.70	
5. Chemicua	Al Sulfato	45.00	0.53	78.40	6111	11	30.80	103.80	
6. Espintana	Al Sulfato	45.00	0.57	81.40	5091	22	26.00	113.90	
7. Guabilla	Al Sulfato	45.00	0.73	88.20	8188	304	43.50	98.00	
8. Huamansamana	Al Sulfato	45.00	0.78	88.00	9629	1,376	85.50	107.80	
9. Huarmicaspi	Al Sulfato	45.00	0.65	71.90	8289	214	53.10	191.90	
10. Huiracaspi	Al Sulfato	45.00	0.80	70.50	9430	2,684	81.60	118.90	
Paja de arroz	%NaOH = 13.0 Temp. = 10.0 hr Temp. = 50 o.C	70.00	0.64	---	—	198	20.60	49.60	
Paja de arroz	%NaOH = 15.0 Temp. = 10.0 hr Temp. = 90 o.C	70.00	0.62	--	—	222	22.60	55.20	
Pino Escandinavo	Kraft	—	0.75	66	11,400.00	820	88	97.00	
Pino del Sur	Kraft	—	0.66	61	10,050.00	620	76	139.00	
Eucalpto	Kraft	—	0.73	77	8,000.00	160	52	95.00	
Mezcla de maderas duras Eucalpto	Kraft	—	0.71	79	7,600.00	80	45	78.00	
Abeto del Cbnada	Kraft	—	0.72	65	11,200.00	1,090	68	65.20	



**CUADRO No. 28**  
**PROPIEDADES FISICAS DE LA PULPA DE PAJA DE ARROZ**  
**OBTENIDAS A NIVEL LABORATORIO AJUSTADAS A 45 o.SR**

<b>PULPA</b>	<b>LONGITUD DE ROTURA (m.)</b>	<b>DOBLES PLIEGUES (No.)</b>	<b>INDICE REVENTAMIENTO (No.)</b>	<b>INDICE RASGADO (No.)</b>
D1	—	—	8.24	65.35
D2	2,789	—	22.84	36.51
D3	4,443	263	25.45	43.94
D4	6,216	647	36.06	32.78
D5	2,595	—	10.83	38.20
D6	4,507	—	27.27	—
D7	5,921	254	28.16	35.69
D8	6,328	402	28.06	—
D9	4,943	—	13.83	52.49
D10	4,782	245	15.36	37.13
D11	4,238	—	31.03	34.87
D12	4,557	—	24.57	35.95
D13	4,295	64	19.37	42.32
D14	4,238	—	31.03	34.87
D15	4,489	58	22.73	—
D16	4,434	38	23.96	34.30

será menor. Debido al menor índice de kappa obtenido en algunas pulpas de paja es posible considerar el uso de dichas pulpas en el empleo de la fabricación de ciertos tipos de papeles sin procesos de blanqueos previos.

- El porcentaje de cenizas en pulpas de paja a la soda varía de 11.5 a 17.43%, valores superiores a los que muestran las pulpas al sulfato de maderas nacionales cuyos porcentajes oscilan entre 0.38 - 1.04%, esto redunda fundamentalmente en paja de arroz como se aprecia del Cuadro N° 24 en una disminución de las propiedades físicas .

- El Cuadro N° 26 muestra además información proporcionada por TAPPI composición química de pulpas obtenidas de paja de arroz a condiciones de digestión diferentes a las del presente Estudio, siendo de 6.3 a 9.0% el porcentaje de lignina residual, mientras que el Cuadro N° 19 demuestra que los valores de lignina residual en pulpas de paja varían de 1.5 a 6.4%.

#### DE LAS PROPIEDADES FISICAS

- La comparación de la resistencia de la pulpa de paja de arroz con diferentes especies madereras estudiadas en el Perú y otras muy utilizadas para fabricación de pulpa para papel, haciendo uso del mismo principio debe hacerse con valores correspondientes a igual °SR. Dado que las características del Refinador PFI, así como la gran variabilidad en la facilidad de refinado de las pulpas, este Estudio analiza las propiedades físicas de las pulpas a dos grados de refinado diferentes : 0.0 y 500.0 revoluciones obteniéndose los respectivos valores de °SR; luego se ha procedido a efectuar un ajuste de sus propiedades mecánicas (longitud de rotura, dobles pliegues, índice de reventamiento e índice de rasgado) a 45 °SR, en base a los valores obtenidos a los dos °SR resultantes en el refinado de cada pulpa en el PFI.

Seguidamente, se exponen los resultados de longitud de

rotura, resistencia al plegado, índice de reventamiento e índice de rasgado de las 16 pulpas obtenidas en esta Investigación y de las pulpas al sulfato de las 10 especies madereras nacionales a 45 °SR en los Cuadros N° 27 y 28 respectivamente.

#### 5.2.3.4. ESTUDIO BIOMETRICO DE LAS FIBRAS DE LA PAJA DE ARROZ

Considerable información básica sobre las fibras y sus pulpas en la industria del papel está disponible en años recientes por que se busca un modo de satisfacer la enorme demanda de papel predicha para el futuro.

Hoy en día la longitud de la fibra no juega el papel decisivo que por mucho tiempo le atribuyeron los fabricantes de papel y que para la mayoría de las propiedades de resistencia su importancia está subordinada a la capacidad de las fibras para formar enlaces entre sí, donde la composición química también es importante.

Los resultados obtenidos del estudio biométrico de nuestro recurso paja de arroz, de acuerdo a "Estudio Biométrico de las Fibras - Metodología" (Ver Apéndice E-2), realizado en el Laboratorio de Pulpa y Papel de la Facultad de Industrias Forestales de la U.N.A. son los que se muestran en el Cuadro N° 29

El exámen al microscopio de la paja de arroz también revela sus características con relación a la longitud de fibra y diámetro. El Cuadro mencionado muestra que la paja de arroz, usada como materia prima de este estudio tiene como promedio una longitud de 1,330  $\mu$ , mientras que su diámetro es de 7.6  $\mu$ , destacando la esbeltez de la fibra de la paja.

Se ha establecido que todas las propiedades de resistencia dependen de la longitud, y muy especialmente la resistencia al desgarre. De aquí que en una comparación de pulpas obtenidas de paja de arroz con

**CUADRO No. 29**  
**DIMENSIONES DE LAS FIBRAS DE PAJA DE ARROZ**  
(micras)

<b>LONGITUD</b>	<b>Máxima</b>	<b>3077.00</b>
	<b>Mínima</b>	<b>461.00</b>
	<b>Promedio</b>	<b>1330.00</b>
<b>DIAMETRO</b>	<b>Máxima</b>	<b>13.80</b>
	<b>Mínima</b>	<b>3.40</b>
	<b>Promedio</b>	<b>7.60</b>
<b>LUMEN</b>	<b>Máxima</b>	<b>8.80</b>
	<b>Mínima</b>	<b>0.35</b>
	<b>Promedio</b>	<b>2.75</b>
<b>RELACION l/d</b>		<b>175/1</b>

Fuente : Resultados obtenidos de nuestro Estudio

**CUADRO No. 30**  
**DIMENSIONES APROXIMADAS DE PAJAS Y MADERAS**

<b>ESPECIE</b>	<b>LONGITUD</b> (mm.)			<b>DIAMETRO</b> (micras)			<b>l/d</b>
	<b>Máx.</b>	<b>Mín.</b>	<b>Prom.</b>	<b>Máx.</b>	<b>Mín.</b>	<b>Prom.</b>	
<b>Paja de Arroz</b>	3	0.4	1.3	13.8	3.4	7.6	175:1
<b>Paja de Trigo</b>	3.1	0.7	1.5	34	10.2	20	112:1
<b>Bamboo</b>	4.4	1.5	2.7	27	7	14	190:1
<b>Bagazo</b>	2.8	0.8	1.7	34	10	20	85:1
<b>Paja de Maíz</b>	2.9	0.5	1.5	24	14	18	85:1
<b>Pino</b>	—	—	3	—	—	40	75:1
<b>Abeto</b>	—	—	3	—	—	32	85:1
<b>Alamo</b>	—	—	1	—	—	26	40:1

otras materias primas formadas básicamente de fibra larga, el índice de rasgado de la primera es bastante menor al de las segundas, sin embargo, la relación  $l/d$ , es una característica importante de la fibra desde que las que poseen una alta  $l/d$ , en las operaciones de prensa y secado colapsan y deforman fácilmente para producir una hoja con un gran número de enlaces fibra - fibra. Siendo la paja de arroz fuente de fibra corta, debido a la esbeltez de las mismas, es factible obtener pulpa y papel de excelentes propiedades físicas y buen rendimiento gracias al mayor número de enlaces entre las fibras.

#### **DE LA PAJA DE ARROZ EN COMPARACION CON PAJA DE OTROS CEREALES Y MADERAS**

Del Cuadro N° 30 las maderas (pino y abeto) con una longitud de fibra de 3.0 a 2.7 mm. son consideradas de fibra larga, pero la relación  $l/d$  es de aproximadamente 80 : 1, desventaja frente a las pajas, mientras que las llamadas de fibra corta presentan dicha ventaja sustancial en la producción de papeles donde una buena formación y propiedades físicas son requeridas.

#### **5.3. OBTENCION Y EVALUACION DE PULPAS A NIVEL PLANTA PILOTO**

##### **5.3.1. INTRODUCCION : CRITERIO DE SELECCION**

Actualmente la industria papelera con el gran auge que presenta se permite considerables ajustes de las propiedades de papel usando uno u otro tipo de pulpa pero básicamente la pulpa pone límites definitivos sobre que propiedades de papel pueden ser logradas. De lo expuesto, se deduce que si los resultados de los ensayos químicos y físicos a Nivel Laboratorio de las 16 pulpas obtenidas expresan que éstas fácilmente pueden ser orientadas a la producción de todos los tipos de papeles desde papel bond, carátulas, etc; hasta papeles más finos como envoltura de cigarrillos y otros, corresponde ahora con

las corridas a Nivel Planta Piloto ratificar rendimientos, esbozar el proceso de producción del producto, balance de materia y relacionar las propiedades físicas de las pulpas con las propiedades físicas exigidas para la producción de papel a la que pueden dar origen. Como se dijo anteriormente, "cualquiera de las condiciones de operación de cada una de las 16 pulpas puede servir de ensayo a Nivel Piloto"; más por consideraciones de criterio y economía, se llevaron a cabo sólo DOS ensayos.

### 5.3.2. DESCRIPCION DEL PROCESO DE OBTENCION DE LA PULPA CELULOSICA A NIVEL PLANTA PILOTO

Los ensayos fueron realizados en las instalaciones del Laboratorio de Pulpa y Papel de la Universidad Nacional Agraria, Facultad de Industrias Forestales.

La Fig. N° 19 muestra las etapas del proceso que se describen en el Apéndice E-5.

### ENSAYOS REALIZADOS EN LAS HOJAS HECHAS DE PULPAS OBTENIDAS A NIVEL PLANTA PILOTO

DETERMINACION DE LA COMPOSICION QUIMICA :

Detallado en 5.2.2.6.

DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS :

Detallado en 5.2.2.5.

### 5.3.3. PRIMERA CORRIDA A NIVEL PILOTO

#### 5.3.3.1. CONDICIONES DE OPERACION

TEMPERATURA : 90.0 °C

TIEMPO : 2.0 hr.

RELACION DE BAÑO : 1/4

PORCENTAJE DE NaOH (sobre paja seca) : 6.0

#### 5.3.3.2. BALANCE DE MATERIA

El balance de materia y especificaciones del licor blanco se detallan en el Apéndice E-6.

### RESULTADOS

RENDIMIENTO = 70.0 %

La Fig. E - 6.I, muestra el diagrama de flujo cuantitativo de esta operación.5.3.3.3.

# DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE PRODUCCION DE PULPA PARA PAPEL A NIVEL PLANTA PILOTO

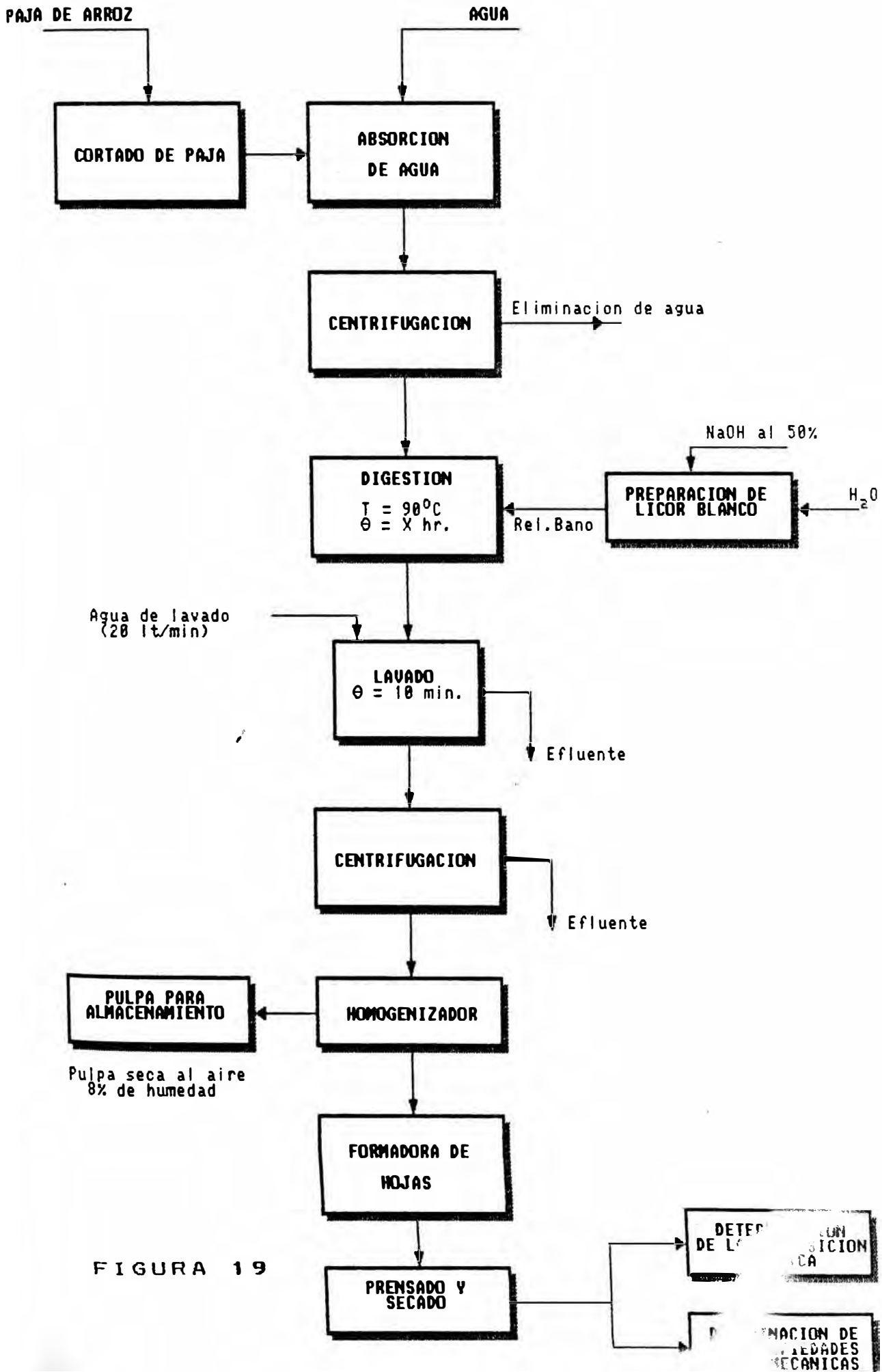


FIGURA 19

5.2.4.3. REQUERIMIENTOS DE MATERIAS PRIMAS PARA EL BATCH  
RENDIMIENTO : 70.0 %

	Por 1.85 Kg. PULPA O.D. (Kg.)	Por 1.0 Kg. PULPA 0.D. (Kg.)
-----		
PESO DE PAJA DE ARROZ, SECA AL AIRE (12.0 % HUM.)	3.000	1.62
PESO DE NaOH al 50.0%	0.432	0.24
PESO DE AGUA	210.00	113.50
ENERGIA TOTAL	*	*

\* Los cálculos de requerimiento de energía en la etapa de digestión se presentan en 6.3.3.3.

5.3.4. SEGUNDA CORRIDA A NIVEL PILOTO

5.3.4.1.5. CONDICIONES DE OPERACION

TEMPERATURA	:	90.0 °C
TIEMPO	:	4.0 hr.
RELACION DE BAÑO	:	1/4
PORCENTAJE DE NaOH (sobre paja seca):		10.0

5.3.4.2. BALANCE DE MATERIA

El balance de materia y especificaciones del licor blanco se detallan en el Apéndice E-7.

RESULTADOS

RENDIMIENTO = 50.0 %

La Fig. E - 7.I, muestra el diagrama de flujo cuantitativo de esta operación.

5.3.4.3. REQUERIMIENTOS DE MATERIAS PRIMAS PARA EL BATCH  
RENDIMIENTO : 50.0 %

	Por 1.35 Kg. PULPA O.D.	Por 1.0 Kg. PULPA 0.D.
-----		
PESO DE PAJA DE ARROZ, SECA AL AIRE (12.0 % HUM.)	3.00	2.30
PESO DE NaOH al 50.0%	0.72	0.54
PESO DE AGUA	210.00	156.00
ENERGIA TOTAL	*	*



\* Los cálculos de requerimientos de energía en la etapa de digestión se presentan en 6.3.3.3.

### 5.3.5. RESULTADOS DE LAS EVALUACIONES FISICAS Y QUIMICAS DE LAS HOJAS DE PULPA DE LAS PLANTAS PILOTO 1 Y 2

El Cuadro N° 31 presenta un resumen de los resultados de los ensayos físicos y químicos realizados en las hojas de las pulpas obtenidas en la Planta Piloto N° 1 y 2.

Los rendimientos de las cocciones ascienden de 48.8 a 50.0% y de 64.7 a 70%, las diferencias a Nivel Piloto resultan menos significativas.

Las composiciones químicas de las pulpas con respecto a las obtenidas en el Laboratorio no difieren en mucho, para el caso del número de Kappa los valores han disminuído de 10.5 a 35.0 y de 22.5 a 22.0 respectivamente, favoreciendo la producción de pulpa sin blanquear, números de Kappa más bajos que los obtenidos incluso en pulpas blanqueadas de maderas.

De la comparación de los resultados presentados en el Cuadro N° 31 con los obtenidos a Nivel Laboratorio de las cocciones realizadas a las mismas condiciones de operación se observa que los valores referidos a gramaje, sequedad, espesor, volumen másico, blancura, opacidad, no presentan diferencia significativa, hecho éste que ratifica los resultados de todos los ensayos realizados. Con respecto a porosidad, se observa un incremento de 40.0 a 65.0 y de 720 a 750, cualidad que mejora la calidad del papel producido.

Cabe notar pues, que los resultados obtenidos a Nivel Laboratorio, ratificados y mejorados algunos a Nivel Planta Piloto, son indicadores esenciales que determinan que desde la cocción N° 1 a la 16 pueden ser fácilmente orientadas a la producción del tipo de papel al cual correspondan las propiedades físicas exigidas.

**CUADRO No. 31**  
**RESULTADOS DE LAS EVALUACIONES DE LAS PULPAS**  
**A NIVEL PLANTA PILOTO No. 1 Y 2**

	UNIDADES	Prueba 1	Prueba 2
<b>CONDICIONES DE DIGESTION</b>			
- Licor de cocción			
pH	No.	11.70	12.30
- Reactivos			
Soda Caústica	%	6.00	10.00
Soda Caústica	gr.	0.21	0.34
Carbonato de Sodio	gr.	0.02	0.04
- Relación de baño		0.25	0.25
- Tiempo de digestión	hrs.	2.00	4.00
- Temperatura de digestión	o.C	90.00	90.00
<b>EVALUACION DE LAS PULPAS</b>			
- Rendimiento	%	70.00	50.00
- De la Composición Química			
Lignina	%	6.80	2.70
Celulosa	%	71.00	72.00
Cenizas	%	13.20	12.00
Sílice	%	15.00	9.50
Solubles en Alcohol/Benc.	%	6.80	12.50
Solubles en NaOH al 1%	%	35.00	22.00
Indice de Kappa	No.	31.00	23.00
Indice de Cloro	No.	7.00	4.80
Indice de Carboxilos	No.	8.60	8.60
- De las Propiedades Fís - Mec.			
o.SR	No.	59.00	47.00
No. Rev.	No.	0.00	0.00
Gramaje	gr/m <sup>2</sup>	65.20	65.90
Sequedad	tanto por uno	0.90	0.90
Espesor	micras	98.50	81.50
Volumen Másico (base acond.)	cm <sup>3</sup> /gr		
Blancura	%	34.50	34.90
Opacidad	%	96.50	98.10
Porosidad	s/100 cc	65.00	750.00
Resist. al Plegado	No.	37.00	650.00
Longitud de rotura	m.	3000.00	6300.00
Alargamiento por tensión	%	1.30	3.20
Indice de Reventamiento	No.	15.30	32.00
Indice de Rasgado	No.	43.00	35.00

**CUADRO No. 32**  
**REQUISITOS DE PRUEBAS FISICO - MECANICAS PARA DIFERENTES CLASES DE PAPEL**

	<b>GRAMAJE</b> (gr/m <sup>2</sup> )	<b>PERMEABILIDAD</b> <b>AL AIRE</b> (g/100 cc. aire)	<b>LONGITUD</b> <b>ROTURA</b> (m.)	<b>INDICE DE</b> <b>REVENTAMIENTO</b> (No.)	<b>NUMERO</b> <b>DE DOBLES</b> <b>PLIEGUES</b> (No.)	<b>INDICE DE</b> <b>RASGADO</b> (No.)	<b>BLANCURA</b> (%)
PAPEL BOND 60	60	40	4,000	13	13	30	81
PAPEL BOND 80	80	40	4,000	13	15	30	81
PAPEL SELLADO	90	100	4,500	25	250	104	70
PAPEL MANIFOLD (copia)	30	20	3,400	10	40	60	78
PAPEL TOALLA	50	---	1,500	10	—	80	70
PAPEL SERVILLETA	28	---	—	—	—	—	76
PAPEL COMETA (al sulfito)	30	---	2,500	13	19	38	—
PAPEL PARA ENVOLVER (sulfito)	40	---	3,150	14	25	45	—
PAPEL PERIODICO (block esc.)	52	25	2,500	5	9	40	62
PAPEL ESTUCADO 80 BRILLANTE	80	800	4,000	13	12	40	82
PAPEL ESTUCADO 90 BRILLANTE	90	1,000	4,000	13	14	40	82
PAPEL ESTUCADO 120 BRILLANTE	120	1,050	4,000	13	15	40	82
PAPEL ESTUCADO 220 BRILLANTE	220	1,100	4,000	13	16	40	82
PAPEL PARA CARATULA LIVIANA	120	40	2,200	7	12	72	—
PAPEL PARA CARATULA GRUESA	180	70	2,200	7	15	72	—
PAPEL PERIODICO SATINADO	60	120	2,500	10	11	50	70

Fuente : NORMAS ITINTEC

### 5.3.5.1. PULPA DE PAJA DE ARROZ COMO MATERIA PRIMA PARA PAPEL

El Cuadro N° 32 muestra los requisitos de las pruebas físico-mecánicas para diferentes grados de papel utilizados en la industria de papel. Estos datos son Normalizados y de gran uso en la industria nacional (Normas ITINTEC, Apéndice E-8). De estos datos y los resultados obtenidos en esta Investigación mostrados en los Cuadros N° 25 y 31 es posible asegurar que las pulpas de paja de arroz puede ser usada :

- Para producir papeles finos de escritura, donde el gramaje ( $60 \text{ gr/m}^2$ ) y el alto grado de blancura (además de presentar una facilidad en el borrado) son las características deseables. Resulta económico alcanzar una especificación de blancura requerida utilizando estas pulpas químicas sin blanquear, que utilizar pastas mecánicas de madera importada duras y/o suaves con blancura aproximada de 70% o utilizar pulpas de madera blanqueadas con una blancura del 80 a 88% con la adición de la carga adecuada teniendo en cuenta la pérdida de resistencia que sufre el papel.

- Para producir papeles de impresión en donde la pulpa de paja de arroz imparte una especial característica al papel : propiedades de alta absorción de tinta; es decir, la tinta puede secar rápidamente sobre el papel, (aunque, por otro lado, esta propiedad conduce a un consumo ligeramente más alto de tinta durante la impresión), la receptividad de la tinta o velocidad de fijación inicial de la película de tinta es una de las especificaciones de mayor control en los papeles de impresión. La película de tinta se debe inmovilizar rápidamente para evitar que la siguiente hoja se pueda manchar, si esto sucede el papel impreso perdería presentación y sería difícil de leer. Otra de las especificaciones generales en papeles de impresión es la resistencia mecánica que deben presentar para soportar

el manipuleo durante el proceso; así por ejemplo, papel bond 60, papel bond 80, papel periódico block escolar, papel periódico satinado texto escolar requieren especificaciones de propiedades físicas que son superadas por las pulpas obtenidas en esta Investigación, como se puede apreciar de los ensayos D2 a D16 a 0 y 500 rev.

- Las pulpas resultantes de los ensayos D1 de alto rendimiento hasta D16 de menor rendimiento pueden ser dirigidas a la producción de papel toalla, papel servilleta, papel ~~higiénico~~ facial, debido a que presentan valores de resistencia mecánica que satisface los requisitos necesarios para estos tipos de papeles, donde no es específica la porosidad ni la resistencia al plegado, siendo necesario un índice de reventamiento igual a 10, superado por las pulpas antes mencionadas.

- Un tipo de papel fino factible de producir es el papel para cigarrillos que requiere buena resistencia mecánica, opacidad, control de la porosidad además de velocidad de incineración y no mal sabor. Favorable para la producción de este tipo de papel resultan ser los ensayos D4, D5, D11 y D13, por su menor contenido de cenizas, buena opacidad y alta porosidad.

- Para evitar la visión de los textos impresos o escritos por un lado del papel en el reverso de la hoja muchos papeles requieren ser opacos. Papeles de baja opacidad permitirán que el contorno de una imagen impresa se pueda ver el reverso de la hoja. Como se observa del Cuadro N° 25 la opacidad que presentan las pulpas de paja de arroz, en todos los casos, es mayor. Esto redundará en la posible eliminación de cargas con el objeto de incrementar su opacidad.

- Las pulpas químicas al sulfato de maderas nacionales presentan diferencia en la facilidad de refinado donde algunas especies a 1,500 revoluciones alcanzan 45, 31, 35, y 29 °SR, mientras que otras pulpas para alcanzar 47°SR requirieron 2,000, 6,000, y hasta

7,000 revoluciones. De los resultados de los diferentes ensayos con paja de arroz se puede observar que a 0.0 revoluciones de refinado la pulpa llega a tener de 36.7 a 62 °SR y a 500.0 revoluciones valores entre 60 y 84 °SR, hecho éste que indica que para la producción de papel no se podría requerir batir la pulpa. El papel hecho a partir de pulpa batida puede tener más resistencia, pero es evidente que dicho papel encoge más al secarse, aumentando así el riesgo de enriscamiento y arrugado, se vuelve más denso, menos opaco, menos compresible y menos receptivo de aceite. Asimismo, el papel fabricado a partir de pulpa altamente batida tiene mayor higroexpansividad, muchas de estas propiedades son indeseables en diversos usos finales del papel, por ejemplo impresión. Finalmente, el proceso de batido es costoso en términos de la fuerza requerida. De esta manera, aunque el batido y la refinación necesarios en las operaciones de fabricación de papel son procesos caros y tienen ciertas desventajas. Para sortear estas dificultades los fabricantes de papel hace mucho han estado en busca de algún procedimiento para hidratar las fibras celulósicas por medio químicos en lugar de físicos. Es por lo antes mencionado, añadido el hecho del alto porcentaje de hemicelulosas que presentan las pulpas de paja de arroz, éstas representan una solución a este problema : No existe necesidad de refino para ciertos tipos de papeles o, la energía invertida en el batido sería mínima debido a la facilidad de refino que posee.

- Para la producción de bolsas multipliegues y cartones de varias capas donde las características esenciales son 66.0 gr/m<sup>2</sup> como gramaje, resistencia al rasgado 93, porosidad 14 seg/100 cc y un porcentaje de alargamiento igual a 2.7, exceptuando la resistencia al rasgado la pasta de papel satisface claramente estos requerimientos que nos induce a sugerir el uso de la pulpa en forma restringida.

- Para la producción de papel de ondular donde el principal requerimiento es un satisfactorio nivel de resistencia al reventamiento y en este aspecto la pulpa de paja de arroz presenta una situación ventajosa. Reportes indican que la pulpa puede ser usada hasta en un 65% como parte de la pulpa usada como materia prima para este tipo de papel.

- Para la producción de envases de materiales pesados y cartones liner que son satisfactoriamente producidos según reportes hasta con un 60% de pulpa de paja de arroz teniendo especial cuidado en la tendencia al agrietamiento y al enriscado.

Se concluye que es factible usar total o parcialmente incluir pastas químicas de paja en casi todos los grados de papel y cartón que se producen industrialmente esto incluye papel para ondular, lito, cubiertas, "tissue", papel copia, liners Kraft, papel secante, envases de cartón, cubiertas de cartón para máquinas, manila y otros.

## VI. DISEÑO DE UNA PLANTA PARA LA OBTENCION DE PULPA QUIMICA A LA SODA SIN BLANQUEAR PARA PAPEL A PARTIR DE PAJA DE ARROZ

### 6.1. CAPACIDAD DE LA PLANTA

La necesidad de unidades de producción de pulpa en países en vías de desarrollo es aceptada. Casi toda la pulpa y papel es importada y se sabe que por razones políticas (o de prestigio), preferiríamos producir nuestra propia pulpa de paja y por ende productos de papel (tal vez con el mismo auge que presenta la producción de pulpa a partir del bagazo de caña de azúcar).

Una de las razones de mayor fuerza por la que una planta pequeña sea instalada es, que el tamaño produce pulpa suficiente que el país puede consumir.[34] Aún con el inherente más bajo costo de producción en una planta industrial más grande que operaría a una fracción de su capacidad total, es mucho menos económico que una pequeña planta a su capacidad total.[33,34]

Existen otras razones de tipo técnico que muestran porque la instalación de una pequeña planta es ventajosa. Primeramente, un país que desea ser suficiente asimismo en pulpa debe producirlas en un amplio rango incluyendo todos los tipos en una sola planta, versatilidad fácilmente llevada a cabo en pequeños equipos que en grandes. Segundo, hasta que exista un considerable incremento en la industrialización de la materia prima, el abastecimiento de la misma para una fábrica de pulpa de gran envergadura podría no ser satisfecha.

La Planta Industrial cumple con los siguientes requerimientos :[34]

- (a) Es capaz de utilizar como materia prima fibras de origen nacional.
- (b) Está diseñado para producir tantos tipos de pulpa



para papel como sea posible.

(c) Está diseñado, sobre una unidad de construcción básica, de modo que, el desarrollo y la industrialización proceda en base a ésta.

Uno de los aspectos favorables de la versatilidad es la producción de pulpa a partir de variedades de paja de arroz. Del Cuadro N° 8 para el año 1989, se contó con un total de superficie cosechada entre los departamentos de Piura, Lambayeque y La Libertad, de aproximadamente 88,000 Has., esto significa 13,000 toneladas de paja/año ó 40.0 ton/día, superando las metas trazadas en esta Investigación, sin dejar de lado, la posibilidad de llegar a éste nivel de producción o mayor mediante mejoras progresivas de la pequeña planta industrial hasta alcanzar niveles de rentabilidad y calidad de la pulpa producida apreciada no sólo a nivel nacional.

Considerando la cantidad disponible de paja de arroz de la variedad INTI, base de éste Estudio :

- De los datos proporcionados por el Cuadro N° 7 Extensión Sembrada (Has.) para la variedad Inti de arroz cáscara en la zona del Valle de Jequetepeque, son 22,139 Has, y el 10% corresponde a dicha variedad: 2,214 Has. Si la relación toneladas de paja/hectárea sembrada es 1.5 (como se esbozó en el "Estudio de Disponibilidad"), entonces contamos como mínimo con 3,320 toneladas de paja/año, de esto se deduce :

**PARA LA VARIEDAD INTI**

- 3,320 ton. paja seca al aire, (12% humedad)/año.
- 2,920 ton. paja seca
- Factor de servicio : 330 días/año

Esto es,

- 8.8 ton. paja seca

**Para un rendimiento máximo de 70 %,**

- 6.1 ton. de pasta para papel seca al aire/día

**Para un rendimiento mínimo de 50 %,**

- 4.4. ton. de pasta para papel seca al aire/día

Se considerará como tamaño inicial de Planta una producción de 0.5 ton. de pulpa para papel seca al aire/día para un 50 % de rendimiento y de 1.0 ton/día para un 70 % de rendimiento en conjunción con el diseño de los equipos, especialmente de la capacidad del digestor.

## 6.2. LOCALIZACION DE LA PLANTA

Uno de los objetivos del presente Estudio es probar la posibilidad de instalar una planta de producción de pulpa de papel en el Perú, y debe aceptarse como un esbozo del trabajo total a realizarse.

Podemos enfocar el problema de localización considerando los siguientes factores :

### - Factores Principales

- a) Proximidad al recurso del material fibroso.
- b) Abundancia de agua para las operaciones de preparación de la paja y lavado de la pulpa.
- c) Facilidad de transporte.

### - Factores Generales

- a) Cercanía del producto al mercado de consumo.
- b) Recursos de fuerza motriz.

#### 6.2.1. FACTORES PRINCIPALES

Teniendo en cuenta que por cada tonelada de pulpa para papel producido se necesita aproximadamente 2 ó 3 toneladas de paja de arroz, es aconsejable entonces, ubicar la Planta cerca de la materia que en las cercanías del mercado.

En el Estudio de Disponibilidad de Paja de Arroz (Cáp. III) se decidió realizar la recolección de paja a través de los "centros de recolección" en un área cercana a un molino de pilar arroz donde exista un molino responsable de la venta de paja. La Tabla N° 33 muestra la relación de molinos de pilar en el Perú, para Setiembre de 1,984, según ECA S.A., existían 200 molinos,

**CUADRO 6.2.1.I.  
RELACION DE MOLINOS DE PILAR ARROZ EN EL PERU**

DEPARTAMENTO	MOLINOS		CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO (TM)		CAPACIDAD DE PILA (TM/hr)
	CANTIDAD	(%)	ARROZ CASCARA	ARROZ PILADO	
TUMBES	5	2.50	19,772	2,490	13.30
PIURA	30	15.00	115,432	9,571	84.20
LAMBAYEQUE	34	17.00	1,412,711	12,434	100.60
LA LIBERTAD	27	13.50	168,499	301,355	85.50
ANCASH	4	2.00	9,248	1,659	11.70
AREQUIPA	29	14.50	98,494	17,600	59.70
CAJAMARCA	9	4.50	51,372	6,802	23.20
AMAZONAS	9	4.50	67,342	6,680	27.70
TARAPOTO	26	13.00	67,383	11,054	55.80
HUANUCO	2	1.00	4,000	450	2.00
JUNIN	1	0.50	800	96	0.50
CUZCO	1	0.50	900	192	1.00
LORETO	16	8.00	45,228	4,717	32.70
UCAYALI	5	2.50	5,450	1,180	11.50
MADRE DE DIOS	2	1.00	2,450	456	1.50
<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>200</b>	<b>100.00</b>	<b>798,081</b>	<b>903,597</b>	<b>510.50</b>

Fuente : Empresa Comercializadora del Arroz S.A. - Información Básica del Cultivo de Arroz en el Período Setiembre 1,984

siendo departamentos de Lambayeque, Piura y La Libertad en la zona Norte, Arequipa en el Sur y San Martín en la zona de Selva y Ceja de Selva los que presentan una alta densidad de molinos de pilar, pudiendo ser considerados puntos de partida. Otro de los objetivos de crear los centros de recolección es abaratar los costos ante la demanda y competencia de oferta así como obligar a la mejora de los métodos de recolección y cosecha.

Por el tipo de cosecha manual que se lleva a cabo en casi la totalidad de la región de San Martín la materia prima presenta en algunos aspectos una deteriorada calidad para uso papelero frente a la que resulta de una cosecha semi-mecanizada practicada en la zona Norte del país, mientras que la paja cosechada en la zona Sur, acentúa uno de los problemas de la paja : alto contenido de sílice debido a la composición del suelo característico de esa zona. Por esto es recomendable el abastecimiento de la zona Norte.

En el Apéndice C-3, se muestra la relación de molinos de pilar para los departamentos de Tumbes, Piura, La Libertad, Cajamarca y San Martín. Es notable la cercanía entre los molinos en Piura y Lambayeque mientras que en los departamentos de Tumbes y Cajamarca que cuentan tan sólo con 9 y 5 molinos respectivamente no presentan las mismas ventajas. Aunque el departamento de San Martín cuenta con un buen número de molinos, éste presenta hasta tres centros puntuales de molinos de pilar, que podrían ser Rioja, Tarapoto y Bellavista. Piura, Lambayeque, La Libertad y San Martín son los sugeridos.

Otro de los problemas es el desague de los residuos. Uno de los productos de evacuación es el licor débil de reciclaje que contiene sales de sodio, elementos orgánicos, arena, sílice, etc. agravándose si no existe cercanía al mar, lago o laguna donde se pueda desaguar. En algunos casos, se recurre a sedimentar estos residuos en estanques y bombear al sistema de desague sólo el licor

claro sobrenadante. El otro producto de evacuación es agua potable eliminada y no reciclada en la operación de prensado y lavado, esta porción no presenta problemas

Es de conocimiento que en los últimos años se ha dado importancia al desarrollo de la infraestructura de carreteras a través de un Plan Nacional en la zona de San Martín siendo comercial la vía aérea, es el problema de transporte el más serio inconveniente que presenta ésta zona.

#### 6.2.2. FACTORES GENERALES

Una excesiva distancia entre la fábrica y los centros de consumo, nunca sería favorable por razones económicas y de tiempo. El 90 % de las fábricas de papel están situadas en la zona de Paramonga y Lima. Si el factor preponderante fuera la cercanía al mercado de consumo sería recomendable localizar la planta en esta zona.

Considerando el abastecimiento de Soda Caústica al 50 %, el tanque de almacenamiento está diseñado para 15 días de operación, con un volumen de 4.5 m<sup>3</sup>. Es posible construir otro tanque de capacidad similar o situar la Planta lo suficientemente cerca a los centros de expendio. Existen Sociedad Paramonga Ltda. en Paramonga y Química del Pacífico S.A. en Ventanilla ambos en el departamento de Lima, y muchos centros de distribución en Lima y la zona norte a un costo superior.

Los recursos de fuerza motriz en la zona elegida debe tener buena infraestructura, de modo que permitan no sólo abaratar este insumo sino también facilitar instalaciones de mayor envergadura a nivel eléctrico.

#### 6.2.3. SELECCION DEL LUGAR

De lo anteriormente expuesto, las zonas probables para la localización de la Planta de pulpa a partir de paja de arroz, serían los departamentos de Piura, Lambayeque, La Libertad y Paramonga y Lima en el departamento de Lima.

(a) Si la Planta se ubicará en la zona norte cerca a uno de los molinos de pilar arroz de mayor capacidad o, en las cercanías a varios pequeños molinos bastante cercanos entre sí, prácticamente no existiría costo de transporte, la soda cáustica sería abastecida por Paramonga o Quimpac una o dos veces al mes. El producto expendido en formas de planchas sería transportado hasta Lima (nuestro centro de consumo) el flete recaería sobre la fábrica de pulpa o sobre el consumidor, según se plantee la venta de pulpa.

(b) Si la Planta se localizará en Paramonga la paja sería transportada de los "centros de recolección" en el norte del país hasta Paramonga. El transporte de paja representa un problema por su baja densidad y el costo que esto conlleva. No existiría costo de flete en el abastecimiento de soda cáustica al 50%. Por otro lado, nuestro centro de consumo también es Paramonga y sería atractivo tanto para ésta Empresa como para los centros de consumo ubicados en Lima poder adquirir pulpa para papel de buena calidad y con un flete no excesivo.

(c) Si la Planta fuera ubicada en Lima, departamento en cierta forma ideal para procurar el desarrollo de toda Empresa, la paja recorrería de 900 a 1100 kms. de distancia. Como se sabe, la densidad de la paja es muy baja, 24 kg. de paja seca al aire/paca, siendo las dimensiones aproximadas de cada paca  $1.25 \times 0.38 \times 0.5$  mt, aproximadamente  $0.25 \text{ m}^3$ ., para transportar 15.0 toneladas de paja se requieren casi 600 pacas, esto es, 2 ó 3 viajes cada 15 días; el costo que esto representa es uno de los más serios inconvenientes para la instalación de la Planta en Paramonga o en Lima. La soda cáustica comercial podría ser suministrada por Paramonga o por Quimpac. Además los centros de consumo están en Lima abaratándose enormemente los gastos indirectos de transporte de pulpa siendo más atractiva aún esta situación que la expuesta en el acápite (b).

De acuerdo a los Cuadros N° 8 y 9 y la Fig. N° 1 son los departamentos de Lambayeque en primer lugar, Piura en segundo término y luego La Libertad los de mayor extensión de superficie cosechada de arroz cascára y, por ende de mayor disponibilidad de paja de arroz. Del Cuadro 6.2.I, Lambayeque cuenta con un mayor número de molinos, Piura con 30 y La Libertad con 27. Piura tiene un comercio más desarrollado que Lambayeque. De esta discusión se recomienda al departamento de Piura como el lugar a establecer la Planta, ( los departamentos de La Libertad y Lambayeque, en ese orden, como segunda opción).

### **6.3.INGENIERIA DEL PROYECTO**

En este estudio se demuestra la tendencia de concentrar los esfuerzos de investigación para dar el nivel de tecnología relacionada al pulpeo de fibras agrícolas la altura del nivel de tecnología del pulpeo de madera.

Los procesos y operaciones unitarias a que da lugar la planta en proyecto presenta en su mayor parte las mismas características que las plantas de producción de pulpa de poco alcance, estas son descritas a continuación:

- Preparación y limpieza de la paja,
- Pre-Impregnación y Digestión,
- Lavado de la pulpa,
- Prensado y empacado.

#### **6.3.1.1. PREPARACION Y LIMPIEZA DE LA PAJA DE ARROZ ANTES DE LA DIGESTION**

Dependiendo del método de recolección, la materia prima quizá contiene hojas, nudos, vainas, materiales finos no deseables, tierra, polvo y materiales extraños. Estos componentes no deseables deben ser removidos antes de la digestión si pulpas de mejor calidad es el objetivo de producción económico. Además, la presencia de estos materiales resulta en un consumo excesivo de productos

químicos y reducen la capacidad del digestor. [13,21]

Este trabajo se ha concentrado en el desarrollo y mejora de los métodos húmedos de preparación en contraste a los métodos tradicionales secos. El más alto rendimiento obtenido por la paja húmeda y limpia compensa grandemente las pérdidas en peso que ocurren durante el proceso adoptado.

Una de las más serias dificultades que presenta la paja de arroz es el alto contenido de cenizas presente en mayor proporción en el material hojoso de valor muy pobre en la industria de papel resultando ventajoso la separación de dicho material a través del lavado por el proceso húmedo obteniendo pulpas de mejores propiedades físicas. [42] Consecuentemente, el proceso de limpieza por vía húmeda incrementa la capacidad efectiva de los equipos de pulpeo.

#### DESCRIPCION DE METODO

Este método involucra el uso de un tanque para romper las pacas de paja, cortar la paja y dejarla libre de suciedad, polvo, hojas y vainas. Las pacas son cargadas hasta obtener 6 a 8% de consistencia con la adición de agua fría. Por acción del rotor la paja es cortada en pequeñas piezas, el material hojoso y vainas desintegradas y expulsada la suciedad y el polvo, de modo que estas partes no deseadas pueden ser fácilmente removidas.

La paja cortada es bombeada a un tanque de descarga. En este tanque la paja flota y las hojas desintegradas y otros materiales no deseables decantan y son removidos por los fondos. Una faja barredora recoge la paja y a la vez remueve la paja completando la operación de limpieza. El exceso de agua se bombea para ser reusada en el primer tanque.

Aproximadamente un 15% de la paja es removida [13]. Por lo tanto, se obtiene una paja limpia con un más bajo contenido de material hojoso, cortada y ligeramente



aplastada facilitando el proceso de cocción al permitir una mayor pre-impregnación.

En el segundo tanque donde decantan los materiales no deseados formando un fango provoca la aparición de moho y líquenes recomendándose limpiarlo periódicamente haciendo uso de agua a presión si fuera necesario.

#### 6.3.1.2. PRE-IMPREGNACION, DIGESTION Y LAVADO

La cocción se lleva a cabo en un digestor de forma cilíndrica. En este digestor se realizan conjuntamente la pre-impregnación, la cocción propiamente dicha y el lavado a contracorriente.

La pre-impregnación se realiza en la tolva de cargas con licor débil procedente de la cocción de un batch anterior. Realizar ésta operación antes del cocimiento es un gran ventaja si se desea prevenir cocimientos con mal término específicamente en paja de arroz debido a su baja densidad [9] más después de la limpieza por el método húmedo la paja se encuentra limpia, suave y altamente densa. La idea es usar al máximo los químicos que contiene este licor negro que no han sido aprovechados en la digestión anterior debiéndose tener en cuenta que añadir licor negro débil en cantidades no necesarias la pulpa resultante estará propensa a tener una coloración "más oscura" que en aquella en la que no se usa licor débil negro de reciclaje, y si se realiza sucesivamente la concentración aumentará obteniéndose coloraciones más oscuras [6,13]. Por esta razón se recomienda que sólo el 25% del licor negro débil sea añadido a la carga. Por otro lado, evitar el uso de licor negro débil no es recomendable porque elevaría los costos de soda caústica, el rendimiento y las propiedades físicas de la fibra disminuyen ligeramente.

El digestor es colocado justo bajo la faja transportadora que lleva la paja de arroz previamente tratada cayendo por gravedad al interior del mismo. La carga no toma más de 0.5 hr., la solución de soda

caústica requerida para el cocimiento es ingresada por la boca del digestor bombeando la solución desde el tanque de almacenamiento de soda y la cantidad de agua requerida a través de una válvula perteneciente al sistema de agua y desague de la fábrica.

La cocción se lleva a cabo en condiciones de baja temperatura y presión atmosférica. Las condiciones de cocción son las ideales para permitir un buen control de la calidad a la vez que hacen las operaciones sencillas y seguras.

Como agente de cocción se utiliza soda caústica al 50 % de concentración normalmente suministrada, lo que evita costos y riesgos de dilución. Se aprovecha el calor de dilución de la soda en agua para aumentar la temperatura del digestor hasta 35 - 40 °C ahorrando energía. El digestor está provisto de una chaqueta para aceite. El aceite caliente proviene del horno a 150-200 °C calentado en simultáneo con la carga del digestor para iniciar la digestión en el mismo momento que finaliza la carga.

Por otro lado, el digestor está dotado de un sistema de tornillo interno para asegurar una mezcla y agitación continua : la hélice de doble movimiento gira alrededor del eje central, llegando a todas partes en la mezcla, el transportador helicoidal eleva el material y lo hace circular.

El digestor contiene en su extremo más bajo una válvula para la descarga del material digestado.

El digestor es lavado periódicamente, con el fin de evitar incrustaciones. De la misma manera, el sistema de alimentación de soda caústica deber ser desmantelado para su limpieza evitando un descenso en el flujo de alimentación y un mayor consumo de energía por parte del sistema de bombeo.

De los estudios realizados en esta Investigación a Nivel Laboratorio, se resolvió digerir a bajas

temperatura ( 90 °C) puesto que el alto contenido de cenizas es fácilmente removido a esta temperatura, así el licor negro producto de digestión presenta un porcentaje algo elevado de sílice en su composición. De aquí se deduce la dificultad que presentaría la operación de recuperación de químicos del licor negro: alta precipitación de sílice, corrosión y acumulación cuando el licor negro de la paja de arroz es evaporado, quemado y caustificado; además por los costos fijos sin proporción entre una pequeña planta frente al equipo necesario del sistema de recuperación del licor, se recomienda conducir a los efluentes la porción no utilizada.

Durante la etapa de lavado la pulpa es controlada chequeando las características exigidas por la industria antes de su laminación para la venta.

La estimación del tiempo de operación por batch es como sigue:

OPERACION	TIEMPO (hr.)
Carga	0.5
Llevar la paja a 90 °C	0.5
Cocción	2.0 - 4.0
Lavado	1.0
Descarga	0.5
Tiempo Total	4.5 - 6.5

Una Planta con dos turnos de trabajo, 16 horas diarias, puede procesar 2 ó 3 batches por día.

De las condiciones de digestión utilizadas para cada batch resultarán específicas las propiedades de las pulpas obtenidas.

### 6.3.1.3. LAVADO DE LA PULPA

Las pulpas obtenidas de la paja de arroz, tiene una relativamente baja velocidad de drenaje en comparación

con otras pulpas de plantas anuales. [12,13,42].

La operación de lavado debe ser optimizada en relación a la dilución necesaria para obtener la mejor economía y el menor tiempo. Se debe tener en cuenta que si las fibras permanecen por un tiempo apreciable en contacto con el licor negro quizás absorban las materias colorantes y tomen una coloración más oscura afectando algunas propiedades. Como regla general el lavado debe realizarse tan pronto como sea posible y todo acceso de aire o enfriamiento debe ser minimizado. Es importante que las últimas trazas de licor negro sean removidas para poder obtener fibras más blancas y por ende de mejores propiedades físicas.

La pulpa lavada en el digestor se conduce al tanque lavado con fondo falso provisto de malla Nº 100. Se opera manualmente con agua fría tratando de eliminar al máximo todo residuo o trazas de licor negro, el licor débil obtenido de esta operación de la misma manera pasa por malla Nº 150 antes de llegar a las tuberías del alcantarillado. Luego la pulpa es trasladada por medio de una faja transportadora a la sección de prensado.

#### **6.3.1.4. PRENSADO Y EMPACADO**

La pulpa lavada ingresa a una concentración aproximada del 14% pasa por los rodillos compresores obteniéndose pulpa entre 50 y 60% de fibras. El agua recolectada en un tanque ubicado debajo del soporte de los rodillos es reciclada a la sección de lavado este es un procedimiento barato y eficiente.

Para exprimirla pulpa hasta conseguir el contenido de líquido más bajo posible se emplea una prensa hidráulica del tipo intermitente, el material resultante es pulpa celulósica con 8% de humedad listo para su venta, ofrece una gran flexibilidad con respecto a otros equipos de filtrado y su costo inicial es relativamente bajo.

### 6.3.2. ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS

A continuación se presentarán los balances de materia, balance de energía en el digestor y el diseño y especificaciones de los equipos del diagrama de flujo esbozado para rendimientos básicos del 50 y 70% teniendo en cuenta que toda la infraestructura es capaz de procesar paja a diferentes condiciones de digestión con un rendimiento diferente.

#### 6.3.2.1. DE LA PREPARACION Y LIMPIEZA DE LA PAJA DE ARROZ ANTES DE LA DIGESTION

##### 6.3.2.1.1. TANQUE DE CORTADO DE LA PAJA

Peso de cada "paca" de arroz seca al aire (12% de humedad)	=	24.0	Kg.
Dilución al 8% en peso de paja seca			
Agua necesaria por paca	=	276.0	Kg.
		-----	
Peso Total de la solución /paca	=	300.0	kg.
- Estimando un batch de 4 pacas :			
Peso Total de la solución	=	1,200.0	Kg.
Volumen aproximado	=	1.2	m <sup>3</sup> .
Volumen estimado del tanque	=	1.2 / 0.9	
	=	1.35	m <sup>3</sup> .
<b>TIEMPO POR BATCH</b>	=	30.0	MIN
- Número de horas/día	=	16.0	
- Número de batches/día	=	32	
- Kilos de paja procesada/día	=	96	Kg.
<b>PRODUCCION DIARIA</b>	=	96 x 32	
	=	3.0	Ton.

#### DESCRIPCION

1.- Nombre	=	Tanque de cortado de la paja
Volumen	=	1.35 m <sup>3</sup> .
Dimensiones	--->	Relación d/h = 0.6
Diámetro	=	1.0 m.
Altura	=	1.7 m.
Material Sugerido	=	Plancha de Fe, 1/16"
Recubierto internamente	=	con pintura epóxica.

- 2.- Nombre = Rotor del tanque  
Número de cuchillas = 4  
Potencia del motor = 1.5 HP.  
Material Sugerido = Acero Inoxidable 316.  
El rotor está adherido a la base del tanque.

#### 6.3.1.1.2. TANQUE DE LIMPIEZA DE LA PAJA

- Peso de cada descarga del TK de corte = 1,200 kg  
Volumen de cada descarga = 1.2 m<sup>3</sup>.  
Carga de 5 descargas = 6,000 Kg.  
Peso de paja = 480 Kg.  
Peso de agua = 5,520 Kg.  
Volumen de 5 descargas = 6.0 m<sup>3</sup>.  
Volumen = 6.70 m<sup>3</sup>.

**TIEMPO POR BATCH** 165.0 MIN.

- Número de horas/día = 16.0
- Número de batches/día = 16 / 2.45 = 6.5
- Kilos de paja procesada/día = 6.5 x 480

**PRODUCCION DIARIA** = 3.1 Ton.

#### DESCRIPCION

- 1.- Nombre = Tanque de lavado de la paja  
Producción = 3.1 Ton / día.  
Volumen = 6.70 m<sup>3</sup>.  
Dimensiones ---> Longitud = 3.0 m.  
(Relación L/H = 3) Altura = 1.1 m.  
Material Sugerido = Paredes de ladrillo y concreto, recubierto con tarrajeo de cemento.  
Cuidados = Al desaguar es preciso lavar con chorro de agua a presión en las paredes del tanque, con el fin de evitar mohos y líquenes, por ser la paja materia orgánica.
- 2.- Nombre = Faja transportadora de paja, del TK de limpieza al Digestor  
Esta faja consta de dos poleas que por el tipo de trabajo se accionará manualmente, y de una malla de plástico para recoger la paja (tipo colador).

Longitud de la malla = 4.5 m.

Ancho de la faja = 0.5 m.

6.3.2.2. DE LA PRE-IMPREGNACION, DIGESTION Y LAVADO EN EL INTERIOR DEL DIGESTOR

6.3.1.2.1. DEL DIGESTOR

RENDIMIENTO	50.0	70.0
	(%)	(%)
- Ton. de pulpa seca/día	0.500	0.500
- Ton. de pulpa, al 12% de hum.	0.568	0.568
- Ton. de pulpa obtenida después de la digestión	0.515	0.515
- Ton. de paja seca/día	1.030	0.735
- Ton. de paja seca/día, al 12% de hum. seca al aire	1.170	0.836
- Densidad de paja seca al aire, 12% de hum. (Kg./m <sup>3</sup> )	101.000	101.000
- Volumen de paja seca al aire, 12% de hum. (m <sup>3</sup> ./día)	10.120	7.270
- Relación de baño	1/4	1/4
- Ton. de licor blanco/día	4.120	2.940
- Densidad de la solución (gr/cc)	1.035	1.020
- Volumen de licor blanco/día (m <sup>3</sup> .)	3.980	2.880
- Volumen total (m <sup>3</sup> ./día)	14.100	10.150
- Número de horas diarias	16.0	16.0
- Número de horas batch	6.5	4.5
- Número de batches/día	2.0	3.0
- Volumen requerido/batch (m <sup>3</sup> .)	7.0	3.4
- Volumen del reactor (m <sup>3</sup> .)	8.75	4.25
Volumen para 02 batch (m <sup>3</sup> .)	8.75	
Volumen para 06 batch (m <sup>3</sup> .)		8.50

Observaciones

- Construir un digestor de aproximadamente 9.0 m<sup>3</sup>., significa estructurar un sistema de base para cimientos y soporte del tanque.

- Se decide construir un digestor de 8.75 m<sup>3</sup>., para 02 batches de pulpa obtenidas con un 50% de rendimiento,

es decir una producción diaria de 0.5 ton. de pulpa seca; utilizando éste digestor para obtener pulpas con un rendimiento de 70% la producción diaria de este tipo de pulpa ascenderá a 1.0 tonelada (seca al aire).

TIEMPO DE OPERACION (Ver 6.3.1.2.)

<b>RENDIMIENTO</b>	<b>50.0</b>	<b>70.0</b>
	(%)	(%)
<b>TIEMPO TOTAL BATCH</b>	<b>6.5</b>	<b>4.5</b>
- Número de Batch/día	2.0	3.0
- Ton.paja /batch	= 0.515	0.245
- Ton. pulpa/batch	= 0.275	0.172
<b>PRODUCCION DIARIA</b>	<b>= 0.515</b>	<b>0.515</b>

DESCRIPCION

- 1.- Nombre = Digestor  
Producción = 0.5 Ton. de pulpa seca, 50% rendimiento; 1.0 Ton. de pulpa seca, 70% rendimiento, diario.  
Volumen = 8.75 m<sup>3</sup>.  
Dimensiones ---> Diámetro = 2.0 m.  
(Relación D/H = 0.7) Altura = 2.6 m  
Distancia entre la base del cilindro recto y la base de la tubería de descarga = 0.5 m.  
Diámetro de la tubería de descarga = 6.0 "  
Material Sugerido = Planchas de Fe, 1/8"  
Revestido con plomo , borde externo de la boca del digestor reforzado.
- 2.- Nombre = Sistema de Tornillo Interno para asegurar la mezcla dentro del digestor.  
- Potencia del motor = 0.75 HP.  
- Altura del eje central = 1.45 m.  
(a 15 cm. de la base del digestor)  
- Diámetro de rotación = 1.90 m.
- 3.- Nombre = Chaqueta del digestor  
- Área de la chaqueta = 1.67 m<sup>2</sup>  
- Instalación de desviadores soldados a la pared del digestor.



**CUADRO No. 35**  
**BALANCE DE ENERGIA PARA UN BATCH CON UN RENDIMIENTO DEL 50%**

**PARA CALENTAR EL DIGESTOR Y SU CONTENIDO**

	T.M./BATCH	CALOR ESPECIFICO (cal/gr o.C)	CAMBIO DE TEMPERATURA			Q = m Cp T (Kcal/batch)
			DE (o.C)	A (o.C)	DIFEREN. (o.C)	
PAJA SECA O.D.	0.515	0.30	25	90	65	10,050
	0.780	1.00	25	90	65	50,700
LICOR BLANCO	1.300	0.91	25	90	65	76,895
LICOR NEGRO	0.520	0.91	28	90	63	29,812
CUERPO DEL DIGESTOR (peso T.M.)	0.810	0.12	25	90	65	6,318
AISLAMIENTO DEL DIGESTOR (T.M.)	0.650	0.12	50	90	40	3,120
PERDIDAS POR RADIACION (1%)						1,770
TOTAL CALOR REQUERIDO '(kjoule/batch) :						178,665 7.2 x 10E5

**BALANCE DE ENERGIA PARA UN BATCH CON UN RENDIMIENTO DEL 70%**

**PARA CALENTAR EL DIGESTOR Y SU CONTENIDO**

	T.M./BATCH	CALOR ESPECIFICO (cal/gr o.C)	CAMBIO DE TEMPERATURA			Q = m Cp T (Kcal/batch)
			DE (o.C)	A (o.C)	DIFEREN. (o.C)	
PAJA SECA O.D.	0.500	0.30	25	90	65	9,750
AGUA EN LA PAJA	0.750	1.00	25	90	65	48,750
LICOR BLANCO	1.250	0.91	25	90	65	73,940
LICOR NEGRO	0.500	0.91	28	90	63	28,665
CUERPO DEL DIGESTOR (peso T.M.)	0.810	0.12	25	90	65	6,318
AISLAMIENTO DEL DIGESTOR (T.M.)	0.650	0.12	50	90	40	3,120
PERDIDAS POR RADIACION (1%)						1,700
TOTAL CALOR REQUERIDO 7.2 x 10E5						172,245 7.2 x 10E5

Por lo tanto, consideraremos un promedio de requerimiento de calor por batch de 180,000 Kcal.

**CALCULO DE FLUJO DE ACEITE REQUERIDO :**

Calor específico de aceite de petróleo (cal/hr °C)	0.408	
Temperatura de entrada	180.00	o.C
Temperatura de salida	120.00	o.C
Número horas/batch (50%)	4.00	%
Número horas/batch (70%)	2.00	
Flujo de aceite (50%)	1,840.00	Kg/hr
Flujo de aceite (70%)	3,680.00	Kg/hr
<b>CALCULO DEL AREA DE TRANSFEREN</b>	20,000	BTU/lb
Calor específico del aceite (cal/hr °C)	0.408	
Temp. de entrada del aceite al Intercam	25.00	o.C
Temp. de salida del aceite del Intercam	180	o.C
Flujo Promedio de aceite	2,800	Kg/hr
Calor requerido por el aceite aceite ser calentado de 25 a 180 °C	180,000	Kcal
Coefficiente Global de transferencia para el Intercambiador	294.00	Kcal/m <sup>2</sup> .hr.o.C
Temperatura de entrada de gases al ho	250.00	o.C
Temperatura de salida de gases al horn	230	o.C
Cálculo LMTD :		
$[(230 - 25) - (250 - 180)] / \ln [(230 - 25) / (250 - 180)]$		
De : $Q = U A LMTD$	0.6	m <sup>2</sup>
Área del intercambiador	5.7	m <sup>2</sup>
Especificación del material del intercam		
- Tubos de acero normalizado		
- Diámetro	4.00	" sch 40
- Área de transferencia externa	0.16	m <sup>2</sup> /m longitud
Longitud de tubería	16.00	m
- Diámetro de las espiras	0.25	m
- Número de espiras	10	
Aire suministrado teórico	25	lb. aire/lb. carbón
Usando 40% de exceso	35	lb. aire/lb. carbón
o sea,	3,340	lb. aire/hr
<b>DISEÑO DEL HORNO</b>		
Calor requerido	180000	kcal/batch
Eficiencia	75	%
Poder Calorífico del carbón	10000	btu/hr
Criterio de Diseño	150	kg/m <sup>2</sup> .hr
Area necesaria	0.3	m <sup>2</sup>
Relación Vol.Hogar/Area parrilla	3	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Volumen del hogar	0.9	m <sup>3</sup> .

Longitud = 80% altura del digestor.

El Cuadro 6.3.2.1.I. muestra el balance de materia en el digestor para un rendimiento del 50 y 70%, y el Cuadro 6.3.2.1.II el balance de energía respectivo.

6.3.2.2.2. DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE SODA CAUSTICA COMERCIAL AL 50%

Peso de soda cáustica/batch	
máximo requerido	= 0.22 ton.
Número de batch/día mínimo	= 2.00
Peso de soda cáustica diaria	= 0.44 ton.
Días de almacenamiento	= 15.00
Peso de soda total a almacenar	= 6.60 ton.
Densidad de la solución (gr/cc)	= 1.50
Volumen de la solución (m <sup>3</sup> .)	= 4.40
Volumen del tanque (m <sup>3</sup> .)	= 5.00

DESCRIPCION

1.- Nombre = Tanque de almacenamiento de soda cáustica.

Tiempo de almacenamiento = 15 días.

Volumen del tanque = 4.5 m<sup>3</sup>.

Dimensiones ---> Longitud = 2.5 m

Altura = 1.2 m

Ancho = 1.5 m.

Material Sugerido = Plancha de Fe. 1/8"

6.3.2.2.3. DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LICOR DEBIL

Es necesario diseñar los equipos adecuados para bombear el licor débil obtenido como producto de la digestión a un tanque de almacenamiento y luego, bombear esta solución al digestor para el siguiente batch.

Volumen licor débil máximo recepcionado (m<sup>3</sup>.) = 0.25

DESCRIPCION

1.- Nombre = Tanque de almacenamiento licor débil

Volumen = 0.25 m<sup>3</sup>.

Dimensiones ---> Diámetro = 0.6 m.

Altura = 0.9 m.

Material Sugerido = Recipientes cilíndricos de Fe.. de plancha de acero de 1/16" espesor, colocado en la parte inferior del digestor (por lo que no serán necesarios soportes).

6.3.2.3. LAVADO PULPA

6.3.2.3.1. TANQUE DE LAVADO

RENDIMIENTO	50.0	70.0
	(%)	(%)
- Peso de pulpa tratada/batch (ton.)	0.172	0.275
- Agua necesaria de lavado (m <sup>3</sup> .)		
Relación : 5 - 7 m <sup>3</sup> ./ ton. pulpa	1.10	1.65
- Rendimiento de la operación (%)	97.0	97.0
TIEMPO TOTAL BATCH	1.50 hr.	
PRODUCCION DIARIA	17 - 27.5 TON. DE PULPA LAVADA.	

DESCRIPCION

Producción = 17 a 27.5 Ton./día

Volumen Total = 1.8.m<sup>3</sup>.

Material sugerido = Tanque de paredes de ladrillo y cemento adosado a la pared, con recubrimiento de cemento, provisto de 3 válvulas para la alimentación de agua de lavado proveniente del sistema de agua y desague. Tamiz N°100 de acero inoxidable con un área de 3.0 x 0.5 m<sup>2</sup>, colocada a 0.80 m. sobre el nivel del suelo.

6.3.2.4. PRENSADO Y EMPACADO

Peso de pulpa procesada/batch = 0.17 - 0.27 ton.

% pulpa en la suspensión

antes del prensado = 14.0

% pulpa después del prensado = 60.0

Peso de agua exprimida = 5.45 ton./ton. de pulpa.

CALCULO DE LA VELOCIDAD DE TRABAJO :

Producción de pulpa

al 50% rendimiento = 0.28 ton.

al 70% rendimiento = 0.45 ton.

Número de horas diarias = 16.0  
Velocidad de producción = 17.5 - 28.0 ton./hr.

DESCRIPCION

- 1.- Nombre = Rodillos compresores  
Número de rodillos = 2  
Dimensiones ---> Diámetro = 0.35 m.  
Longitud = 0.80 m.  
Material sugerido, acero inoxidable.
- 2.- Nombre = Tanque de recepción del agua,  
producto del exprimido.  
Volumen = 0.5 m<sup>3</sup>.  
Dimensiones ---> Largo = 0.5 m.  
Ancho = 0.5 m.  
Altura = 0.5 m.

6.3.2.5. DISEÑO DEL HORNO

Área de la parrilla = 0.30 m<sup>2</sup>.  
Volumen del horno = 0.90 m<sup>3</sup>.  
(Ver 6.3.2.2.)

6.3.2.5.2. DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ACEITE

Flujo promedio = 2,800 kg/hr  
Densidad = 0.88 - 0.94 gr/cc  
Densidad promedio = 910 kg/m<sup>3</sup>  
Volumen requerido = 3.0 m<sup>3</sup>.

DESCRIPCION

- 1.- Nombre : Tanque de almacenamiento de aceite  
Volumen del tanque = 3.38 m<sup>3</sup>.  
Dimensiones ----> Altura = 1.5 m.  
( L/H = 1.0 ) Longitud = 1.5 m.  
Ancho = 1.5 m.

# DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE OBTENCION DE PULPA QUIMICA A LA SODA A PARTIR DE PAJA DE ARROZ

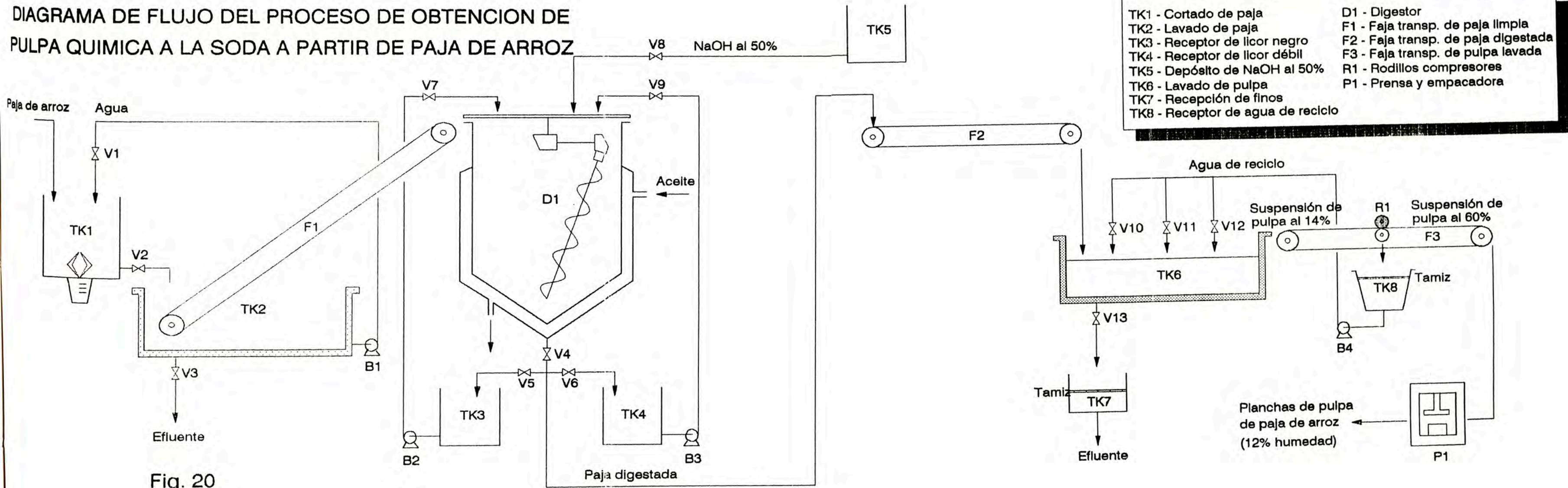
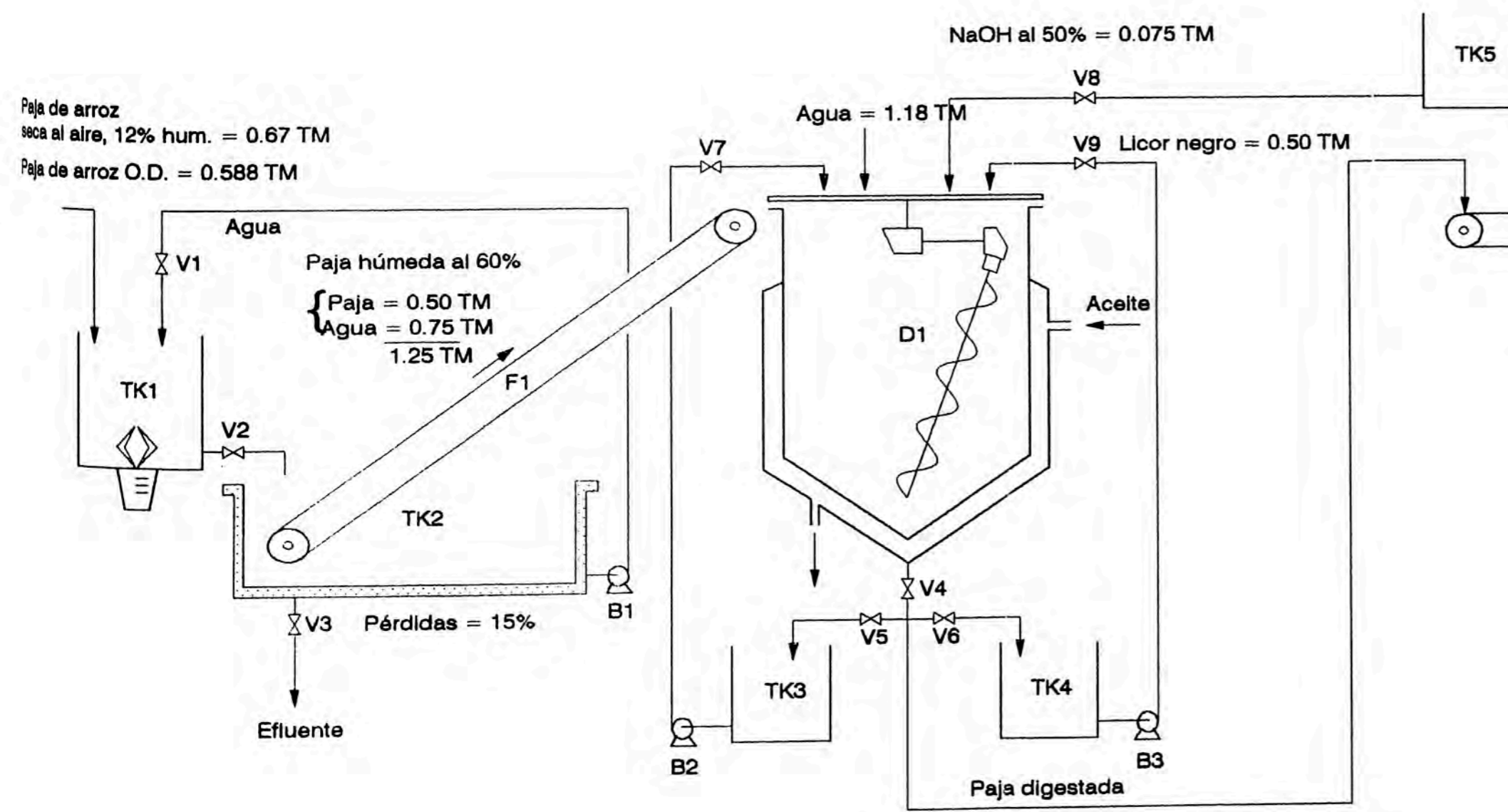


Fig. 20

Planchas de pulpa de paja de arroz (12% humedad)



### DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE OBTENCION DE PULPA QUIMICA A LA SODA A PARTIR DE PAJA DE ARROZ PARA UN BATCH CON UN RENDIMIENTO DEL 50%

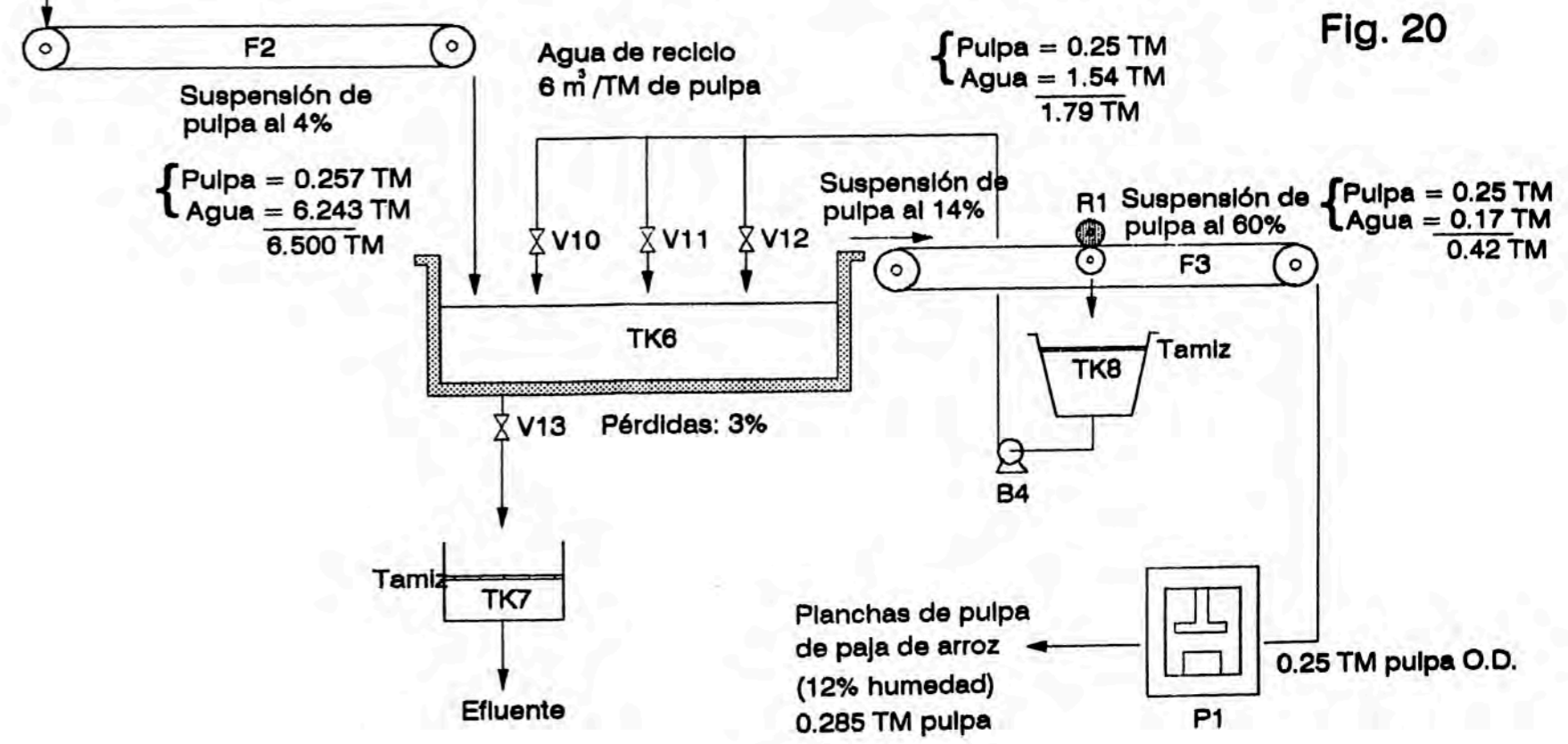
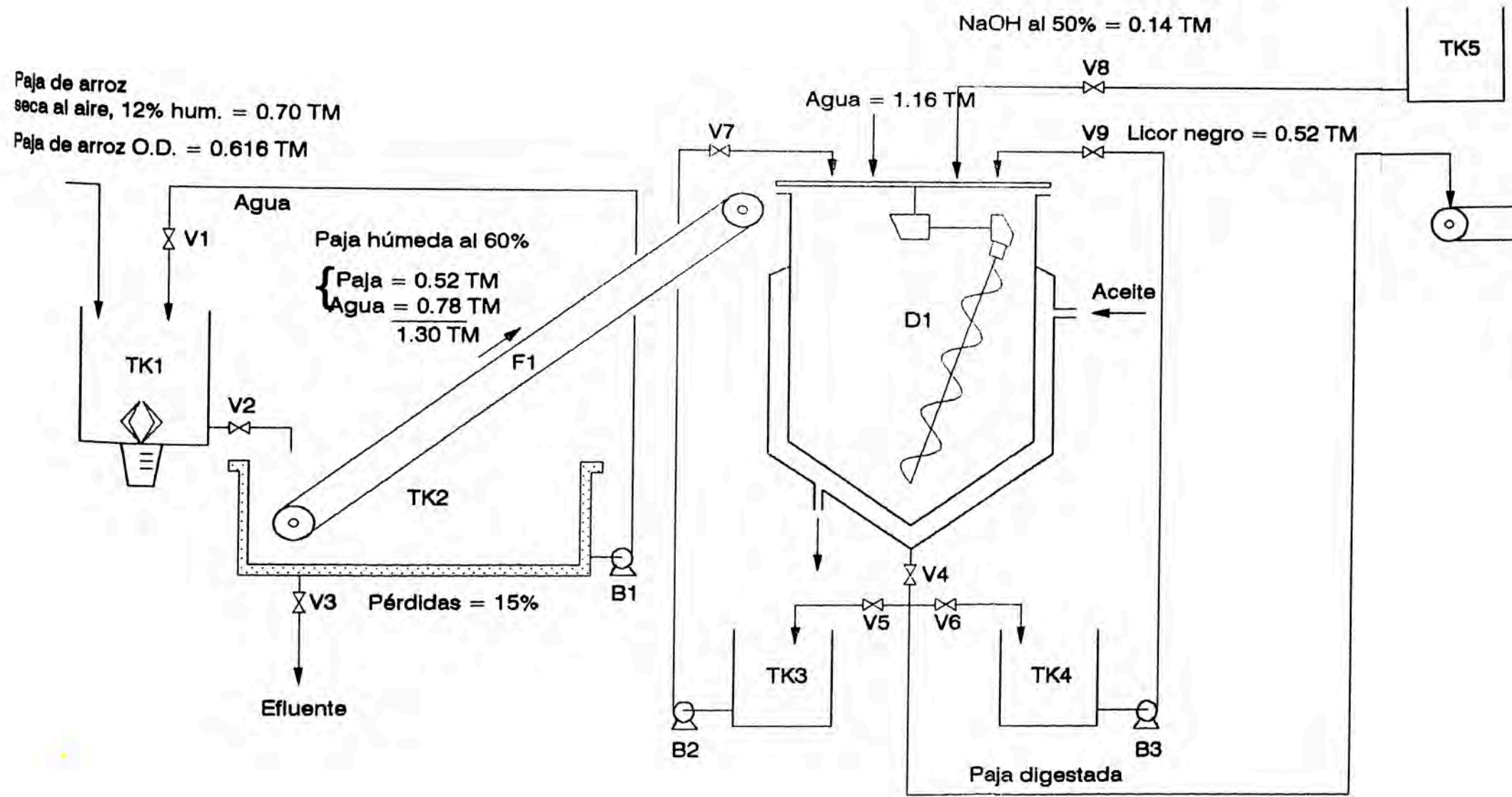
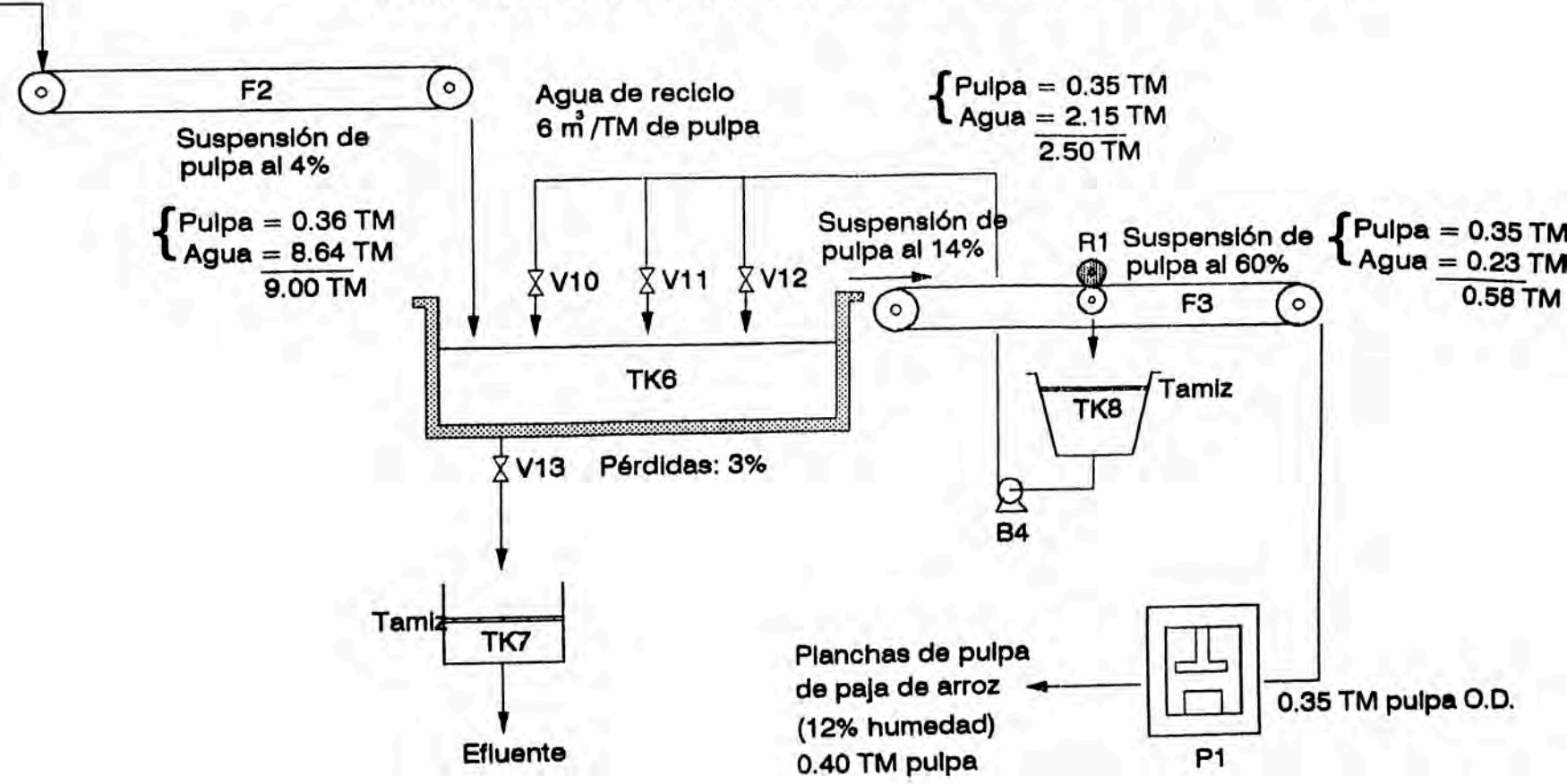


Fig. 20





### DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE OBTENCION DE PULPA QUIMICA A LA SODA A PARTIR DE PAJA DE ARROZ PARA UN BATCH CON UN RENDIMIENTO DEL 70%





# SISTEMA DE CALENTAMIENTO DEL DIGESTOR

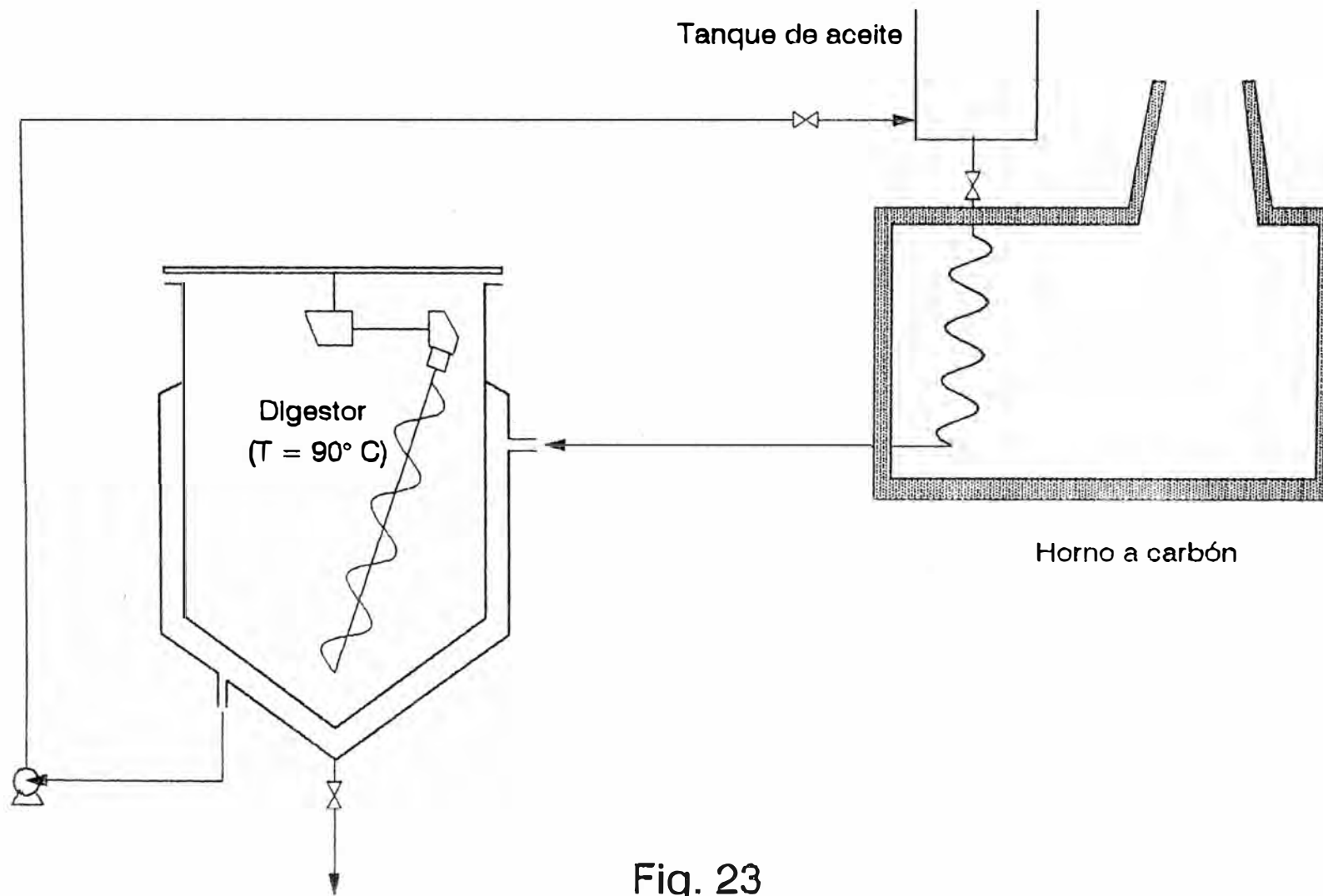
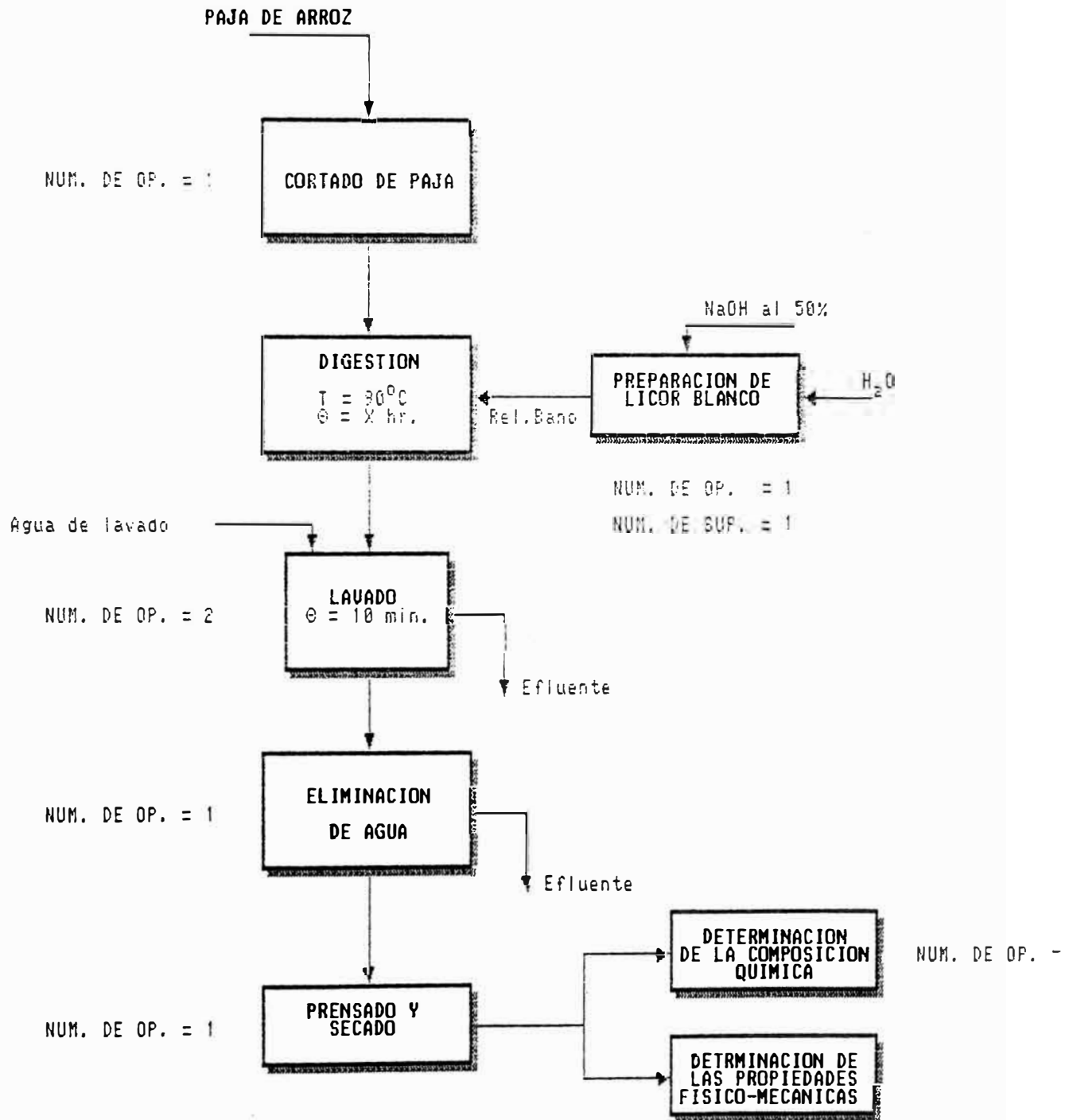


Fig. 23

**DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE PRODUCCION DE PULPA PRESENTANDO EL NUMERO DE OPERARIOS POR TURNO**



TOTAL NUM. DE OP. = 7  
 TOTAL NUM. DE SUP. = 1

**FIGURA 24**

6.4.1. INVERSION

EQUIPO PRINCIPAL	NUMERO UNIDAD.	COSTO UNIT. \$1990	COSTO TOTAL \$1990
TANQUE DE CORTADO DE PAJA	1	1,500	1,500
DIGESTOR	1	2,600	2,600
PRENSA EMPACADORA	1	1,700	1,700
RODILLO COMPRESOR	1	230	230
TK ALMACEN. SODA CAUSTICA	1	250	250
TK ALMACEN. LICOR DE DIGESTION	1	250	250
TK ALMACEN. LICOR DEBIL	1	250	250
TK PARA RECICLAJE DE AGUA DE LAVAD	1	150	150
FAJAS TRANSPORTADORAS	3	200	600
BOMBAS 1.5 HP	5	250	1,250
TK LAVADO DE PAJA	1	150	150
TK LAVADO DE PULPA	1	150	150
COSTO TOTAL DEL EQUIPO PRINCIPAL SIN INSTALAR			9080.00

**ESTIMACION DE LA INVERSION FIJA TOTAL PARA LA PLANTA  
BASADOS EN EL COSTO DE LOS EQUIPOS ENTREGADOS**

	%	COSTO (\$1990)
<b>COSTOS DIRECTOS</b>		
EQUIPO ADQUIRIDO	100	9,080
INSTALACION DEL EQUIPO ADQUIRIDO	15	1,362
INSTRUMENTACION (instalada)	2	182
CAÑERIAS Y TUBERIAS (instalada)	15	1,362
INSTALACIONES ELECTRICAS (instalada)	8	726
OBRAS CIVILES (construcciones)	15	1,362
INSTALACION DE SERVICIOS	8	726
TERRENO	2	182
	<b>165</b>	<b>14,982</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>		
INGENIERIA Y SUPERVISION	5	454
GASTOS DE CONSTRUCCION EVENTUALES	15	1,362
	10	908
<b>INVERSION CAPITAL FIJO :</b>	<b>195</b>	<b>17,706</b>
<b>DEPRECIACION</b>		
Porcentaje de la I.Capital Fijo	10	
Depreciación anual :		1,771
<b>GASTOS POR MANTENIMIENTO Y REPARACIONES</b>		
Porcentaje de la I.Capital Fijo	6	
Gastos por mantenimiento y reparaciones anual :		1,062
<b>SEGUROS</b>		
Porcentaje de la I.Capital Fijo	1	
Gastos por seguros anual :		177

**ESTIMACION DEL CAPITAL DE TRABAJO**

	REND. PROCESO		REND. PROCESO	
	50%	70%	50%	70%
	M\$1990	M\$1990	M\$1990	M\$1990
<b>MATERIAS PRIMAS BASICAS Y AUXILIARES PARA 90 DIAS (Incluye transporte)</b>				
- Costo anual	34.68	32.02	—	—
- Costo para 90 días	—	—	9.46	8.73
<b>MANO DE OBRA Y SUPERVISION PARA 90 DIAS</b>				
- Costo anual	10.80	10.80	—	—
- Costo para 90 días	—	—	2.95	2.95
<b>COSTOS FIJOS PARA 90 DIAS</b>				
- Depreciación anual	1.78	1.78	—	—
- Costo para 90 días	—	—	0.49	0.49
- Mantenimiento anual	1.06	1.06	—	—
- Costo para 90 días	—	—	0.29	0.29
- Seguros anual	0.18	0.18	—	—
- Costo para 90 días	—	—	0.05	0.05
<b>IMPREVISTOS</b>				
- 10% del total de Capital de trabajo			13.23	12.50
<b>TOTAL CAPITAL DE TRABAJO :</b>			17.00	16.27

6.4.2. ESTIMACION DEL COSTO DE MANO DE OBRA

		(\$1990)	(\$1990)	(\$1990)
<b>- DE LOS SUPERVISORES :</b>				
Remuneración mensual		90.00		
Número de sueldos/año	15.00			
Costo total anual			1,350.00	
Número horas/año	2,640			
Costo hr-hombre		0.51		
Número de supervisores	2			
Costo total anual supervisores			2,700.00	2,700
<b>- DE LOS OBREROS :</b>				
Remuneración mensual		45.00		
Número de sueldos/año	15.00			
Costo total anual			675.00	
Número horas/año	2,640			
Costo hr-hombre		0.26		
Número de supervisores	12			
Costo total anual supervisores			8,100.00	8,100
<b>COSTO TOTAL MANO DE OBRA :</b>				<b>10,800</b>

6.4.3.1. ESTIMACION DEL COSTO DE PRODUCCION

PRODUCTO :	Pulpa Celulósica								
PROCESO :	Química a la Soda								
RENDIMIENTO :	50 %								
INVERSION FIJA :	17,706 \$1990								
PRODUCCION ANUAL :	188 T.M.								
DIAS DE OPERAC/AÑO :	330 Días								
CONCEPTO	UNIDA	VALOR		COSTOS VARIABLES		COSTOS FIJOS		COSTOS TOTALES	
		\$/TM	TM/TM PR	\$/T.M. PROD	M\$/año	\$/T.M. PROD	M\$/año	\$/T.M. PROD	M\$/año
<b>MATERIA PRIMA</b>									
- Costo de Paja de Arroz A.D.	T.M.	20.84	1.96	40.85	7.68	---	---	40.85	7.68
- Costo de transporte de paja de arroz A.D.	--	3.13	---	6.13	1.15	---	---	6.13	1.15
<b>INSUMOS</b>									
- Costo de Soda Caústica	T.M.	500.00	0.25	125.00	23.50	---	---	125.00	23.50
- Costo de Transporte de soda caústica	--	50.00	---	12.50	2.35	---	---	12.50	2.35
<b>SUBTOTAL MATERIA PRIMA</b>				184.48	34.68	---	---	184.48	34.68
<b>ELABORACION</b>									
- Mano de Obra de Operación	--	---	---	43.00	8.10	---	---	43.00	8.10
- Mantenimiento	--	---	---	---	---	5.65	1.06	5.65	1.06
- Electricidad	Kw-hr	0.08	210.00	16.80	3.16	---	---	16.80	3.16
- Agua Potable	m3.	0.37	6.65	2.46	0.46	---	---	2.46	0.46
- Carbón de Piedra	T.M.	100.00	0.61	61.00	11.50	---	---	61.00	11.50
- Carbón de Palo	T.M.	70.00	0.01	0.35	0.07	---	---	0.35	0.07
<b>SUBTOTAL ELABORACION</b>				308.09	57.97	5.65	1.06	313.74	59.03
<b>SUPERVISION</b>						0.01	2.70	0.01	2.70
<b>SUBTOTAL GASTOS GENERALES DE PLANTA</b>				308.09	57.97	5.66	3.76	313.75	61.73
- Depreciación						9.42	1.77	9.42	1.77
- Seguros						0.94	0.18	0.94	0.18
<b>COSTO DE PRODUCCION</b>				308.09	57.97	16.02	5.71	324.11	63.68

SI Precio de Venta = Costo de Producción/0.7

Entonces Relación Costo/Beneficio = 2.3

6.4.3.2. ESTIMACION DEL COSTO DE PRODUCCION

PRODUCTO	Pulpa Celulósica								
PROCESO	Química a la Soda								
RENDIMIENTO	70 %								
INVERSION FIJA	17,706 \$1990								
PRODUCCION ANUAL	375 T.M.								
DIAS DE OPERAC/AÑO	330 Días								
CONCEPTO	UNIDA	VALOR		COSTOS VARIABLES		COSTOS FIJOS		COSTOS TOTALES	
		\$/TM	TM/TM PR	\$/T.M. PROD	M\$/año	\$/T.M. PROD	M\$/año	\$/T.M. PROD	M\$/año
<b>MATERIA PRIMA</b>									
- Costo de Paja de Arroz A.D.	T.M.	20.84	1.43	29.80	11.17	---	---	29.80	11.17
- Costo de transporte de paja de arroz A.D.	---	3.12	---	4.47	1.68	---	---	4.47	1.68
<b>INSUMOS</b>									
- Costo de Soda Caústica	T.M.	500.00	0.10	46.50	17.43	---	---	46.50	17.43
- Costo de Transporte de soda caústica	---	48.48	---	4.65	1.74	---	---	4.65	1.74
<b>SUBTOTAL MATERIA PRIMA</b>				<b>85.42</b>	<b>32.02</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>85.42</b>	<b>32.02</b>
<b>ELABORACION</b>									
- Mano de Obra de Operación	---	---	---	43.00	8.10	---	---	43.00	8.10
- Mantenimiento	---	---	---	---	---	2.83	1.06	2.83	1.06
- Electricidad	Kw-hr	0.08	210.00	16.80	3.16	---	---	16.80	3.16
- Agua Potable	m3.	0.37	3.10	1.15	0.43	---	---	1.15	0.43
- Carbón de Piedra	T.M.	100.00	0.61	61.00	11.50	---	---	61.00	11.50
- Carbón de Palo	T.M.	70.00	0.01	0.35	0.07	---	---	0.35	0.07
<b>SUBTOTAL ELABORACION</b>				<b>207.72</b>	<b>55.27</b>	<b>2.83</b>	<b>1.06</b>	<b>210.55</b>	<b>56.34</b>
<b>SUPERVISION</b>						<b>0.01</b>	<b>2.70</b>	<b>0.01</b>	<b>2.70</b>
<b>SUBTOTAL GASTOS GENERALES DE PLANTA</b>				<b>207.72</b>	<b>55.27</b>	<b>2.85</b>	<b>3.76</b>	<b>210.56</b>	<b>59.04</b>
- Depreciación						4.72	1.77	4.72	1.77
- Seguros						0.47	0.18	0.47	0.18
<b>COSTO TOTAL DE PRODUCCION</b>				<b>207.72</b>	<b>55.27</b>	<b>8.04</b>	<b>5.71</b>	<b>215.76</b>	<b>60.98</b>

SI Precio de Venta = Costo de Producción/7  
Entonces Relación Costo/Beneficio = 2.3



## VII.- BIBLIOGRAFIA

### TEXTOS

- 1.- "El Arroz", Angladette André, Ed.Blume 1969, Barcelona.
- 2.- "Pulp and Paper Manufacture", F.E.Branus, Vol.I
- 3.- "Estudio de las Posibilidades Industriales de Maderas Nacionales para la Fabricación de Pulpa para Papel", Ing. J. Bueno Zaraté, Convenio entre la Universidad Nacional Agraria y el Ministerio de Industria y comercio, 1983.
- 4.- "Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology", Casey, J.P., Vol.I, Second.Ed., Interscience Publishers, N.Y., 1960.
- 5.- "Pulp Technology and Treatment for Paper", James d'A Clark, Miller and Freemann Publications, 1981.
- 6.- "Pulp and Paper Science and Technology", Libby,C.E., Vol.I y II, McGraw-Hill, N.Y. 1962.
- 7.- "Pulp and Paper Manufacture", MacDonald, Vol.I, New Series.
- 8.- Manufactura de la Pulpa y Papel, Panshin, Vol.I
- 9.- "Continuous Pulping Processes", Rydholm, S.A., Special Technical Association Publication, N° 7, 1970.
- 10.- "Chemistry of Pulp and Paper Making", Edwin Sutermeister, #ra. Ed., Chapman and Hall, Londres, 1966.
- 11.- "El Arroz", Tascón, 1981.

### ARTICULOS PUBLICADOS

- 12.- "The Utilization of Short-fibred Pulps in Papermaking", W.H. Algar, The International Rice Research Institute, Filipinas, Año 1985, págs. 471- 477.
- 13.- "Progress in Preparation and Rapid Continuous Pulping of Agricultural Fibres", Joseph E. Atchison, The International Rice Research Institute, Filipinas, Año 1985, págs. 431 - 443.
- 14.- "Nonwood Pulp's Gradual Challenge", Joseph E.Atchison, The International Rice Research Institute, Filipinas, Año 1985, págs. 58 - 60.
- 15.- "Aplication of Response Surface Analysis to Optimization of High-Yield Sulphite Pulps Properties", M.C. Barbe, E.B. Koller,R.S. Seth,K.B. Miles and D.H. Page, Journal of Pulp and Paper Science, Vol. 12, Año 1986, N° 5, págs. 141 - 145.
- 16.- "Tipos de Plantas de Arroz y Caracteristicas Varietales", Henry M. Beachell, Plant Breeder, The

- International Rice Research Institute, Filipinas, Año 1985.
- 17.- "Selective Extraction of Hemicelluloses from Softwoods", A. Beelik, J. Romeo, J. Kelvin, Technical Association Pulp and Paper Industry TAPPI, Vol. 50, N° 2, Feb. 1987, págs. 78 - 81.
  - 18.- "Convergent lignin degradation : a proposal", S. Suchwalter, Texaco Inc., Journal TAPPI, Vol. 68, N° 8, Agosto, 1985, págs. 116 - 118.
  - 19.- "Ensayos Físicos de Hojas Hechas en Formadora de Laboratorio", Ing. Jorge Bueno Zaraté, Departamento de Industrias Forestales, Laboratorio de Pulpa y Papel, Universidad Nacional Agraria.
  - 20.- "Aprovechamiento de residuos lignocelulósicos : Producción de Etanol y SCP", Parte II, F. Camacho, P. Gonzales, E. Jurado y M. Paéz, Dpto. de Química Técnica, Universidad de Granada, Ingeniería Química, Febrero 1986, págs. 117 - 123.
  - 21.- "Some aspects of small-scale Industrial Pulp and Paper Manufacture", A. E. Chittenden, Republic of China, The International Rice Research Institute, Filipinas, Año 1985, págs. 568 - 570.
  - 22.- "Small-scale Industrial Paper Production (5 - 20 tons a day) in Taiwan", Republic of China, C. Chu, The International Rice Research Institute, Filipinas, Año 1985, págs. 557 - 559.
  - 23.- "The Utilization of Rice Straw in the Manufacture of Fine Papers", Republic of China, C. Chu, The International Rice Research Institute, Filipinas, Año 1985, págs. 405 - 407.
  - 24.- "El Proceso S.A.I.C.A. de Producción de Pasta semi-química a partir de paja de cereales y otros residuos agrícolas"; D.M. Delgado y D.S. Acitores, Industria Papelera, Junio 1987.
  - 25.- "Rice Straw for Fine Papers", Part. I Mild Soda Pulping of Rice Straw, M.A. El-Taraboulsi and A.H. Abou Salem, Technical Association Pulp and Paper Industry, Nov. 1967, Vol. 50, N° 11, págs. 107 - 109.
  - 26.- "Posibilidades de aprovechamiento de la Lignina en la Industria Química", F. García Herruzo, F. Martín y J.J. Rodríguez, Dpto. de Química Técnica, Universidad de Málaga, Ingeniería Química, Octubre 1984, págs. 249 - 254.
  - 27.- "La Fabricación de Pastas para Papel a partir de cañamo integral", Parte II, Procesos Químicos, E. J. Gildbert, Ingeniería Química, Mayo 1983.
  - 28.- "The use of short-fibred Pulps in Pulping Papers", J. Grant, The International Rice Research Institute, Filipinas, Año 1985, págs. 478 - 483.
  - 29.- "Displacement Washing of Packed beds of Cellulose Fibres", U.B. Gren, K.H.U. Strom, Pulp and Paper Canada, Vol. 86, Año 1985, N° 9, págs. 72 - 74.30.-

- "Physical Properties of Fibres and Pulps from Wood and Nonwood Plant Fibres", J.N. McGovern, Paper Trade Journal, Agosto 30, 1971.
- 30.- "Estimate Investment requirements for Pulp and Paper Mill Projects", K.R. Meyer, The International Rice Research Institute, Filipinas, Año 1985, págs. 595 - 600.
- 31.- "The Structure of Lignins in Pulps : A new Isolation method", I. Mogharab and Wolfgang, TAPPI, Vol. 59, N° 10, Oct. 86, págs. 110 -113.
- 32.- "Industrial Experience in Straw Pulping", F.M. Muller, The International Rice Research Institute, Filipinas. Año 1985, págs. 413 - 418.
- 33.- "Economic Aspects of Paper Manufacture on a Small Scale", M.S. Parkhe and A.R. Bhat, The International Rice Research Institute, Filipinas, Año 1985, págs. 571 - 573.
- 34.- "Utilization of By-Products of the Pulp and Paper Industry", I.A. Pearh, TAPPI, Vol. 52, N° 7, Jul.1979, págs. 1253 - 1260.
- 35.- "Nuevas consideraciones sobre el refinado de las pastas de Eucalipto", E. Reinoso, F. Sánchez y F. Iglesias, Ingeniería Química, Abril 1986.
- 36.- Aspectos Técnicos y Económicos del Refinado en la Fabricación de Papel", L. Sánchez, Ingeniería Química, Abril 1984, págs. 65 - 69.
- 37.- "Small-scale Industrial Pulp and Paper Production", P. R. Sandwall, The International Rice Research Institute, Filipinas, Año 1985, págs. 551.
- 38.- "Industrial Experience in the Pulping of Rice Straw in Indonesia", A. Slamet, The International Rice Research Institute, Filipinas, Año 1985, págs. 408- 412.
- 39.- "Desarrollo de las Propiedades de Resistencia de Papel", R. Valls, Ingeniería Química, Abril 1985, págs. 55 - 62.
- 40.- "Alternativa al Proceso de Disolución de la Lignina en la Cocción al Sulfato", A. Vian, J.J. Rodríguez, J. Tijero, Universidad Complutense, Ingeniería Química, Abril 1983.
- 41.- "Some problems in Pulping Rice Straw", Youssef Fouad, The International Rice Research Institute, Filipinas, Año 1985, págs. 419 - 422.

#### OTROS

- 42.- EUR-CONTROL Marketing S.A., Stock Preparation Refining Handbook
- 43.- EUR-CONTROL Marketing S.A., Freeness Handbook
- 44.- STUDY GUIDE, "Introduction to Pulping Technology".
- 45.- "Obtención de celulosa industrial a partir del linter de algodón", Nora B. Bernal, Universidad Nacional de Ingeniería, 1980.

**APENDICE C - 1**  
**VOLUMENES Y ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LA FIBRA**  
**IMPORTADA POR PARAMONGA S.A. EN EL PERIODO ENERO - AGOSTO 1988**

ITEM	ESPECIFICACIONES TECNICAS	PROPIEDADES FISICAS A 500 C.S.F.			VOLUMEN D IMPORTACIO	PROCEDENC
		LONGITUD D ROTURA (m.)	FACTOR DE RASGADO (No.)	FACTOR DE REVENTAMIE (No.)		
(1)	Pasta Celulósica al Sulfato (Fibra larga) procedente de coníferas (softwood) blanqueada, obtenida por el proceso Kraft, en forma de hojas y libre de astillas y/o materiales extraños.	10,800	125	75	4,500	CHile
(2)	Pasta Celulósica al Sulfato (Fibra larga) procedente de coníferas sin blanquear, obtenida por el proceso Kraft, en forma de hojas o conglomerada y prensada (Flash Drier) y libre de astillas y/o materiales extraños.	9,800	130	70	5,000	CHile
(3)	Pasta Celulósica al Sulfato (Fibra larga) procedente de coníferas sin blanquear, de alta tensión y reventamiento, obtenida por el proceso Kraft, en forma de hojas o conglomerada y prensada (Flash Drier) y libre de astillas y/o materiales extraños.	10,800	120	78	6,000	CHile
(4)	Pasta Celulósica al Sulfato con resistencias intermedias procedente de coníferas (softwood) blanqueada, obtenida por el proceso Kraft, en forma de hojas y libre de astillas y/o materiales extraños.	7,500	130	58	4,000	CHile
<b>TOTAL :</b>					<b>19,500</b>	

**AFENDICE C-2**  
**REPORTE DE ESTADISTICAS DE POLIZAS DE IMPORTACION CORRESPONDIENTE AL AÑO 1966**

PARTIDA ARANCELARIA	PRODUCTO DE IMPORTACION PAIS PROVEEDOR	VALOR F.O.B. (U.S. \$)	PESO BRUTO (kg.)	VALOR C.I.F. (U.S. \$)
47.01.01.01.00	DE CONIFERAS 105 Brasil	3,869	20,000	5,472
	TOTAL PARTIDA 47.01.01.01.00	3,869	20,000	5,472
47.01.03.00.00	PASTAS QUIMICAS DE MADERA PARA DISOLUCION (DE ALTO CONTENIDO DE ALFA-CELULOSA) 023 Alemania Federal	1,073	1,063	1,229
	TOTAL PARTIDA 47.01.03.00.00	1,073	1,063	1,229
47.01.04.01.00	A LA SODA Y AL SULFATO, SIN BLANQUEAR DE CONIFERAS 211 Chile 249 Estados Unidos 756 Sudáfrica, Rep.	4,822,527 271,802 2,548,358	13,861,269 1,092,847 8,357,371	5,364,786 361,585 3,489,672
	TOTAL PARTIDA 47.01.04.01.00	7,642,687	23,329,487	9,216,043
47.01.04.03.00	A LA SODA Y AL SULFATO, BLANQUEADAS DE CONIFERAS 063 Argentina 105 Brasil 249 Estados Unidos	520,047 275,078 8,006,080 10,704,097	1,402,441 700,000 18,883,303 6,864,947	609,509 330,496 8,763,012 3,204,400
	TOTAL PARTIDA 47.01.04.03.00	11,595,282	27,850,781	12,907,417
47.01.04.04.00	A LA SODA Y AL SULFATO, BLANQUEADAS DE OTRA MADERAS 105 Brasil 211 Chile 249 Estados Unidos 845 Uruguay	2,005,609 212,899 1,358,497 204,023	5,050,446 539,270 3,478,196 458,840	2,458,887 230,916 1,627,582 236,019
	TOTAL PARTIDA 47.01.04.04.00	3,781,028	9,526,752	4,553,504
47.01.04.05.00	AL SULFITO, SIN BLANQUEAR DE CONIF. 105 Brasil	72,450	20,000	88,289
	TOTAL PARTIDA 47.01.04.05.00	72,450	20,000	88,289
47.01.04.06.00	AL SULFITO, SIN BLANQUEAR DE OTRAS 211 Chile	35,146	110,112	39,080
	TOTAL PARTIDA 47.01.04.06.00	35,146	110,112	39,080
47.01.04.07.00	AL SULFITO, BLANQUEADAS DE CONIF. 023 Alemania Occidental 063 Argentina	30,799 145,328	30,750 400,000	34,712 169,860
	TOTAL PARTIDA 47.01.04.07.00	176,127	430,750	204,572
47.01.04.08.00	AL SULFITO, BLANQUEADAS DE OTRAS 105 Brasil	86,691	300,000	111,888
	TOTAL PARTIDA 47.01.04.08.00	86,691	300,000	111,888

REPORTE DE ESTADISTICAS DE POLIZAS DE IMPORTACION CORRESPONDIENTE AL AÑO 1987

PARTIDA ARANCELARIA	PRODUCTO DE IMPORTACION PAIS PROVEEDOR	VALOR F.O.B. (U.S. \$)	PESO BRUTO (Kg.)	VALOR C.I.F. (U.S. \$)
47.01.01.01.00	DE CONIFERAS 023 Alemania Federal	50	450	130
	TOTAL PARTIDA 47.01.01.01.00	50	450	130
47.01.02.01.00	DE CONIFERAS 149 Canada	10	13	89
	TOTAL PARTIDA 47.01.03.00.00	10	13	89
47.01.04.01.00	A LA SODA Y AL SULFATO, SIN BLANQUEAR DE CONIFERAS			
	211 Chile	6,083,176	12,904,074	6,583,079
	249 Estados Unidos	1,436,144	3,759,792	1,797,084
	756 Sudáfrica, Rep.	1,414,201	3,630,180	1,753,630
	TOTAL PARTIDA 47.01.04.01.00	8,933,521	20,294,048	10,143,793
47.01.04.03.00	A LA SODA Y AL SULFATO, BLANQUEADAS DE CONIFERAS			
	063 Argentina	773,239	1,397,020	864,728
	105 Brasil	410,865	750,000	473,365
	211 Chile	13,074,601	21,262,453	13,994,502
	249 Estados Unidos	4,791,850	7,733,140	5,492,001
	TOTAL PARTIDA 47.01.04.03.00	19,050,555	31,142,613	20,824,596
47.01.04.04.00	A LA SODA Y AL SULFATO, BLANQUEADAS DE OTRA MADERAS			
	063 Argentina	203,434	398,920	229,210
	105 Brasil	3,377,554	6,436,002	390,821
	211 Chile	1,353,821	1,801,961	1,456,216
	249 Estados Unidos	856,663	3,478,196	1,003,347
	845 Uruguay	175,248	305,775	198,764
	TOTAL PARTIDA 47.01.04.04.00	5,965,720	11,287,448	6,791,158

REPORTE DE ESTADISTICAS DE POLIZAS DE IMPORTACION CORRESPONDIENTE AL AÑO 1988

PARTIDA ARANCELARIA	PRODUCTO DE IMPORTACION PAIS PROVEEDOR	VALOR F.O.B. (U.S. \$)	PESO BRUTO (KG.)	VALOR C.I.F. (U.S. \$)
47.01.01.01.00	DE CONIFERAS 023 Alemania Federal	230	572	508
	TOTAL PARTIDA 47.01.01.01.00	230	572	508
47.01.04.01.00	A LA SODA Y AL SULFATO, SIN BLANQUEAR DE CONIFERAS			
	211 CHile	5,341,907	9,907,053	5,691,195
	249 Estados Unidos	2,776,049	5,198,360	3,299,917
	756 Sudáfrica, Rep.	2,113,117	5,079,400	2,597,884
	TOTAL PARTIDA 47.01.04.01.00	10,231,073	20,185,713	11,588,995
47.01.04.03.00	A LA SODA Y AL SULFATO, BLANQUEADAS DE CONIFERAS			
	063 Argentina	666,250	970,703	727,372
	105 Brasil	112,724	200,000	131,375
	211 CHile	13,132,411	18,898,223	13,851,251
	249 Estados Unidos	1,371,447	2,421,576	1,576,174
	TOTAL PARTIDA 47.01.04.03.00	15,282,692	22,490,502	16,285,172
47.01.04.04.00	A LA SODA Y AL SULFATO, BLANQUEADAS DE OTRA MADERAS			
	063 Argentina	126,292	199,990	138,636
	105 Brasil	4,539,849	7,200,006	5,156,055
	249 Estados Unidos	122,442	2,695,872	1,409,550
	845 Uruguay	248,000	409,730	278,995
	TOTAL PARTIDA 47.01.04.04.00	616,583	9,905,598	6,983,236
47.01.04.06.00	AL SULFITO, SIN BLANQUEAR DE OTRAS			
	249 Estados Unidos	9,829	8,733	12,565
	TOTAL PARTIDA 47.01.04.06.00	9,829	8,733	12,565
47.01.04.08.00	AL SULFITO, BLANQUEADAS DE OTRAS			
	249 Estados Unidos	10,179	16,211	12,864
	TOTAL PARTIDA 47.01.04.08.00	10,179	16,211	12,864

REPORTE DE ESTADISTICAS DE POLIZAS DE IMPORTACION CORRESPONDIENTE AL AÑO 1989

PARTIDA ARANCELARIA	PRODUCTO DE IMPORTACION PAIS PROVEEDOR	VALOR F.O.B. (U.S. \$)	PESO BRUTO (Kg.)	VALOR C.I.F. (U.S. \$)
47.01.01.01.00	DE CONIFERAS			
	023 Alemania Federal	164	360	283
	767 Suiza	86	224	128
	TOTAL PARTIDA 47.01.01.01.00	250	584	361
47.01.04.01.00	A LA SODA Y AL SULFATO, SIN BLANQUEAR DE CONIFERAS			
	211 CHile	264,002	879,661	285,050
	TOTAL PARTIDA 47.01.04.01.00	264,002	879,661	285,050
47.01.04.03.00	A LA SODA Y AL SULFATO, BLANQUEADAS DE CONIFERAS			
	063 Argentina	638,865	802,050	687,433
	105 Brasil	123,125	174,000	137,523
	211 CHile	3,539,437	4,222,726	3,835,203
	TOTAL PARTIDA 47.01.04.03.00	4,400,923	5,198,776	4,160,174
47.01.04.04.00	A LA SODA Y AL SULFATO, BLANQUEADAS DE OTRA MADERAS			
	105 Brasil	1,975,092	2,722,000	2,196,075
	249 Estados Unidos	428,681	615,849	486,613
	845 Uruguay	394,941	511,149	436,555
	TOTAL PARTIDA 47.01.04.04.00	2,798,714	3,848,498	3,119,249



REPORTE DE ESTADISTICAS DE POLIZAS DE IMPORTACION CORRESPONDIENTE AL AÑO 1990

PARTIDA ARANCELARIA	PRODUCTO DE IMPORTACION PAIS PROVEEDOR	VALOR F.O.B. (U.S. \$)	PESO BRUTO (Kg.)	VALOR C.I.F. (U.S. \$)
47.01.01.01.00	DE CONIFERAS 767 Suiza	124	263	178
	TOTAL PARTIDA 47.01.01.01.00	124	263	178
47.01.04.01.00	A LA SODA Y AL SULFATO, SIN BLANQUEAR DE CONIFERAS			
	211 CHile	266,650	576,576	303,452
	548 Nueva Zelanda	66,924	123,600	80,173
	TOTAL PARTIDA 47.01.04.01.00	333,574	700,176	383,625
47.01.04.03.00	A LA SODA Y AL SULFATO, BLANQUEADAS DE CONIFERAS			
	063 Argentina	401,603	501,220	430,561
	105 Brasil	277,524	416,967	315,038
	211 CHile	7,437,486	9,671,601	7,958,758
	249 Estados Unidos	369,517	683,185	451,723
	TOTAL PARTIDA 47.01.04.03.00	8,486,130	11,272,973	9,156,080
47.01.04.04.00	A LA SODA Y AL SULFATO, BLANQUEADAS DE OTRA MADERAS			
	063 Argentina	286,889	408,930	314,378
	105 Brasil	1,779,441	2,504,000	2,002,932
	249 Estados Unidos	685,918	1,017,191	790,813
	845 Uruguay	378,679	508,413	418,320
	TOTAL PARTIDA 47.01.04.04.00	3,130,927	4,438,534	3,526,443
47.01.04.99.00	LAS DEMAS 149 Canada	603,847	1,510,542	749,866
	TOTAL PARTIDA 47.01.04.99.00	603,847	1,510,542	749,866

**APENDICE C - 3**  
**RELACION DE MOLINOS DE PILAR ARROZ**  
**DEL DEPARTAMENTO DE TUMBES**

MOLINO	UBICACION		CAP. DE ALMACEN.	
	PROVINCIA	DISTRITO	ARROZ CASCARA	ARROZ PILADO
1. Tumbes	Tumbes	Tumbes	6,300	600
2. San Fernando	Tumbes	Corrales	3,000	375
3. Coop. La Cruz	Tumbes	Corrales	6,350	220
4. El Valor S.A.	Tumbes	Corrales	4,400	280
5. Coop. San Pedro	Tumbes	Corrales	3,800	350

**RELACION DE MOLINOS DE PILAR ARROZ**  
**DEL DEPARTAMENTO DE PIURA**

MOLINO	UBICACION		CAP. DE ALMACEN.	
	PROVINCIA	DISTRITO	ARROZ CASCARA	ARROZ PILADO
1. Coop. San Cristóbal	Sullana	Ignacio Ecudero	5,000	600
2. Coop. Unión	Sullana	Ignacio Ecudero	1,401	940
3. Coop. Ventarrones	Sullana	Ignacio Ecudero	3,105	360
4. Coop. Sta. Rosa Elena	Sullana	Ignacio Ecudero	2,886	600
5. Coop. La Castellana	Palta	Tamarindo	2,371	2,855
6. Coop. Don Augusto	Sullana	Ignacio Ecudero	2,206	113
7. Coop. Las Vegas	Sullana	Marcavilca	4,244	421
8. Coop. Mallares	Sullana	Sullana	3,258	292
9. Cía. Desmotadora	Sullana	Sullana	9,317	1,000
10. Las Marías S.R.L.	Sullana	Sullana	3,468	694
11. San Luis	Sullana	Sullana	6,220	450
12. El Dorado	Sullana	Sullana	3,481	583
13. Coop. San Francisco	Sullana	Querecotillo	6,329	600
14. San Miguel S.R.L.	Sullana	Sullana	3,078	452
15. Santa Cecilia	Sullana	Sullana	7,529	1,000
16. Coop. Somate	Sullana	Bellavista	4,282	425
17. Coop. San Lorenzo	Piura	Tambo Grande	8,800	800
18. Cencaplana	Piura	Tambo Grande	10,000	500
19. Coop. Sta. Agrícola	Piura	Las Lomas	6,000	560
20. Coop. La Tina	Ayabaca	Suyo	4,000	320
21. Piura	Piura	Piura	4,400	168
22. Pii. Chlclaylto	Piura	Castilla	4,300	350
23. Pii. Catzaos	Piura	Piura	8,500	200
24. Coop. J.V. Alvarado	Piura	La Arena	1,610	448
25. Algarrobo	Piura	Unión	7,049	700
26. Fabur	Morropón	La Matanza	9,340	550
27. San Isidro de Morropón	Morropón	Morropón	4,256	400
28. Coop. Buenos Aires	Morropón	Buenos Aires	3,200	200
29. Coop. San Juan de Blgote	Morropón	Salitral	3,000	400

Fuente : Empresa Comercializadora de Alimentos S.A.  
 División de Desarrollo : "El Cultivo del  
 Arroz en el Dpto. de Tumbes y Piura", Mayo 1984.

**RELACION DE MOLINOS DE PILAR ARROZ  
DEL DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD**

MOLINO	UBICACION PROVINCIA	DISTRITO	CAP. DE ALMACEN.	
			ARROZ CASCARA	ARROZ PILADO
1. Pacanga	Pacasmayo	Pacanga	9,159	1,721
2. CHepén	Pacasmayo	CHepén	8,600	8,088
3. Talambo	Pacasmayo	CHepén	6,300	2,800
4. Santa Luisa	Pacasmayo	Guadalupe	13,000	2,500
5. Iris	Pacasmayo	Guadalupe	8,600	930
6. Talla	Pacasmayo	Guadalupe	10,000	2,000
7. Progreso	Pacasmayo	Guadalupe	6,150	1,450
8. Guadalupe	Pacasmayo	Guadalupe	8,600	1,500
9. Sta. Rosa	Pacasmayo	Guadalupe	6,600	1,500
10. Limoncaro	Pacasmayo	Guadalupe	8,217	3,139
11. San Idelfonso	Pacasmayo	Pblo. Nuevo	8,000	1,200
12. San Antonio	Pacasmayo	Pblo. Nuevo	6,530	1,340
13. Rex	Pacasmayo	Pblo. Nuevo	4,000	621
14. Cultambo	Pacasmayo	San José	7,727	425
15. Tecapa	Pacasmayo	San José	1,739	1,350
16. San Pedro	Pacasmayo	San José	4,178	7,822
17. Jequetepeque	Pacasmayo	San José	13,900	350
18. San Andrés	Pacasmayo	Pacasmayo	11,000	1,740
19. Pacasmayo	Pacasmayo	Pacasmayo	6,000	600
20. Santa María	Pacasmayo	Pacasmayo	1,500	850
21. San Agustín	Pacasmayo	San Pedro	700	300
22. San Carlos	Trujillo	CHocope	1,500	165
23. Tanguche	Trujillo	Virú	1,500	100

**RELACION DE MOLINOS DE PILAR ARROZ  
DEL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA**

MOLINO	UBICACION PROVINCIA	DISTRITO	CAP. DE ALMACEN.	
			ARROZ CASCARA	ARROZ PILADO
1. San Isidro	Contumaza	Tembladera	390	250
2. Villa María	Contumaza	Tembladera	8,000	1,000
3. Esperanza	Contumaza	Tantarica	1,200	162
4. Progreso	Contumaza	Cascas	800	150

Fuente : Empresa Comercializadora de Alimentos S.A.

División de Desarrollo : "El Cultivo del Arroz

en los Dptos. de La Libertad y Cajamarca", Mayo 1984.

**RELACION DE MOLINOS DE PILAR ARROZ  
DEL DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN**

MOLINO	UBICACION		CAP. DE ALMACEN.	
	PROVINCIA	DISTRITO	ARROZ CASCARA	ARROZ PILADO
<b>NUEVO CAJAMARCA</b>				
1. Cruz de Chalpón	Rioja	Yaracyacu	1,800	800
2. Fuerza y Fé	Rioja	Yaracyacu	2,000	500
3. Tahuantinsuyo	Rioja	Yaracyacu	1,500	500
4. Mol. La Selva	Rioja	Yaracyacu	6,600	1,000
5. Mol. San Juan	Rioja	Yaracyacu	6,000	600
<b>RIOJA</b>				
6. Fco. Florindez	Rioja	Yaracyacu	1,500	100
7. El Chira	Rioja	Yaracyacu	8,000	1,200
8. Santa Anita	Rioja	Posic	7,000	500
9. Valencia	Rioja	Rioja	14,000	500
10. Don Masías	Rioja	Yorongos	4,600	500
<b>MOYOBAMBA</b>				
11. Cruz de Bobadilla	Moyobamba	Moyobamba	1,000	500
12. Coop. Tupac Amaru	Moyobamba	Moyobamba	1,000	200
13. Calzada	Moyobamba	Calzada	2,200	200
14. San Miguel	Moyobamba	Soritor	2,000	500
<b>TARAPOTO</b>				
15. Cumbazaecilia	San Martín	Morales	1,500	150
16. ECA - Tarapoto	San Martín	Bda. Schilcayo	1,000	200
17. San Jorge	San Martín	Bda. Schilcayo	1,500	1,500
18. Cruz de Chalpón	San Martín	Catacachi	1,000	200
19. Picota	San Martín	Picota	1,500	200
20. Porvenir	San Martín	El Porvenir	3,500	200
21. Pil. Ferreñafe	Lamas	P. Caynarachi	800	350
<b>BELLAVISTA</b>				
22. Tanio	San Martín	Picota	1,800	200
23. Jab S.A.	Huallaga	San Hilarión	1,800	---
24. San Germán	Huallaga	San Rafael	2,500	200
25. Consuelo	Huallaga	San Pablo	800	150
26. Pil. Tarapoto	Huallaga	Bellavista	800	150
<b>JUANJUI</b>				
27. Pil. Juanjuí	M. Cacerés	Juanjuí	800	500
<b>TOCACHE</b>				
28. Tocache	M. Cacerés	Tocache	780	500

Fuente : Empresa Comercializadora de Alimentos S.A.  
División de Desarrollo : "El Cultivo del Arroz  
en el Dpto. de San Martín", Mayo 1984.

## APENDICE E-1

### PREPARACION DEL LICOR DE COCCION

#### CONDICIONES

Peso paja de arroz	=	300.0 gr.
(humedad = 10.0 %)		
Concentrac. Reactivos	=	8.0 %
(como Na <sub>2</sub> O, NaOH)		
Relación baño	=	1/4
Tiempo de Digestión	=	2.0 hr.
Temperatura de Digestión	=	90.0 °C

#### DE LA CANTIDAD DE AGUA ABSORBIDA :

Peso de la paja seca	=	300.0 gr.
Peso paja + agua absorb.	=	842.4 gr.
Peso de paja húmeda	=	333.3 gr.
		-----
Peso de agua absorbida	=	509.07 gr.

#### DE LA RELACION DE BAÑO :

Peso de paja	=	300.0 gr.
Peso de licor = 300 x 4	=	1,200.0 gr.
Peso de licor + paja	=	1,500.0 gr.

#### DE LA CANTIDAD DE NaOH A USARSE :

Concentración	=	707.84 gr NaOH/lt. de soluc.
Densidad	=	1.0869 gr/lt
NaOH, gr = (1.29 x 8 x 300)/100	=	30.96
NaOH, ml = (30.96 x 1000)/ 707.84	=	43.73

Peso de sol. de NaOH, gr = 43.73 x 1.0869 = 47.53

#### DE LA CANTIDAD DE AGUA A AGREGAR :

Peso de paja	=	300.0 gr.
Peso de NaOH	=	47.53 gr.
Peso de agua absorbida	=	509.07 gr.
Peso de agua a gregar	=	643.40 gr.
		-----
		1,500.00 gr.

## APENDICE E - 2

### ESTUDIO BIOMETRICO DE LAS FIBRAS

#### INTRODUCCION

Habitualmente se ha dado mucha importancia a las dimensiones de las fibras, especialmente al largo de las materias primas fibrosas en relación a sus características papeleras, asignándole una preponderancia que en la práctica no responde. En el refinado, operación fundamental en la fabricación de papel, las fibras experimentan diversos cambios, entre ellas un acortamiento, no obstante el cual se incrementa la resistencia a la tensión, a los dobles pliegues y el reventamiento.

En el presente trabajo se ha realizado la medición de las dimensiones de las fibras, con la finalidad de complementar la información sobre la paja de arroz estudiada y relacionar las dimensiones con los resultados obtenidos en la evaluación de las pulpas obtenidas.

#### METODOLOGIA

La medición de las fibras se realizó sobre la paja de arroz estudiada.

#### PROCEDIMIENTO

El método seguido es el que se describe a continuación:

Se corta la paja en pequeños trozos de aproximadamente 3 ó 4 cm, se remoja en HNO<sub>3</sub> 40 °Bé, y se lleva a ebullición por 2 ó 3 min. y se extrae la paja tratada a una luna de reloj, tratando de separar las fibras muy suavemente. Esto afloja las fibras, logrando una separación entre ellas. Se lava profundamente con H<sub>2</sub>O destilada.

Tomar una pequeña cantidad de paja tratada, humedecerla y exprimirla entre los dedos, lo que elimina el aire y facilita la coloración. Sobre un portaobjeto hacer una preparación homogénea a la **ZAFRANINA**, de densidad correcta, con ayuda de agujas histológicas, para poder

**INDIVIDUALIZAR** las fibras. Colocar el portaobjeto sobre microscopio para realizar las mediciones.

Elegir el aumento para efectuar las dimensiones en microscopio, teniendo en cuenta para la medición del largo de las fibras, que las de largo medio ocupen alrededor de  $2/3$  del campo. Determinar el factor de aumento mediante el micrómetro ocular que se utilizará para la medición y un micrómetro objetivo.

Efectuar la medición de las fibras anotando el valor leído, en unidades de medida del micrómetro ocular (um) realizando 150 mediciones para el largo, y 150 mediciones para el ancho, debiendo medirse además el espesor de las paredes y el lumen, al medir el ancho. (El número de mediciones necesario puede ser mayor ó menor si la estabilización de porcentajes se alcanza antes ó después). Multiplicar estas mediciones por el factor de aumento correspondiente, para obtener las mediciones en micras.

#### **TRATAMIENTO ESTADISTICO DE LOS DATOS**

Tomar el valor máximo y el mínimo para obtener la amplitud de la distribución de las fibras en la dimensión considerada, este valor se divide en clases.

Construir con estos datos el histograma respectivo.

Determinar el valor promedio. Tomando la diferencia entre este valor medio y cada medición, obtenemos la desviación de cada medición del valor medio. La suma de los valores absolutos de las desviaciones dividida entre el número de mediciones se denomina **DESVIACION MEDIA**.

#### **RESULTADOS**

Los resultados obtenidos de las mediciones de longitud, ancho y lumen de las fibras de paja de arroz realizadas en las instalaciones del Laboratorio de Pulpa y Papel de la U.N.A. se muestran respectivamente en los Cuadros N° E-2.I, E-2.II, E-2.III. En base a estos resultados, se realiza la distribución según clases en micras y se determinan los valores máximo, mínimo y promedio.

## DETERMINACION DEL LUMEN PROMEDIO DE LA FIBRA DE PAJA DE ARROZ

Factor de Aumento ----> 100/38

Número de mediciones ----> 50.0

Datos (en um)

=====

1.1	0.5	2.0	2.5	1.0
3.0	0.9	3.0	2.0	1.0
1.2	2.0	2.1	1.0	1.3
0.6	1.2	0.8	2.0	1.0
0.2	2.0	3.0	1.0	0.8
1.8	0.6	2.0	1.5	1.0
4.0	1.0	2.0	1.5	1.0
5.1	1.2	4.0	1.0	1.5
0.9	1.0	1.5	4.0	1.2
0.5	2.0	1.5	2.8	3.0

Frecuencia de Clases

===== = =====

Rango	Frecuencia	F. Acumulada
=====	=====	=====
0.2 - 0.9>	7.0	7
0.9 - 1.6>	23.0	30
1.6 - 2.3>	10.0	40
2.3 - 3.0>	2.0	42
3.0 - 3.7>	4.0	46
3.7 - 4.4>	3.0	49
4.4 - 5.1>	1.0	50

PROMEDIO = 1.68

Corrigiendo con el

Factor de Aumento =  $1.68 (100/5.8) = 2.75$  micras

VALOR MAXIMO = 5.1

=  $5.1 (100/5.2) = 8.80$  micras

VALOR MINIMO = 0.2

=  $0.2 (100/5.2) = 0.345$  micras



## DETERMINACION DE LA LONGITUD PROMEDIO DE LA FIBRA DE PAJA DE ARROZ

Factor de aumento -----> 100/5.2

Número de mediciones --> 150

Datos (en um)

=====

30	41	42	26	60	33	45	75	75	38
67	73	65	50	62	41	49	39	90	48
42	45	44	50	60	90	74	66	45	68
65	65	70	62	53	38	42	45	36	42
32	71	69	105	48	94	79	141	40	54
82	52	55	65	45	126	92	76	72	94
58	56	82	86	24	153	110	77	84	42
60	85	54	73	52	125	148	107	72	55
60	44	83	118	97	45	128	93	47	85
35	78	70	71	63	57	47	45	71	73
45	53	67	43	119	118	51	107	107	58
63	72	62	54	68	86	73	56	39	52
27	44	80	42	53	120	90	83	102	62
52	70	118	66	47	75	65	152	72	85
65	86	42	86	90	59	160	70	75	63

Frecuencia de Clases

=====

Rango	Frecuencia	F. Acumulada
=====	=====	=====
20 - 40>	12	12
40 - 60>	49	61
60 - 80>	48	109
80 - 100>	22	131
100 - 120>	10	141
120 - 140>	4	145
140 - 160]	5	150

PROMEDIO =  $10,350 / 150 = 69$

Corrigiendo con el

factor de aumento =  $60 \times (100/5.2) = 1327$  micras

VALOR MINIMO = 24

=  $24 (100/5.2) = 461.5$  micras

VALOR MAXIMO = 160

=  $160 (100/5.2) = 3077$  micras

## DETERMINACION DEL DIAMETRO PROMEDIO DE LA FIBRA DE PAJA DE ARROZ

Factor de Aumento ----> 100/58

Número de mediciones ----> 50.0

Datos (en um)

=====

4.6	3.0	8.0	5.0	5.0
6.0	3.8	5.0	6.0	2.0
4.8	4.0	4.5	7.0	4.0
3.8	6.0	6.0	3.5	4.1
4.0	5.0	3.2	3.0	2.0
4.5	6.5	6.0	2.8	2.5
6.8	3.0	3.5	5.0	3.0
7.9	2.8	5.8	5.0	3.0
3.8	4.0	4.5	3.0	4.0
4.0	4.0	5.8	7.0	3.5

Frecuencia de Clases

===== = =====

Rango	Frecuencia	F. Acumulada
=====	=====	=====
2 - 3>	5.0	5
3 - 4>	14.0	19
4 - 5>	12.0	31
5 - 6>	8.0	39
6 - 7>	7.0	46
7 - 8>	4.0	50

PROMEDIO =  $221.5 / 50 = 4.43$

Corrigiendo con el

Factor de Aumento =  $4.43 (100/5.8) = 7.6$  micras

VALOR MAXIMO = 8.0

=  $8.0 (100/5.2) = 13.8$  micras

VALOR MINIMO = 2.0

=  $2.0 (100/5.2) = 3.45$  micras

## APENDICE E - 3

### DESCRIPCION DEL PROCESO DE OBTENCION DE LA PULPA CELULOSICA A NIVEL PLANTA PILOTO

#### CORTE DE LA PAJA

- Se permite que la paja seque a medio ambiente.
- Corte de la paja en trozos de 3 ó 4 cm. de largo.
- Una muestra de la paja es recolectada y se procede a la determinación de la humedad.

#### PRE-IMPREGNACION

- Una vez pesada la paja de arroz, se coloca está en un recipiente plástico de 10 litros, y se enrasa con agua a volumen. Dejar 24 horas.
- Separar por centrifugación el agua en exceso de la paja, y se obtiene la paja con un porcentaje de humedad elevado, casi 60%, además la paja se hincha y suaviza. Pesar. Determinar la cantidad de agua absorbida.

#### DIGESTION

##### - EQUIPO USADO :

Digestor rotatorio con calentamiento eléctrico construido de acero inoxidable. La temperatura de cocción, para nuestro estudio es de 90 °C, lo que significa que existirá una presión igual a la atmosférica dentro del digestor, parámetros estos que se controlan cuidadosamente tanto en el indicador de temperatura, como en el indicador de presión a través del calentamiento proporcionado. Además el equipo consta de una válvula de seguridad para desfogar de vapor (despresurización).

##### - PROCEDIMIENTO

- Se carga la paja húmeda y pesada. Se alimenta soda comercial al 50% y agua. Se coloca cuidadosamente la tapa del digestor. Se fijan las condiciones de digestión en el controlador. Iniciar el calentamiento. Etapa de calentamiento, de 25 °C a 90 °C.

- Llegada a la temperatura de cocción, se inicia el batch, y el tiempo de operación del digestor.
- Concluido el batch, se descarga el digestor.
- Tomar el pH del licor resultante de digestión.

#### **LAVADO DE LA PULPA**

##### **- EQUIPO USADO :**

Para este efecto, se usa un cajón de madera de 50 x 70 cm. con malla de acero inoxidable Nº 150, colocado sobre una base cuadrada que recibe el agua después del lavado, y lo conduce directamente a la línea de efluentes. En estos ensayos no se realiza recuperación alguna de licor de digestión. El lavado se realiza con abastecimiento de agua potable a través de mangueras instaladas para el caso a un flujo de aproximadamente 20 - 25 lts./ min.

##### **- PROCEDIMIENTO**

- Lavar cuidadosamente el cajón de madera y colocarlo sobre las bases del equipo de lavado.
- Verter el producto del digestor.
- Ayudar manualmente al lavado de las fibras hasta la completa eliminación del licor de cocción.
- Evitar al mínimo la pérdida de fibras. Centrifugar el exceso de agua. Llevar la paja húmeda al homogenizador, permitiendo que llegue a un equilibrio de humedad con el medio ambiente. Pesar. Determinar la humedad sobre una muestra en estufa a  $105 \pm 2$  °C hasta peso constante y con este dato el rendimiento.

#### **FORMACION DE HOJAS DE ENSAYO**

##### **- EQUIPO USADO Y PROCEDIMIENTO**

La formación de hojas para ensayos físicos se realizó conforme a la Norma TAPPI 205-os-71.

#### **PRENSADO**

##### **-EQUIPO USADO Y PROCEDIMIENTO**

Se usó una Prensa Hidráulica de una abertura. Se realizó el prensado de acuerdo a la Norma TAPPI 205 os-71.

#### **SECADO**

El secado realizó conforme a la Norma TAPPI 205 os-71.

**APENDICE E - 4**  
**PLANTA PILOTO Nº1**

**CONDICIONES DE OPERACION**

TEMPERATURA : 90.0 °C  
TIEMPO : 2.0 hr.  
RELACION DE BAÑO : 1/4  
PORCENTAJE DE  
NaOH, (sobre paja  
seca) : 6.0

**BALANCE DE MATERIA**

Los datos para el digestor y su contenido, basados en el análisis de laboratorio son como sigue :

**PAJA DE ARROZ**

Peso de paja de arroz, seca al  
aire, 12% de humedad = 3.00 kg.  
Peso de paja de arroz, libre de hum. = 2.65 kg.  
Agua en la paja al 60% = 4.00 kg.  
Peso total de la carga = 6.65 kg.  
Densidad de la paja seca al aire = 101.00 kg/m<sup>3</sup>.  
Volumen de la paja seca al aire, = 0.03 m<sup>3</sup>.  
cortada en fracciones de 3 a 4 cm.

**LICOR BLANCO, NaOH**

Reactivo en el licor de digestión = Soda caústica  
Relación de baño = 1/4  
Peso de licor blanco = 2.65 x 4 = 14.60 kg.  
Porcentaje de NaOH, sobre paja seca = 6.00  
Peso de NaOH = 1.29 x 0.06 x 2.65 = 0.205 kg.  
Composición aproximada de la solu-  
ción comercial del reactivo NaOH :  
NaOH 47.5 %  
Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 5.0 %  
H<sub>2</sub>O 47.5 %  
Peso de la solución comercial de  
soda caústica = 0.205 / 0.475 = 0.432 kg.

Peso de NaOH = 0.205 kg.  
 Peso de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> = 0.022 kg.  
 Peso de H<sub>2</sub>O = 0.205 kg.

Ahora es necesario determinar la cantidad de agua a agregar para la carga en el licor blanco :

Peso de NaOH, al 50% = 0.43 kg.  
 Peso de agua en la paja = 4.00 kg.  
 Peso de agua a agregar = 10.17 kg.

-----  
 Peso Total del licor = 14.60 kg.

Por lo tanto, la composición del licor blanco a preparar es :

Peso de NaOH, al 50% = 0.430 kg.  
 Peso de agua a agregar = 10.170 kg.

-----  
 Peso Total = 15.600 kg.

Peso de NaOH = 0.205 kg.

Peso de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> = 0.022 kg.

Peso de H<sub>2</sub>O = 10.373 kg.

% NaOH =  $0.205/10.60 = 1.9$

Densidad del licor blanco = 1020 kg/m<sup>3</sup>.

Volumen del licor blanco = 0.010 m<sup>3</sup>.

De esto se deduce :

REACTIVOS	PESO DE LOS REACT. COMO PROD. QUIMICO (KG.)	PESO DEL PRODUCTO QUIMICO COMO Na <sub>2</sub> O (KG.)
NaOH	0.205	$0.205 \times 62/80 = 0.159$
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.022	$0.022 \times 62/106 = 0.013$
=====		
Reactivos		
Totales	0.227	0.172

### ESPECIFICACIONES DEL LICOR BLANCO

$$\begin{aligned} \text{ALCALI TOTAL} &= \text{ALCALI TOTAL TITULABLE} = \text{TODAS} \\ &\text{LAS SALES DE SODIO, COMO Na}_2\text{O} = \text{NaOH} + \text{Na}_2\text{CO}_3 \\ &= 0.150 + 0.013 \text{ KG.} \\ &= 0.172 \text{ KG.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ALCALI EFECTIVO} &= \text{ALCALI ACTIVO} = \text{NaOH (COMO} \\ &\text{Na}_2\text{O)} \\ &= 0.159 \text{ KG.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ACTIVIDAD} = \text{CAUSTICIDAD} &= \frac{\text{NaOH}}{\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{CO}_3} \times 100 \\ &= \frac{0.159}{0.013 + 0.159} \times 100 \\ &= 92.5 \% \end{aligned}$$

### RESULTADOS

$$\begin{aligned} \text{PESO DE LA PULPA HUMEDA} &= 2.65 \text{ kg.} \\ \text{PORCENTAJE DE HUMEDAD} &= 70.0 \% \end{aligned}$$

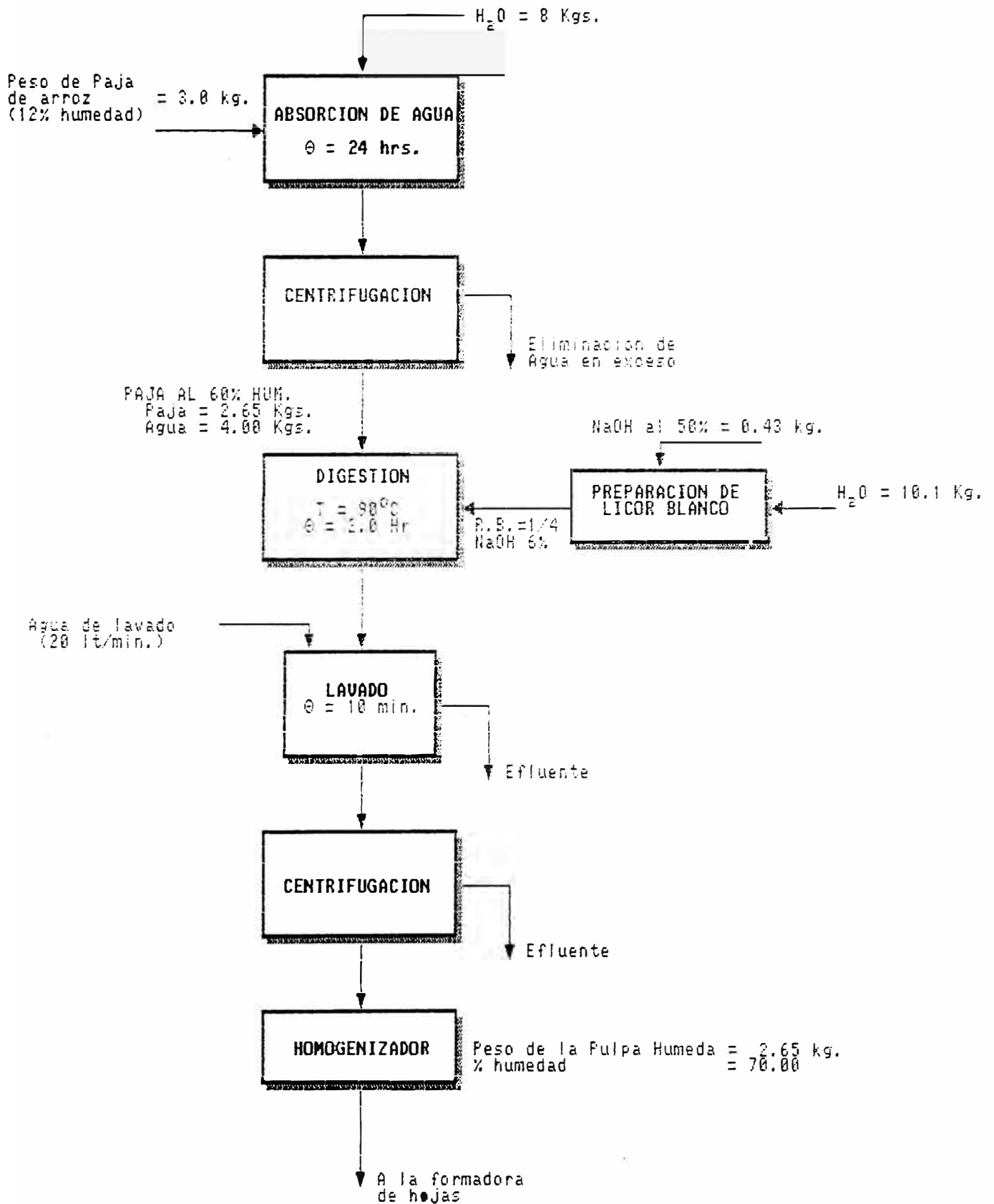
$$\begin{aligned} \text{PESO DE LA PULPA O.D.} &= 1.85 \text{ kg.} \\ \text{PESO DE PAJA DE ARROZ} &= 2.65 \text{ kg.} \\ \text{LIBRE DE HUMEDAD} & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{RENDIMIENTO} &= 1.85/2.65 \\ &= 70.0 \% \end{aligned}$$

La Fig. E - 4.I muestra el diagrama de flujo cuantitativo de esta operación.

# PLANTA PILOTO 1

## FLOWSHEET CUANTITATIVO



PESO DE LA PULPA D.D. = 1.95 Kgs.  
 RENDIMIENTO = 70%

FIGURA E-4. I



**APENDICE E - 5**  
**PLANTA PILOTO Nº2**

**CONDICIONES DE OPERACION**

TEMPERATURA : 90.0 °C  
TIEMPO : 4.0 hr.  
RELACION DE BAÑO : 1/4  
PORCENTAJE DE  
NaOH, SOBRE PAJA  
SECA : 10.0

**BALANCE DE MATERIA**

Los datos para el digestor y su contenido, basados en el análisis de laboratorio son como sigue :

**PAJA DE ARROZ**

Peso de paja de arroz, seca al  
aire, 12% de humedad = 3.00 kg.  
Peso de paja de arroz, libre de hum. = 2.65 kg.  
Agua en la paja al 60% = 4.00 kg.  
Peso total de la carga = 6.65 kg.  
Densidad de la paja seca al aire = 101.00 kg/m<sup>3</sup>.  
Volumen de la paja seca al aire, = 0.03 m<sup>3</sup>.  
cortada en fracciones de 3 a 4 cm.

**LICOR BLANCO, NaOH**

Reactivo en el licor de digestión = Soda cáustica  
Relación de baño = 1/4  
Peso de licor blanco = 2.65 x 4 = 14.60 kg.  
Porcentaje de NaOH, sobre paja seca = 10.00  
Peso de NaOH = 1.29 x 0.10 x 2.65 = 0.342 kg.  
Composición aproximada de la solución comercial del reactivo NaOH :

NaOH 47.5 %  
Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 5.0 %  
H<sub>2</sub>O 47.5 %

Peso de la solución comercial de  
soda cáustica =  $0.342 / 0.475 = 0.720$  kg.

Peso de NaOH = 0.342 kg.

Peso de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  = 0.036 kg.

Peso de  $\text{H}_2\text{O}$  = 0.342 kg.

Ahora es necesario determinar la cantidad de agua a  
agregar para la carga en el licor blanco :

Peso de NaOH, al 50% = 0.72 kg.

Peso de agua en la paja = 4.00 kg.

Peso de agua a agregar = 9.88 kg.

-----  
Peso Total del licor = 14.60 kg.

Por lo tanto, la composición del licor blanco a  
preparar es :

Peso de NaOH, al 50% = 0.72 kg.

Peso de agua a agregar = 9.88 kg.

-----  
Peso Total = 10.600 kg.

Peso de NaOH = 0.342 kg.

Peso de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  = 0.036 kg.

Peso de  $\text{H}_2\text{O}$  = 10.222 kg.

% NaOH =  $0.342/10.60 = 3.2$

Densidad del licor blanco = 1035 kg/m<sup>3</sup>.

Volumen del licor blanco = 0.010 m<sup>3</sup>.

De esto se deduce :

REACTIVOS	PESO DE LOS REACT. COMO PROD. QUIMICO (KG.)	PESO DEL PRODUCTO QUIMICO COMO $\text{Na}_2\text{O}$ (KG.)
NaOH	0.342	$0.342 \times 62/80 = 0.265$
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	0.036	$0.036 \times 62/106 = 0.021$
Reactivos		
Totales	0.360	0.286

### ESPECIFICACIONES DEL LICOR BLANCO

ALCALI TOTAL = ALCALI TOTAL TITULABLE = TODAS  
LAS SALES DE SODIO, COMO  $\text{Na}_2\text{O} = \text{NaOH} + \text{Na}_2\text{CO}_3$

$$= 0.265 + 0.021 \text{ KG.}$$

$$= 0.286 \text{ KG.}$$

ALCALI EFECTIVO = ALCALI ACTIVO =  $\text{NaOH}$  (COMO  
 $\text{Na}_2\text{O}$ )

$$= 0.265 \text{ KG.}$$

ACTIVIDAD = CAUSTICIDAD =  $\text{NaOH} \times 100$

-----  
 $\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{CO}_3$

$$= 0.265 \times 100$$

-----  
 $0.265 + 0.021$

$$= 92.7 \%$$

### RESULTADOS

PESO DE LA PULPA HUMEDA = 1.95 kg.

PORCENTAJE DE HUMEDAD = 70.0 %

PESO DE LA PULPA O.D. = 1.35 kg.

PESO DE PAJA DE ARROZ = 2.65 kg.

LIBRE DE HUMEDAD

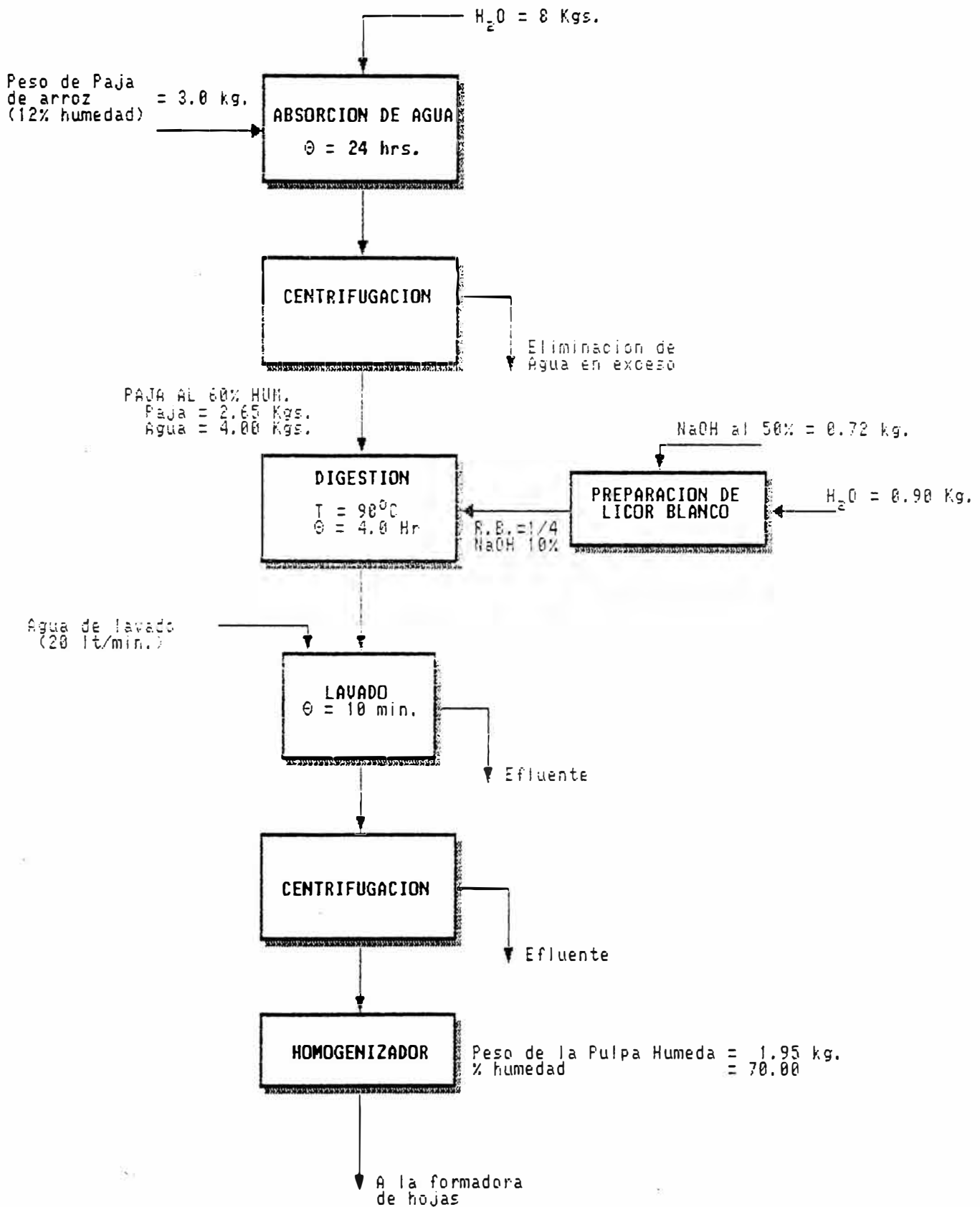
RENDIMIENTO =  $1.35/2.65$

$$= 50.0 \%$$

La Fig. E - 5.I muestra el diagrama de flujo cuantitativo de esta operación.

# PLANTA PILOTO 2

## FLOWSHEET CUANTITATIVO



PESO DE LA PULPA O.D. = 1.35 Kgs.  
 RENDIMIENTO = 50%

FIGURA E-5. I

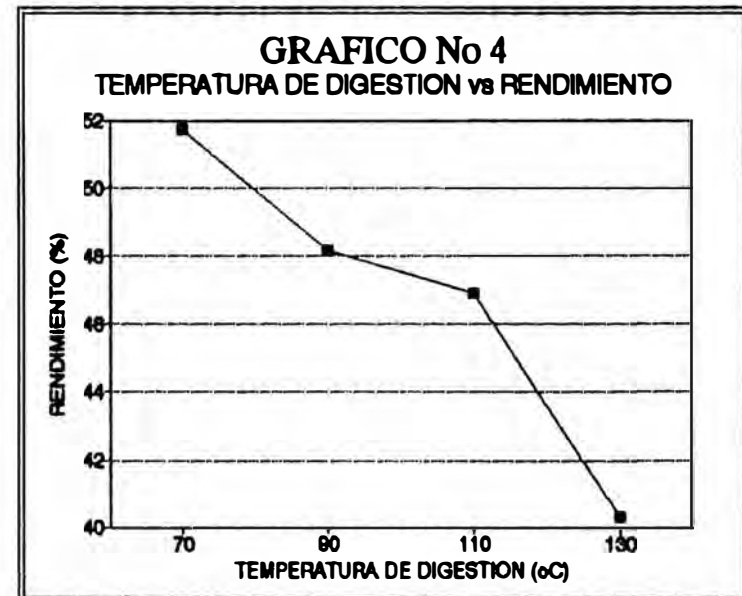
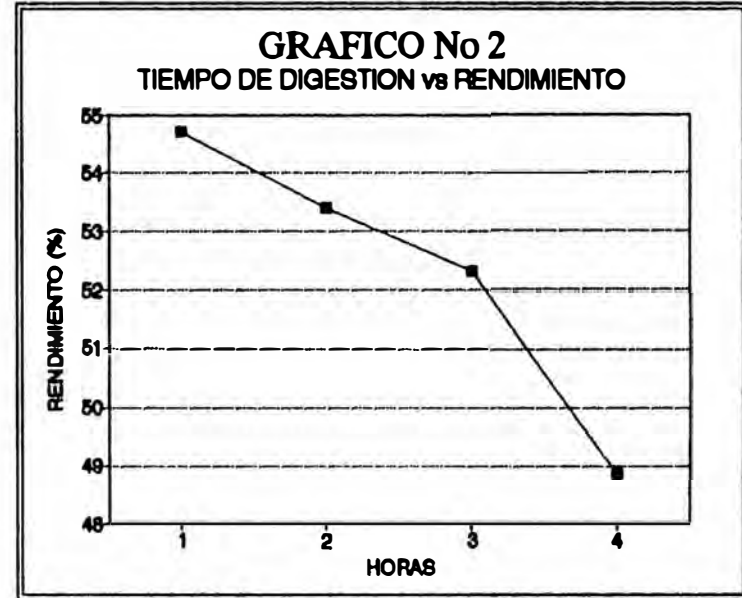
**APENDICE E - 6**  
**NORMAS ITINTEC PARA LOS DIFERENTES**  
**TIPOS DE PAPELES**

<b>CARTON CORRUGADO</b>	<b>NUMERO NORMA</b>	<b>IMPRESION</b>	<b>NUMERO NORMA</b>
- Papel para corrugar	279.058	<b>KRAFT</b>	
	279.090	Bolsas	
	279.092	50 gr/m2	272.065
	279.095	60 gr/m2	272.066
	279.098	75 gr/m2	272.067
- Papel bobinas	272.006	- Resistente a la caída	272.098
	272.008	- Envoladuras	
- Papel Bond		40 gr/m2	272.059
Bond 60 gr.	272.047	50 gr/m2	272.060
Bond 80 gr.	272.038	60 gr/m2	272.061
Tabletas para cuaderno	272.037	70 gr/m2	272.062
		90 gr/m2	272.063
		110 gr/m2	272.064
<b>CARATULA</b>		- Explosivos	272.096
- Cuadernos	272.042	- Manifold	272.056
	272.043	- Periódico	
- Carbón	272.049	52 gr	272.040
- Correspondencia	272.004	escolar	272.039
	272.003	tipo periódico	272.041
	272.001	- Papel Sellado	272.048
		- Papel Servilleta	272.078
		- Sobres	272.057
<b>ESTUCADO</b>			
- Brillante de 80 gr.	272.046	- <b>AL SULFITO</b>	
- Size Press 80 gr.	272.073	- Cometa 30 gr/m2	272.071
- Size Press 90 gr.	272.072	- Envoladuras	
- Size Press 100 gr.	272.076	30 gr/m2	272.069
- Size Press 120 gr.	272.074	40 gr/m2	272.070
- Size Press 220 gr.	272.075	- Toalla	272.081
- Extensible Clupac	272.053		
- Facial	272.080		
<b>FORMATOS</b>		<b>HIGIENICO</b>	
- Archivadores	272.009	- Bobinas	272.115
- Correspondencia e Impresión	272.001	- Rollos	272.079

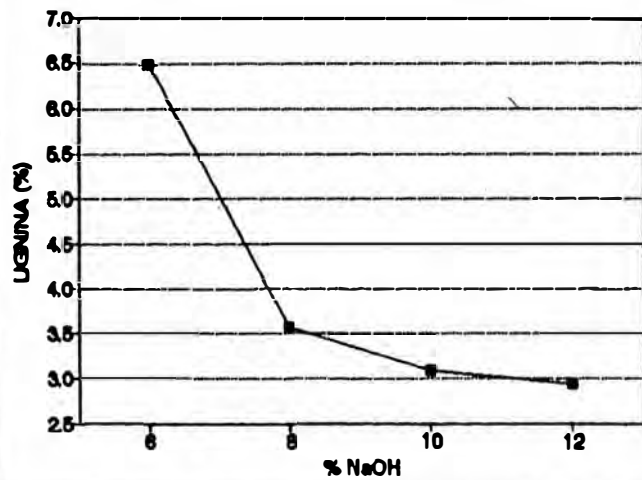
APENDICE E - 7

GRAFICOS N° 1 - 48 :

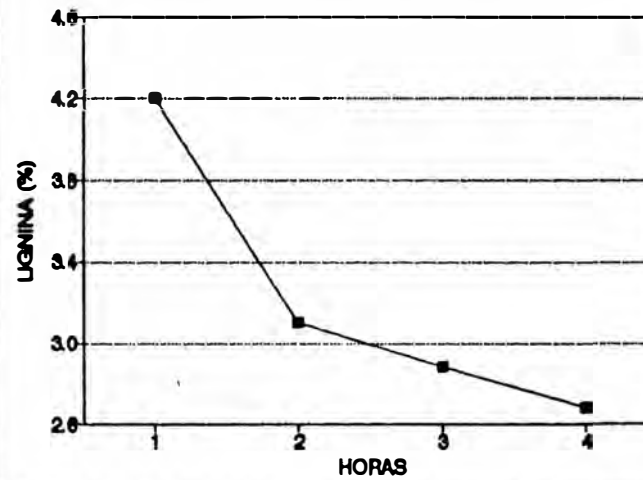
EVALUACION DE LA COMPOSICION QUIMICA DE  
LAS PULPAS ENSAYADAS



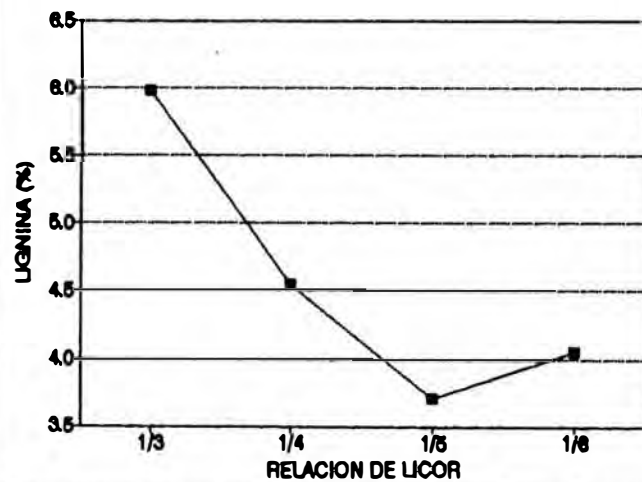
**GRAFICO No 5**  
CONC. DE REACTIVOS vs LIGNINA



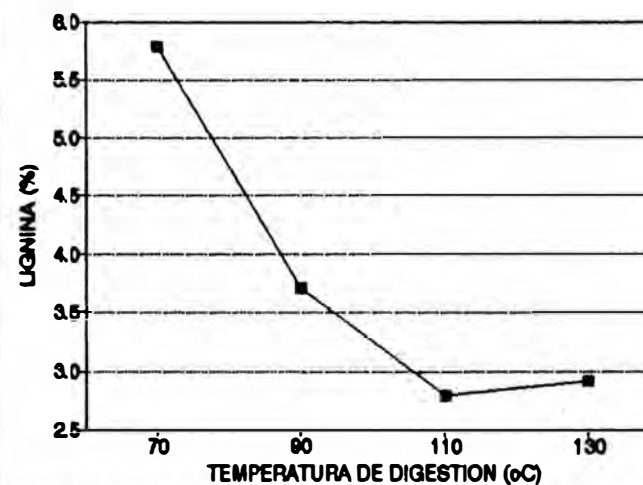
**GRAFICO No 6**  
TIEMPO DE DIGESTION vs LIGNINA



**GRAFICO No 7**  
RELACION DE LICOR vs LIGNINA

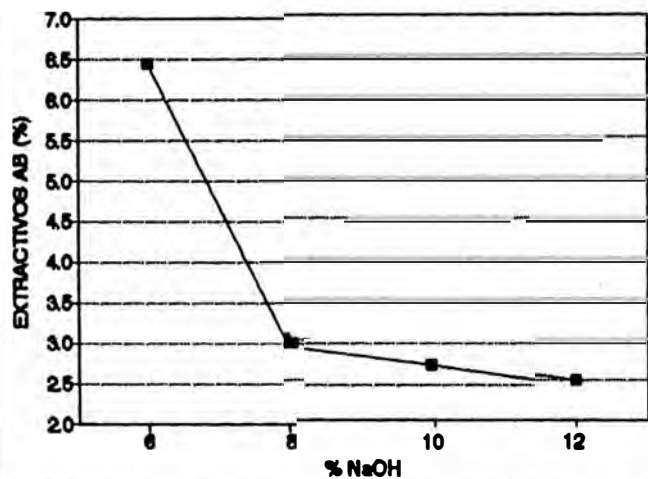


**GRAFICO No 8**  
TEMPERATURA DE DIGESTION vs LIGNINA

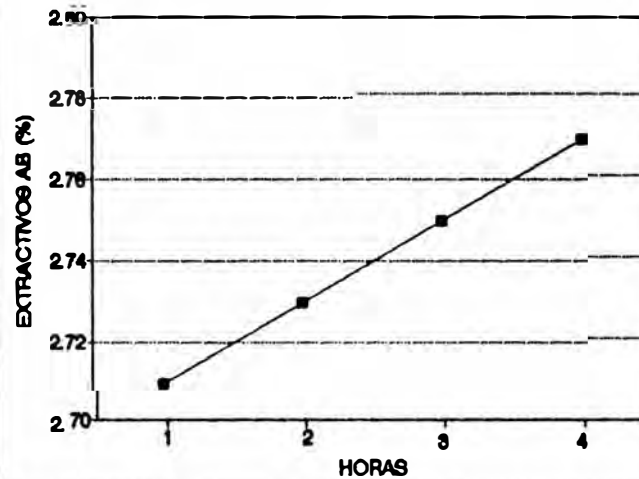




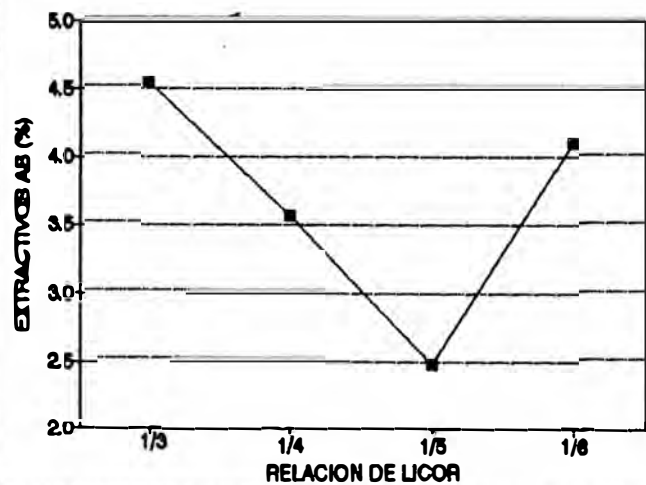
**GRAFICO No 9**  
**CONC. DE REACTIVOS vs EXTRACTIVOS AB**



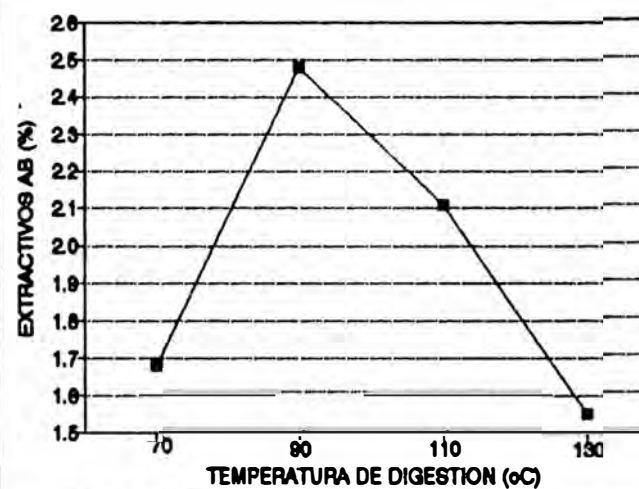
**GRAFICO No 10**  
**TIEMPO DE DIGESTION vs EXTRACTIVOS AB**



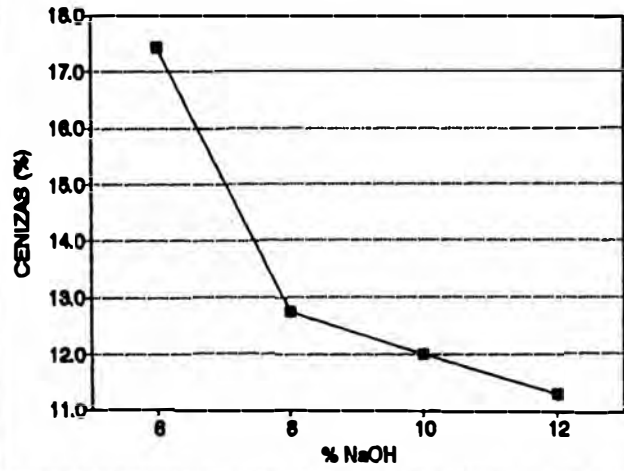
**GRAFICO No 11**  
**RELACION DE LICOR vs EXTRACTIVOS AB**



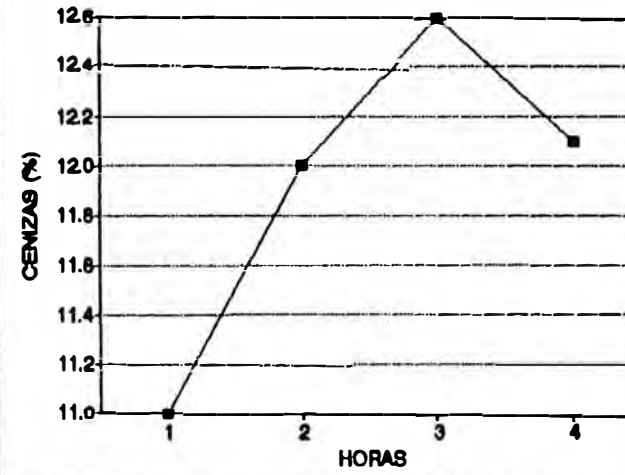
**GRAFICO No 12**  
**TEMPERATURA DE DIGESTION vs EXTRACT. AB**



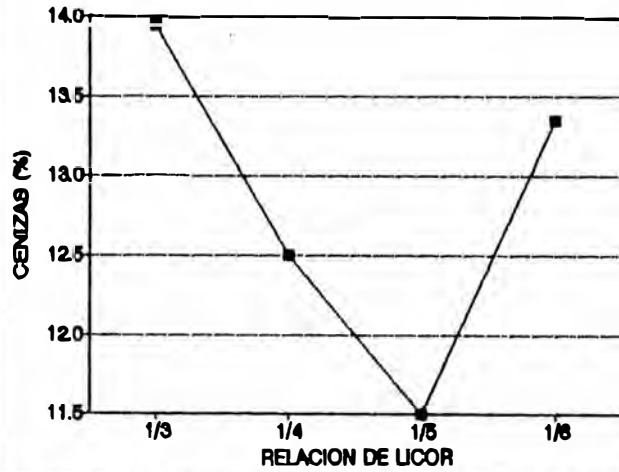
**GRAFICO No 13**  
CONC. DE REACTIVOS vs CENIZAS



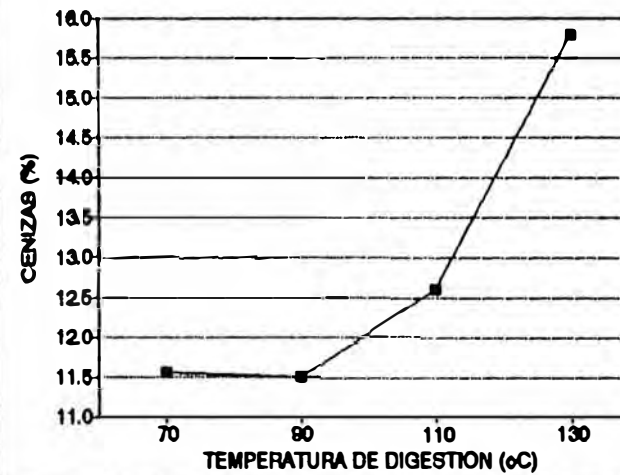
**GRAFICO No 14**  
TIEMPO DE DIGESTION vs CENIZAS



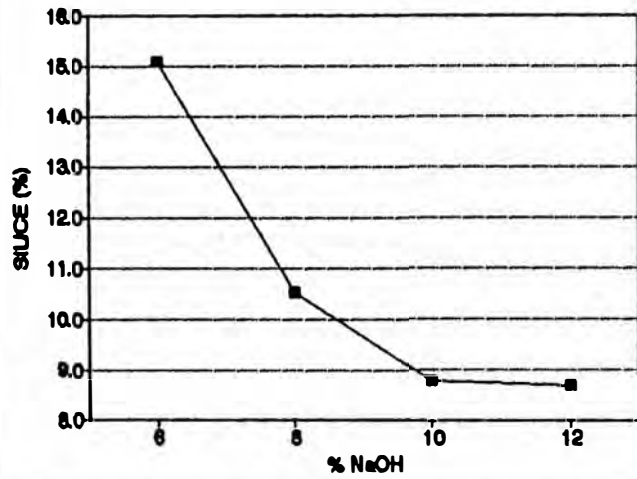
**GRAFICO No 15**  
RELACION DE LICOR vs CENIZAS



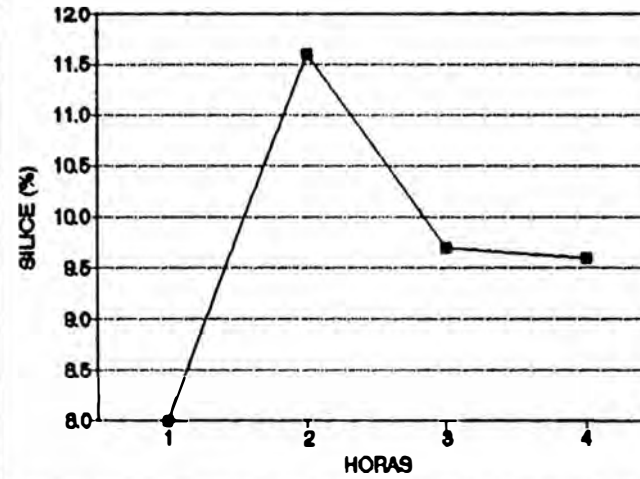
**GRAFICO No 16**  
TEMPERATURA DE DIGESTION vs CENIZAS



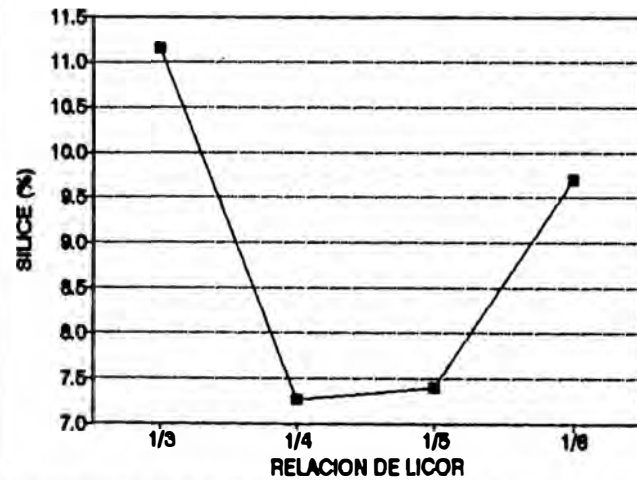
**GRAFICO No 17**  
CONC. DE REACTIVOS vs SILICE



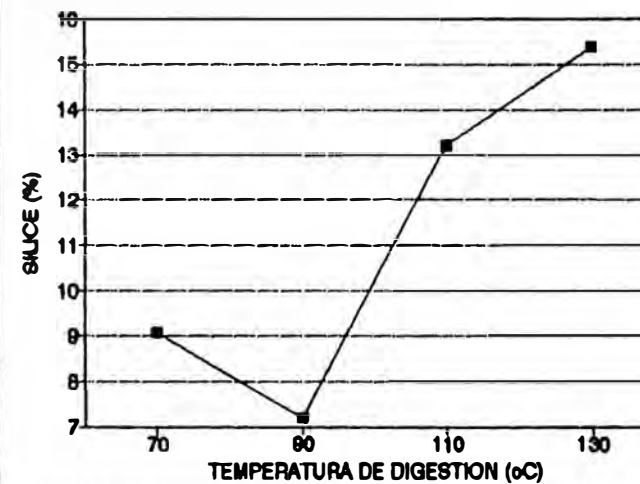
**GRAFICO No 18**  
TIEMPO DE DIGESTION vs SILICE



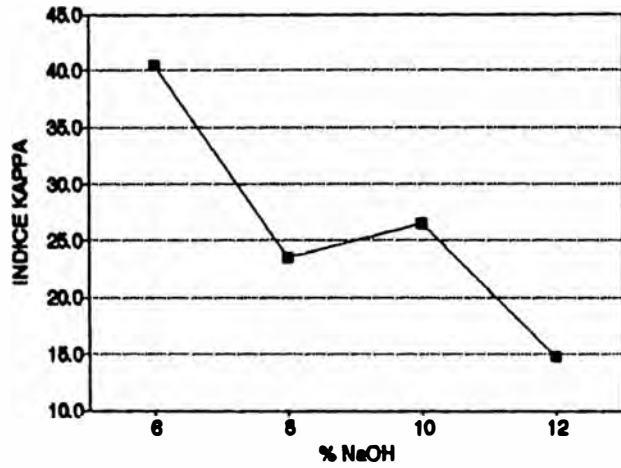
**GRAFICO No 19**  
RELACION DE LICOR vs SILICE



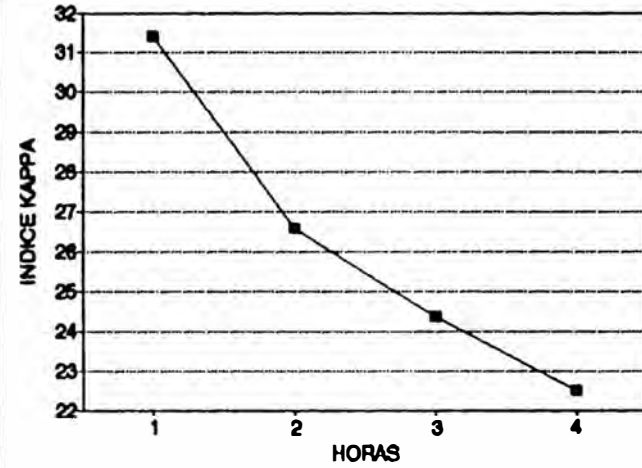
**GRAFICO No 20**  
TEMPERATURA DE DIGESTION vs SILICE



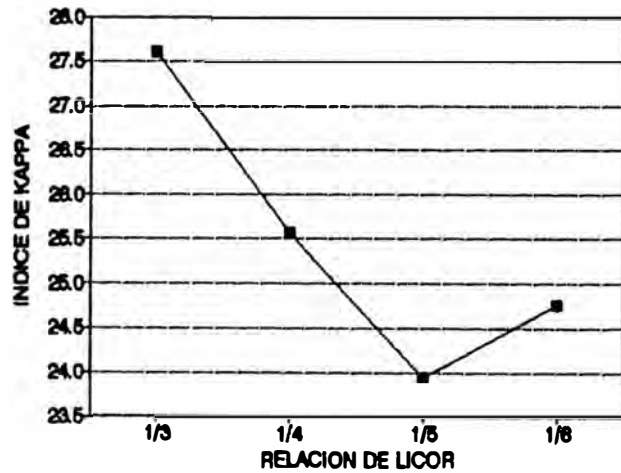
**GRAFICO No 21**  
CONC. DE REACTIVOS vs INDICE KAPPA



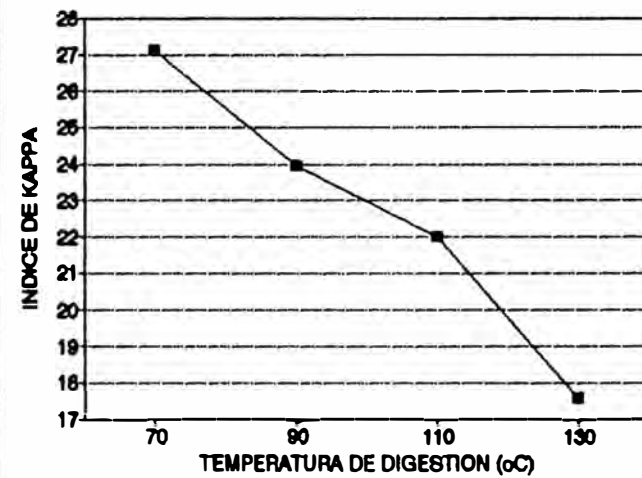
**GRAFICO No 22**  
TIEMPO DE DIGESTION vs INDICE KAPPA



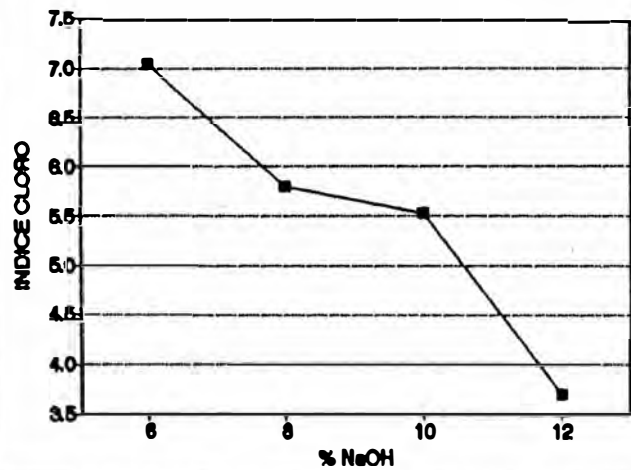
**GRAFICO No 23**  
RELACION DE LICOR vs INDICE DE KAPPA



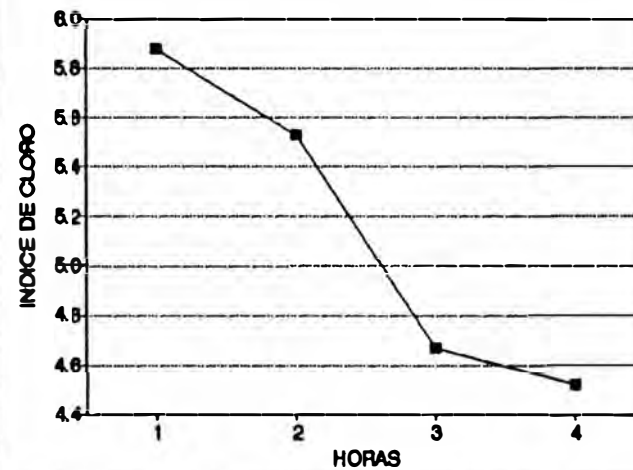
**GRAFICO No 24**  
TEMPERATURA DE DIGESTION vs IND. KAPPA



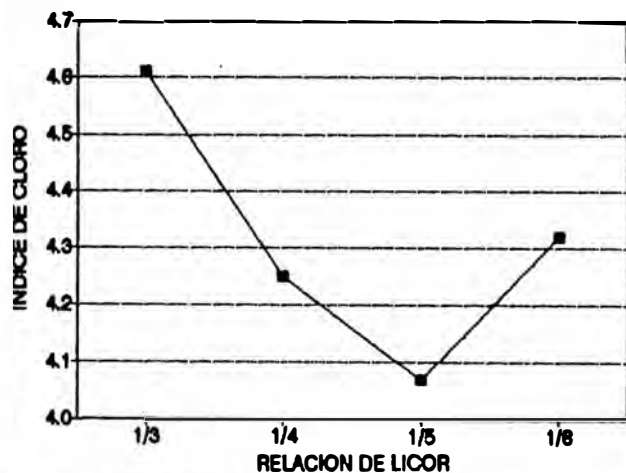
**GRAFICO No 25**  
CONC. DE REACTIVOS vs INDICE CLORO



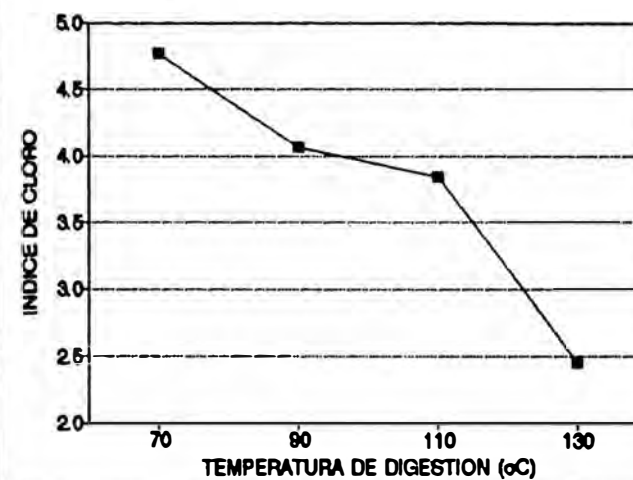
**GRAFICO No 26**  
TIEMPO DE DIGESTION vs INDICE DE CLORO

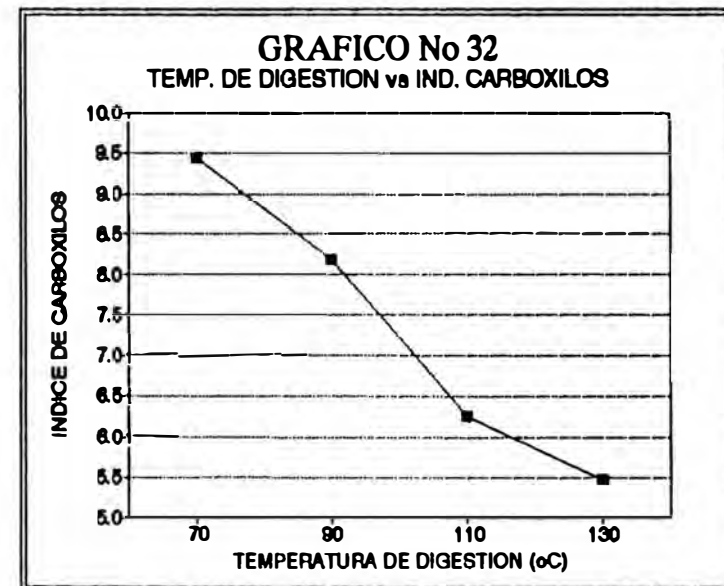
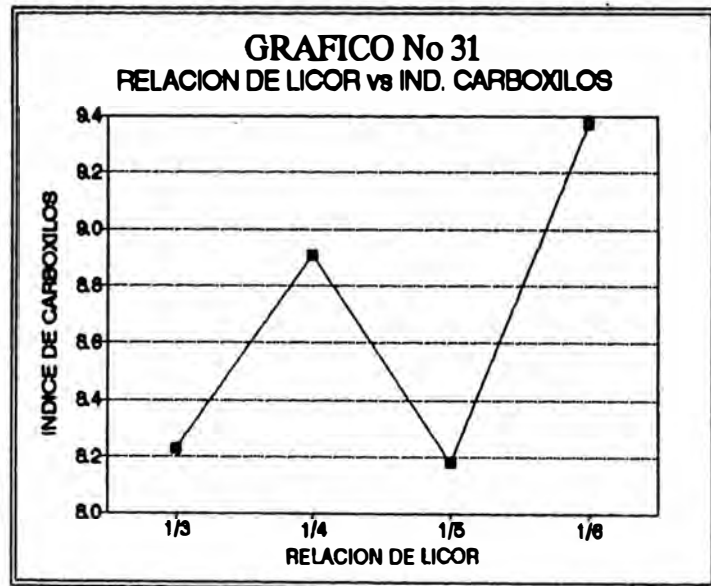
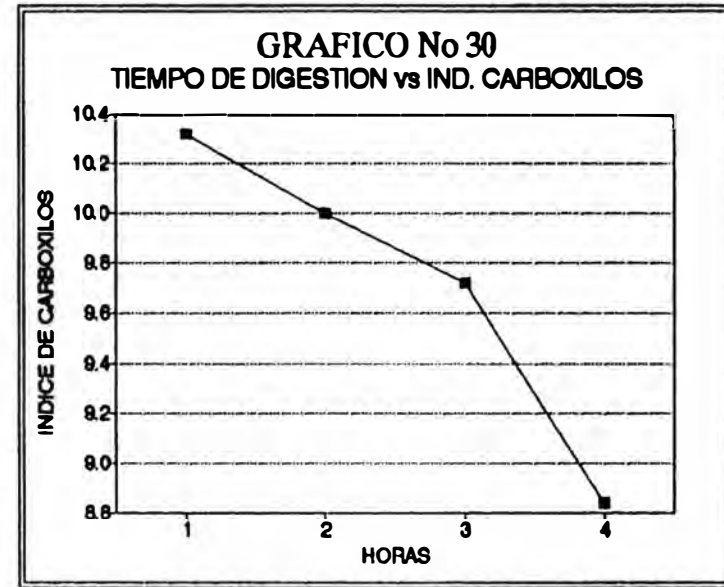


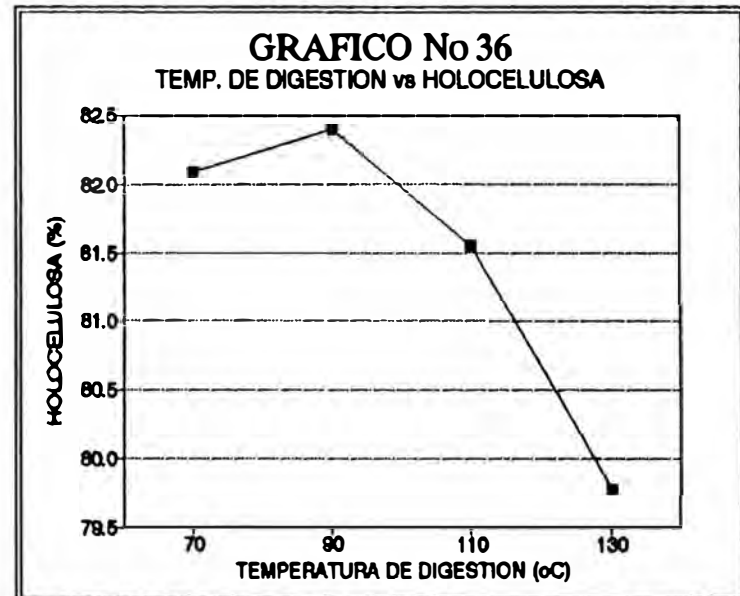
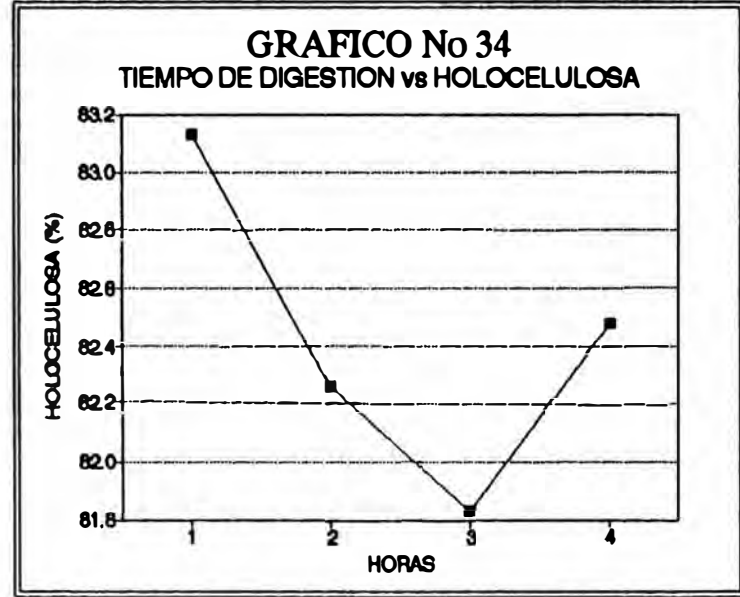
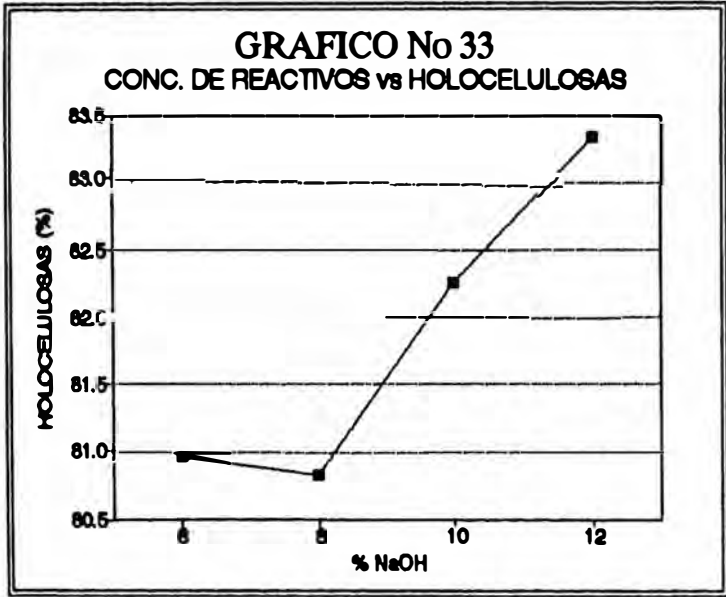
**GRAFICO No 27**  
RELACION DE LICOR vs INDICE DE CLORO



**GRAFICO No 28**  
TEMPERATURA DE DIGESTION vs IND. CLORO

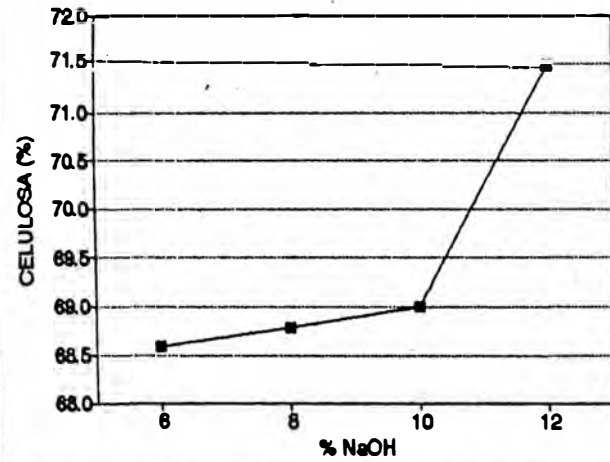




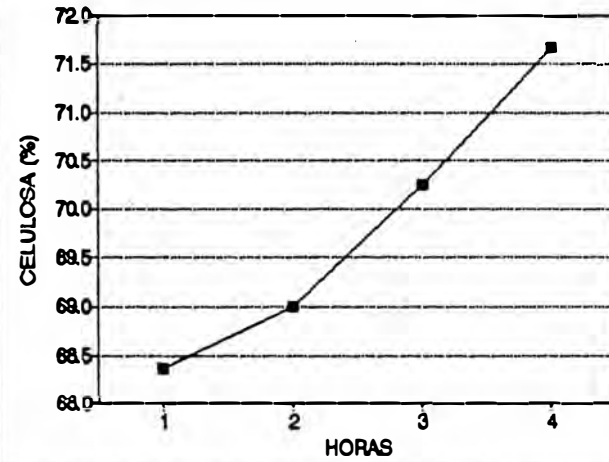




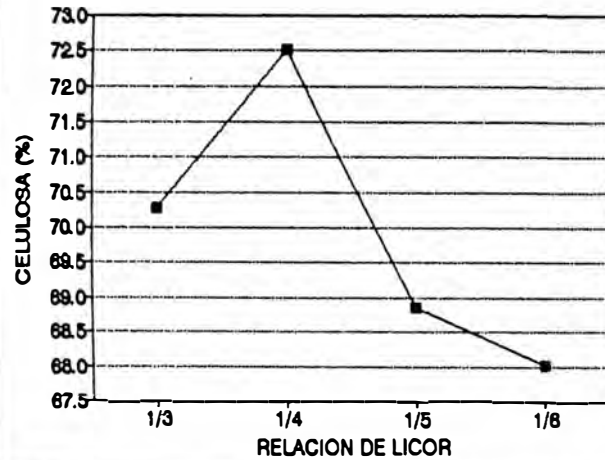
**GRAFICO No 37**  
CONC. DE REACTIVOS vs CELULOSA



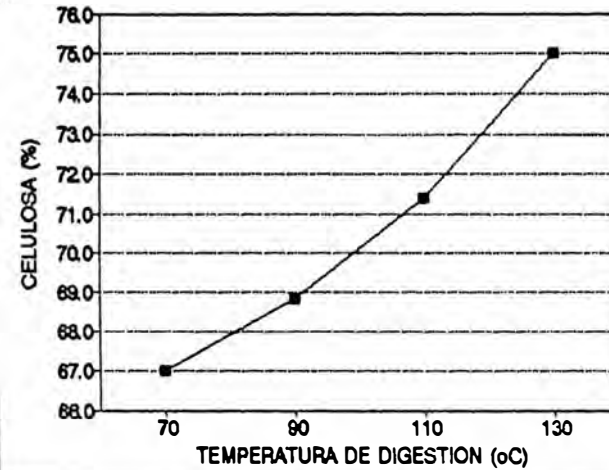
**GRAFICO No 38**  
TIEMPO DE DIGESTION vs CELULOSA



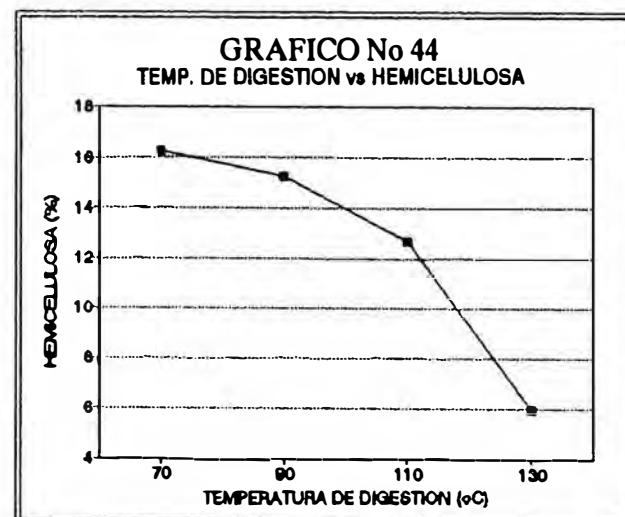
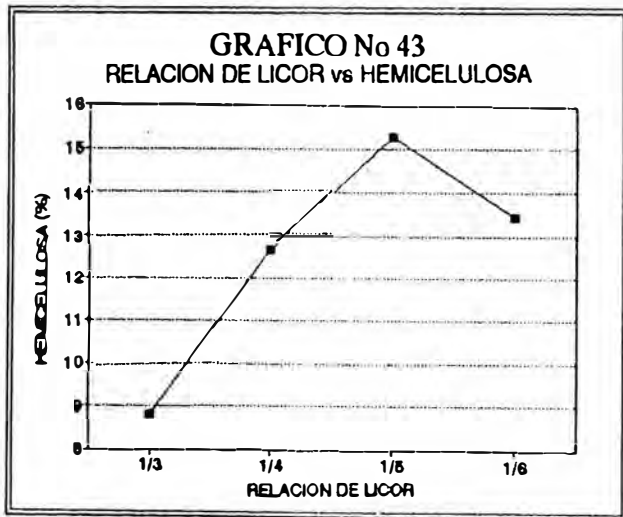
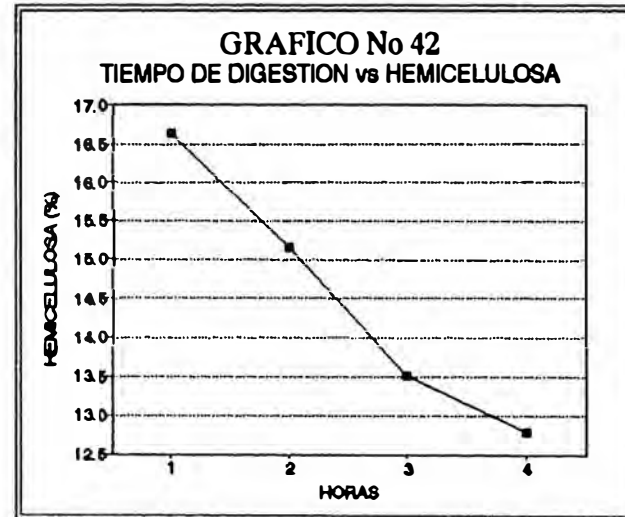
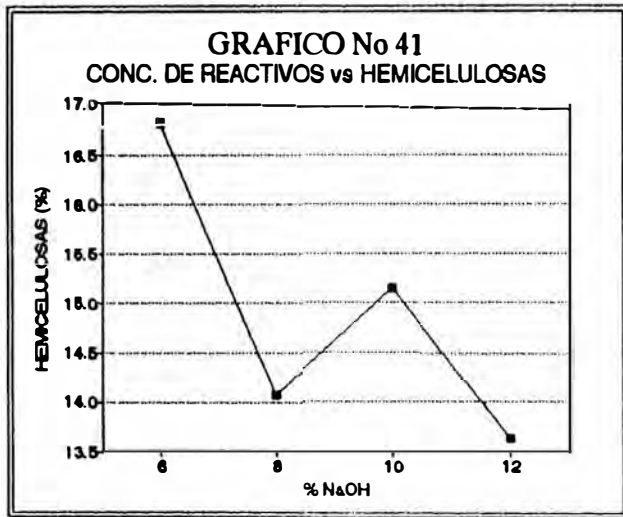
**GRAFICO No 39**  
RELACION DE LICOR vs CELULOSA



**GRAFICO No 40**  
TEMPERATURA DE DIGESTION vs CELULOSA

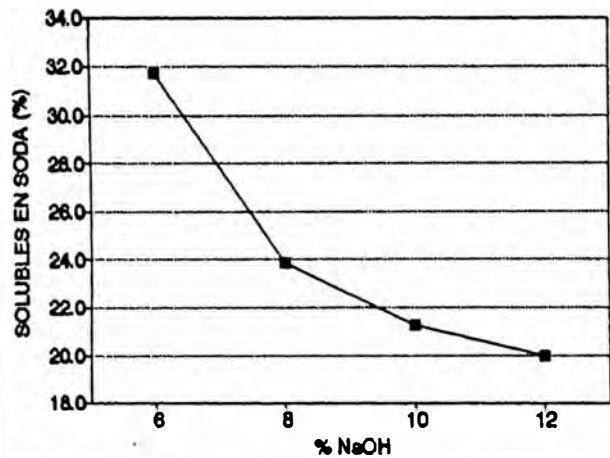






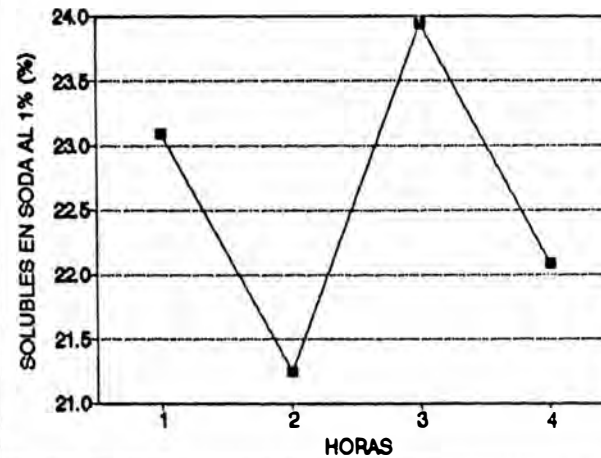
**GRAFICO No 45**

**CONC. DE REACTIVOS vs SOLUBLES EN SODA**



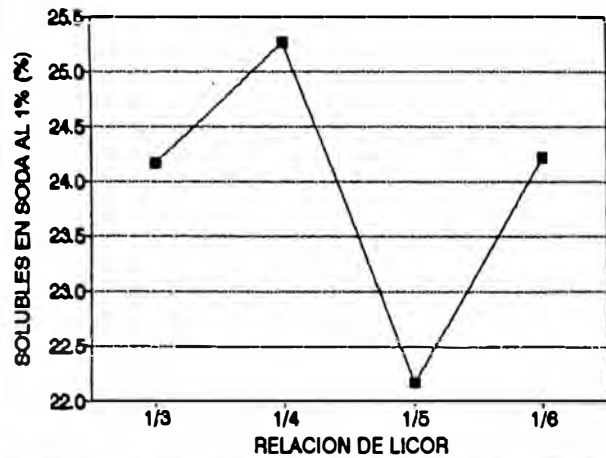
**GRAFICO No 46**

**TIEMPO DE DIGESTION vs SOL NaOH al 1%**



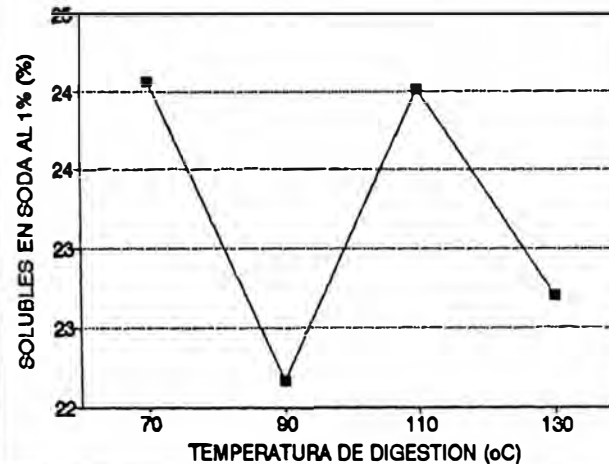
**GRAFICO No 47**

**RELACION DE LICOR vs SOL. EN NaOH al 1%**



**GRAFICO No 48**

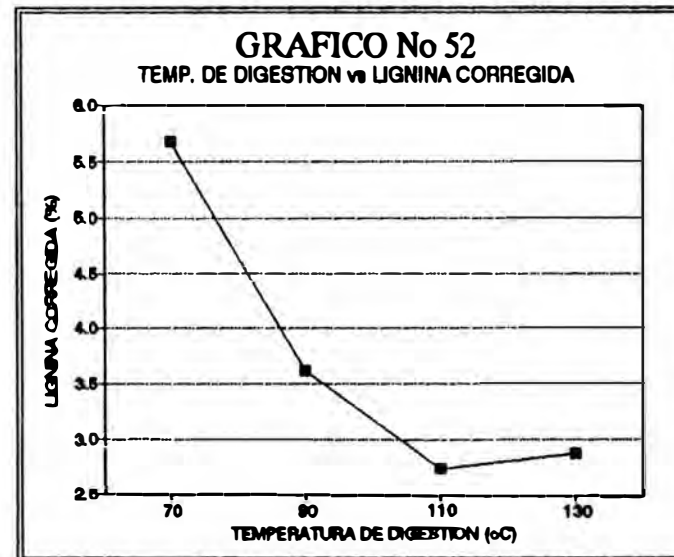
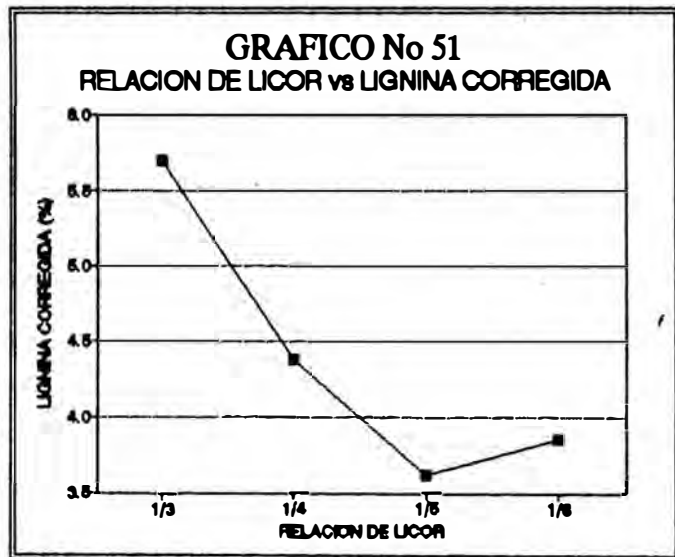
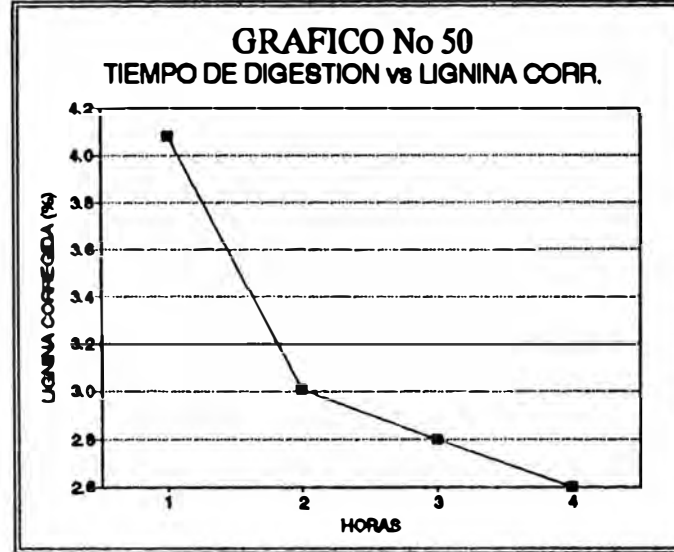
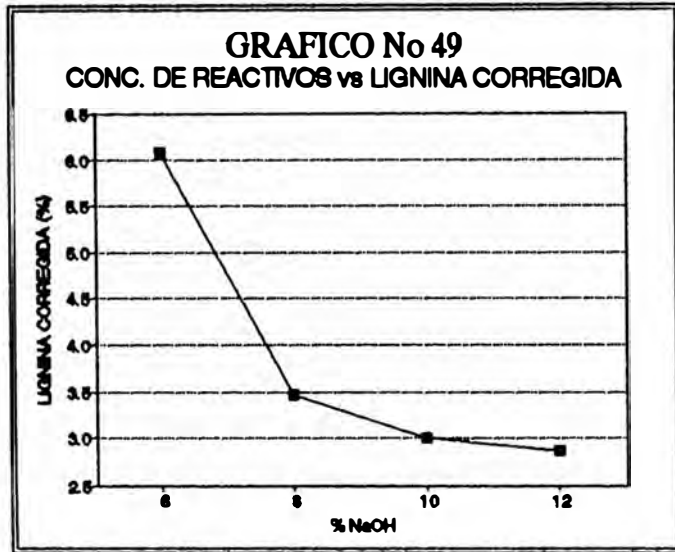
**TEMP. DE DIGESTION vs SOL NaOH AL 1%**



GRAFICOS N° 49 - 108 :

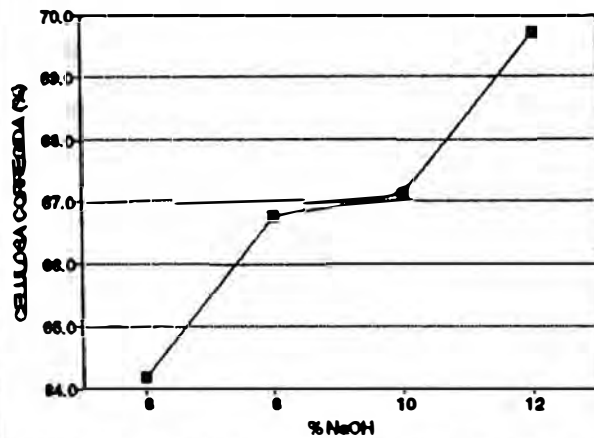
EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS

LAS PULPAS ENSAYADAS



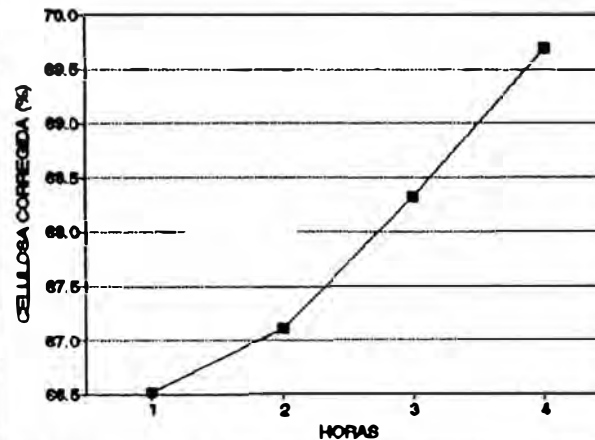
**GRAFICO No 53**

**CONC. DE REACTIVOS vs CELULOSA CORR.**



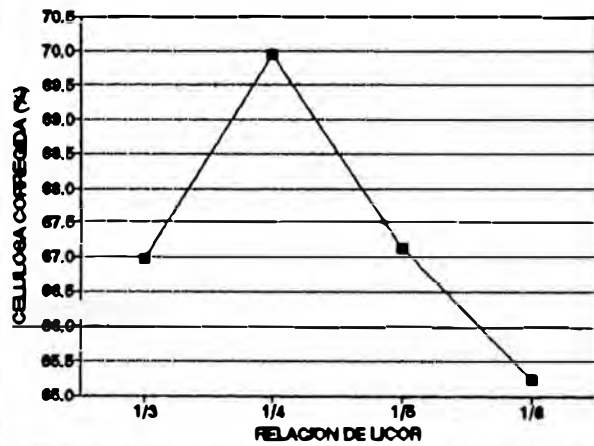
**GRAFICO No 54**

**TIEMPO DE DIGESTION vs CELULOSA CORR.**



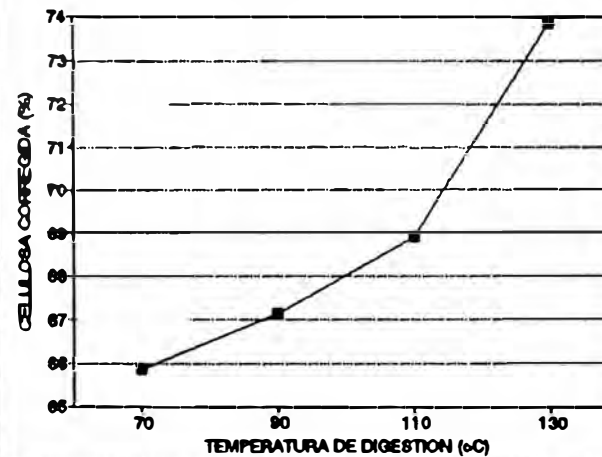
**GRAFICO No 55**

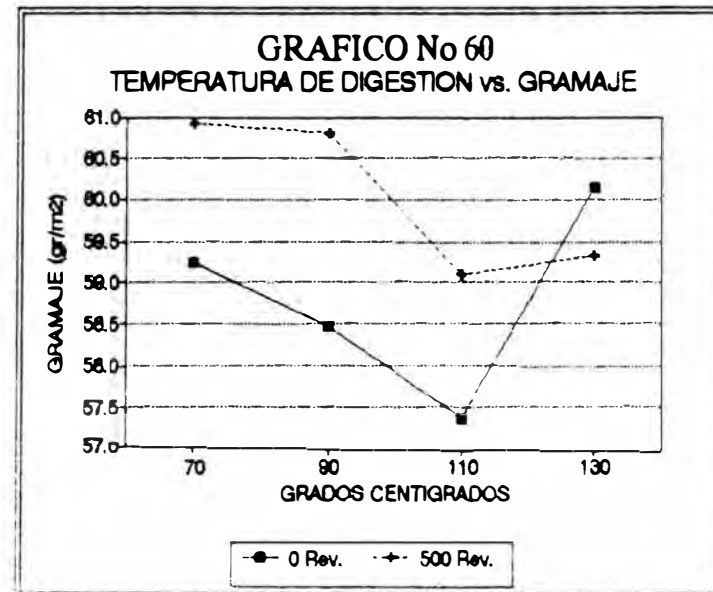
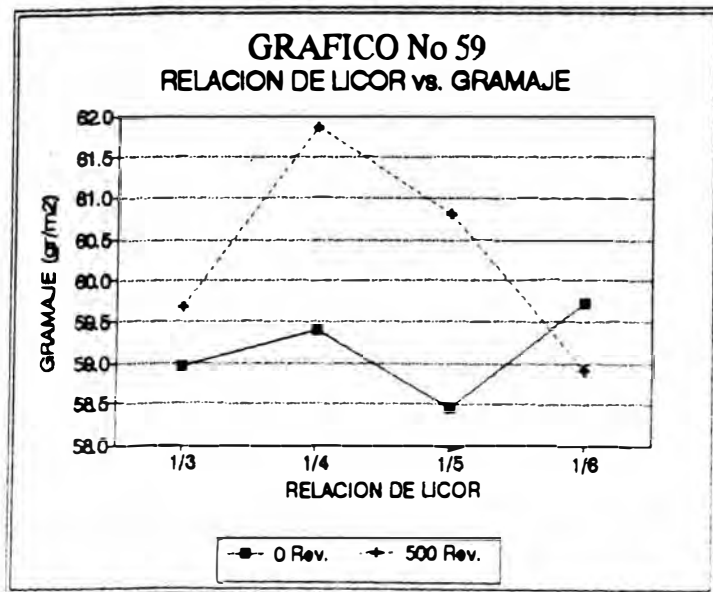
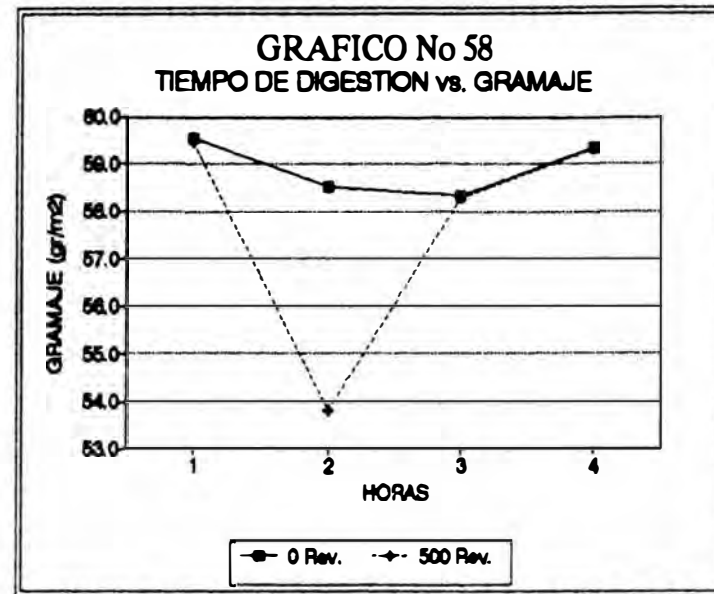
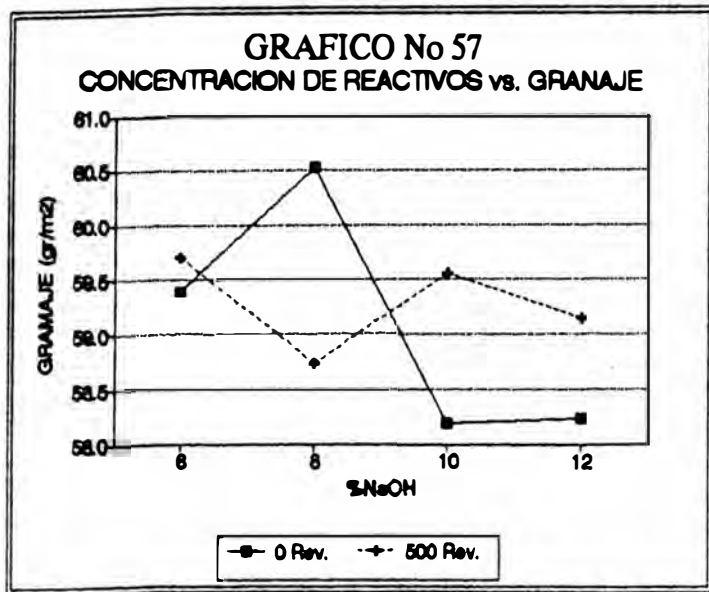
**RELACION DE LICOR vs CELULOSA CORREGIDA**

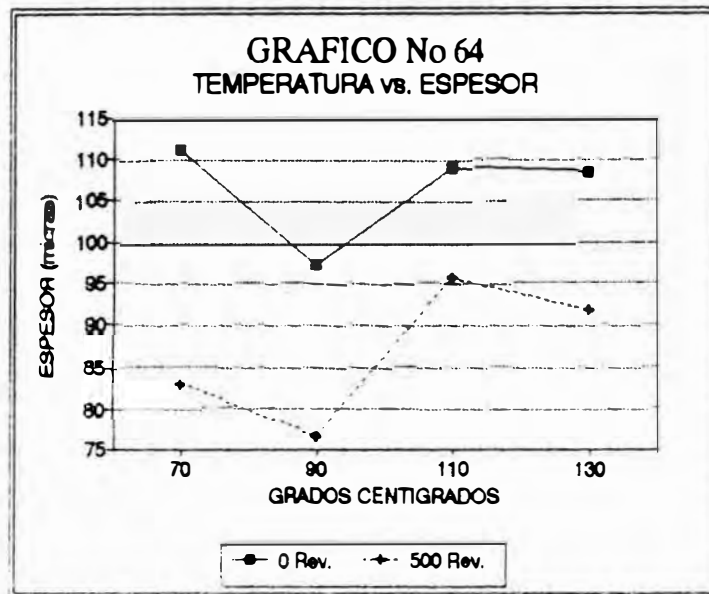
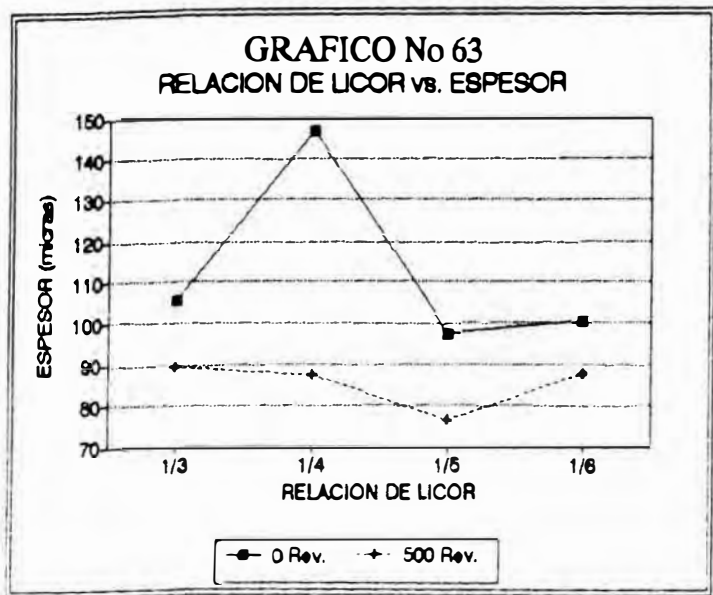
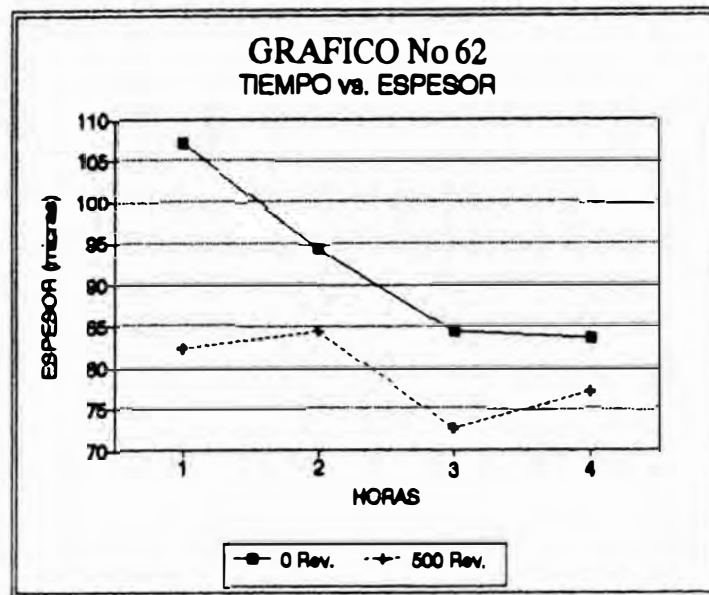
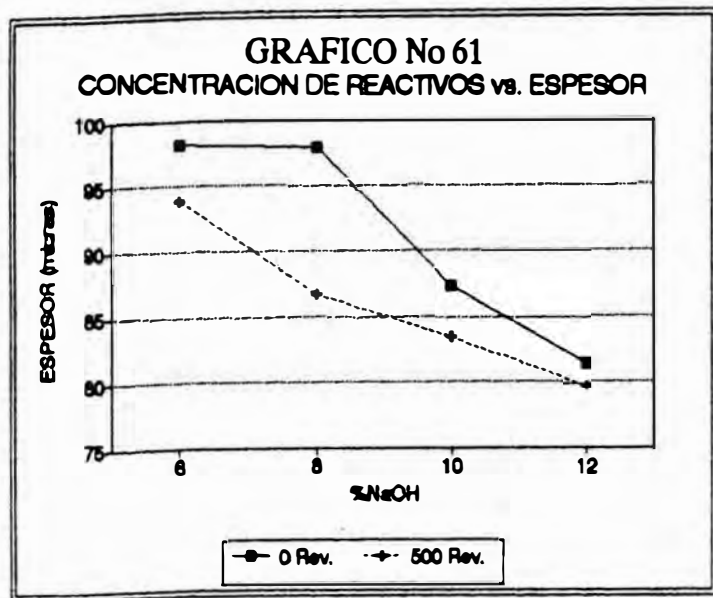


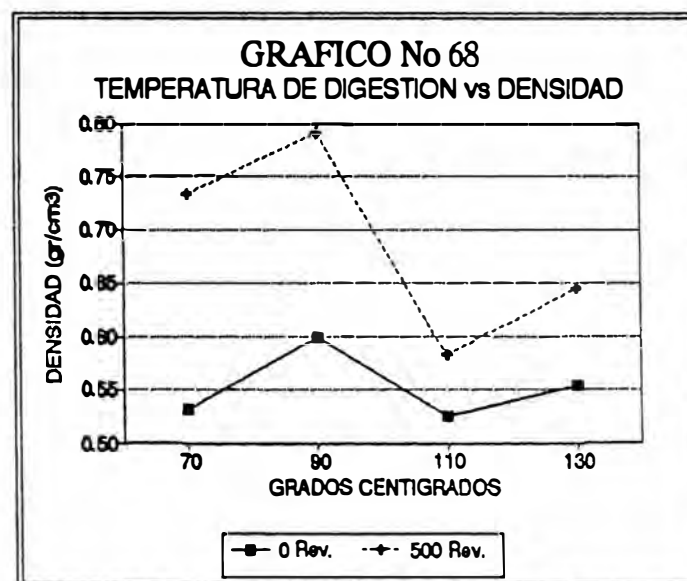
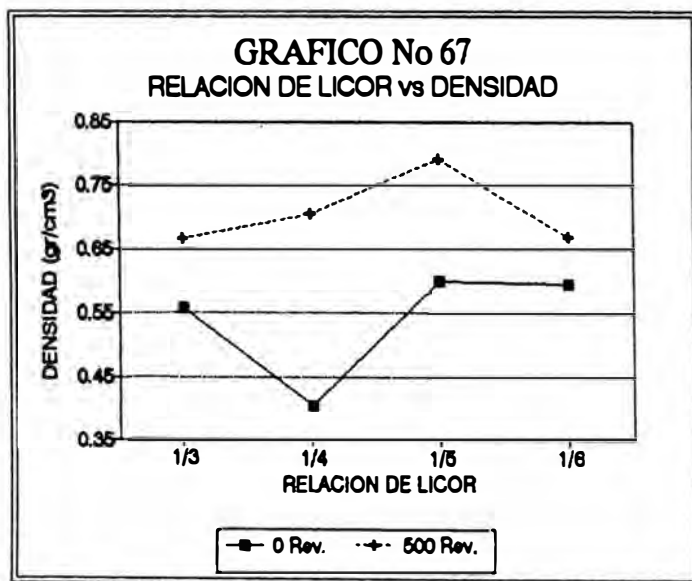
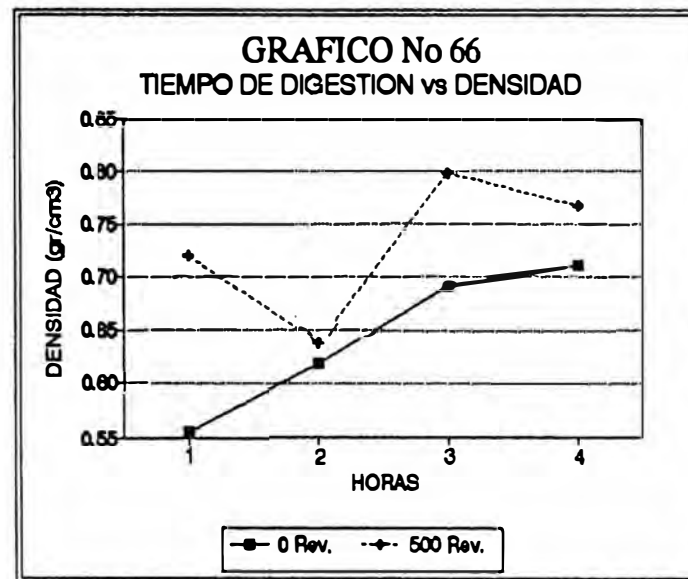
**GRAFICO No 56**

**TEMP. DE DIGESTION vs CELULOSA CORR.**

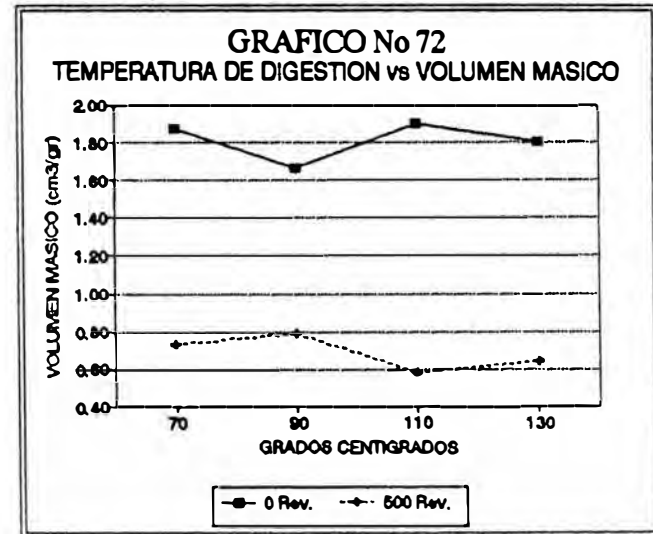
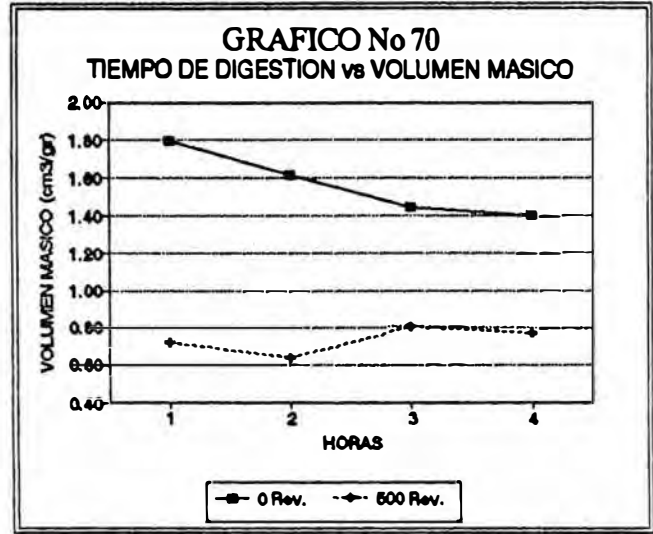
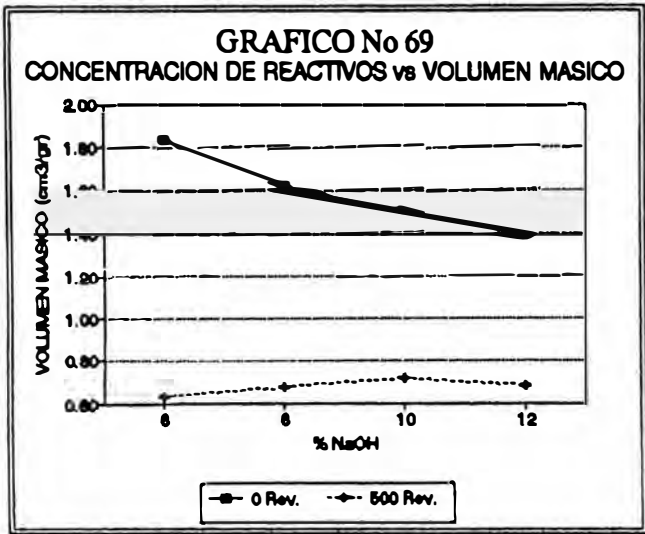


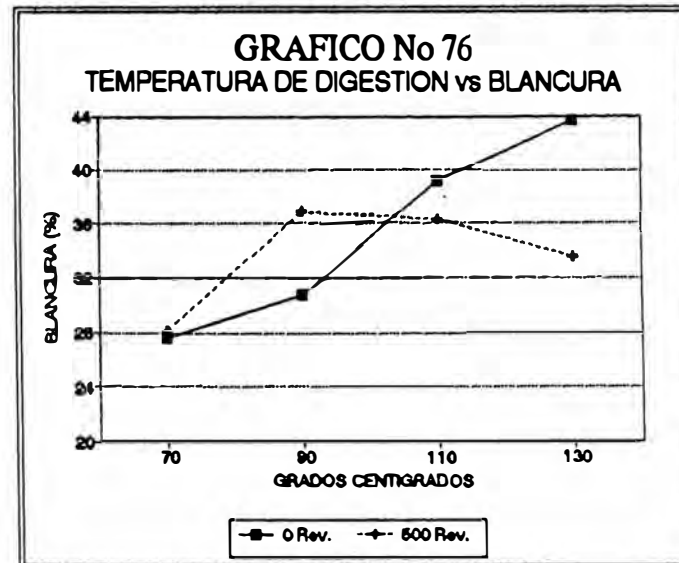
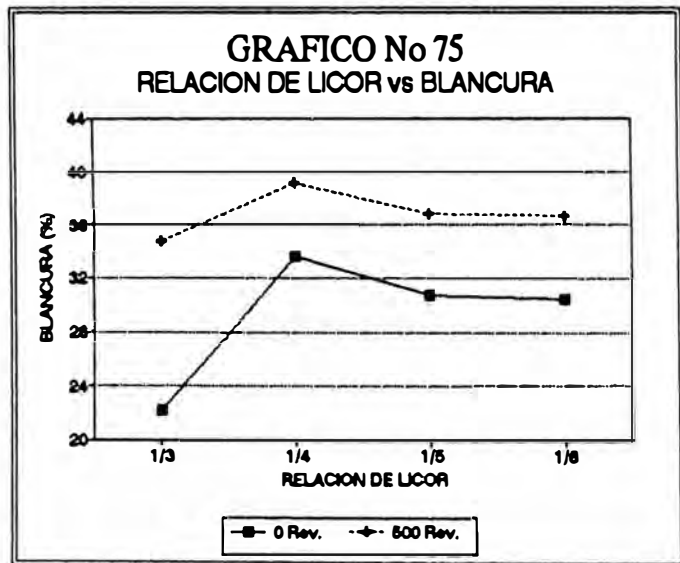
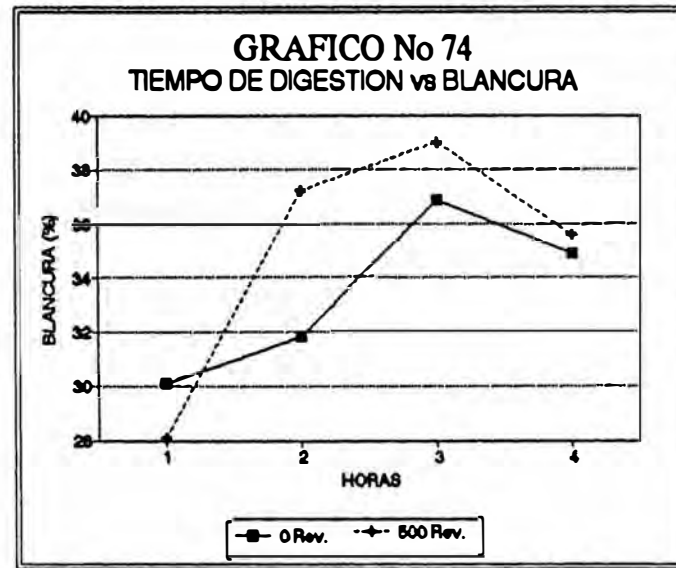
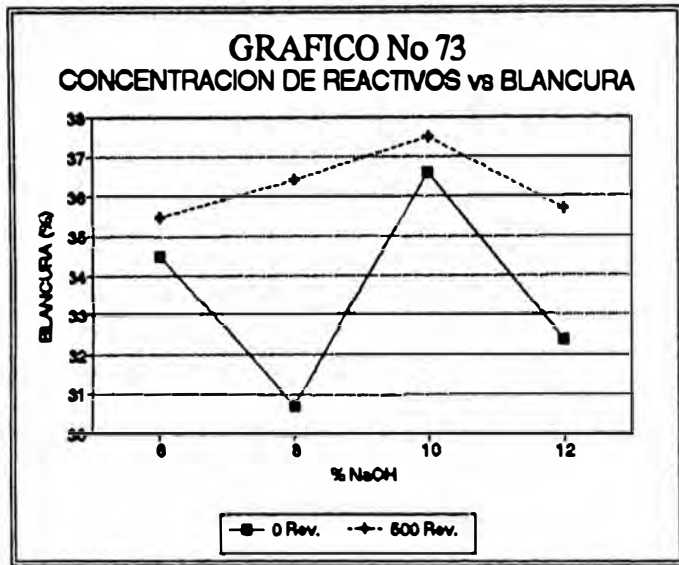


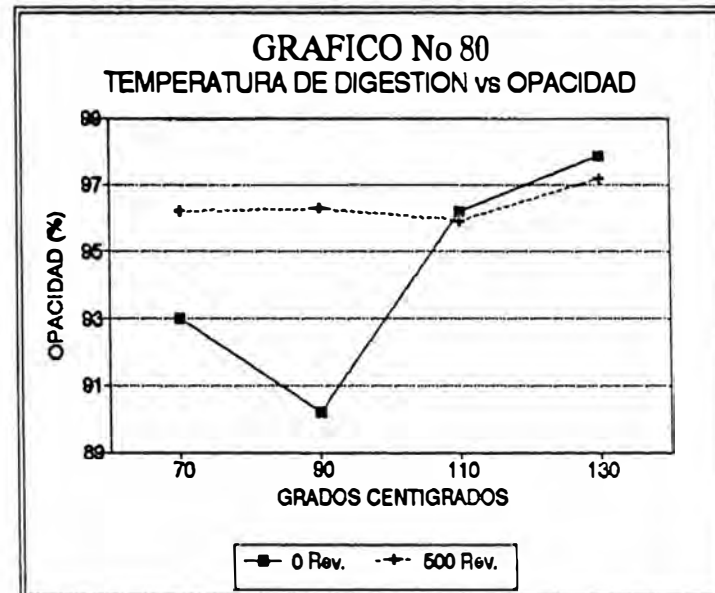
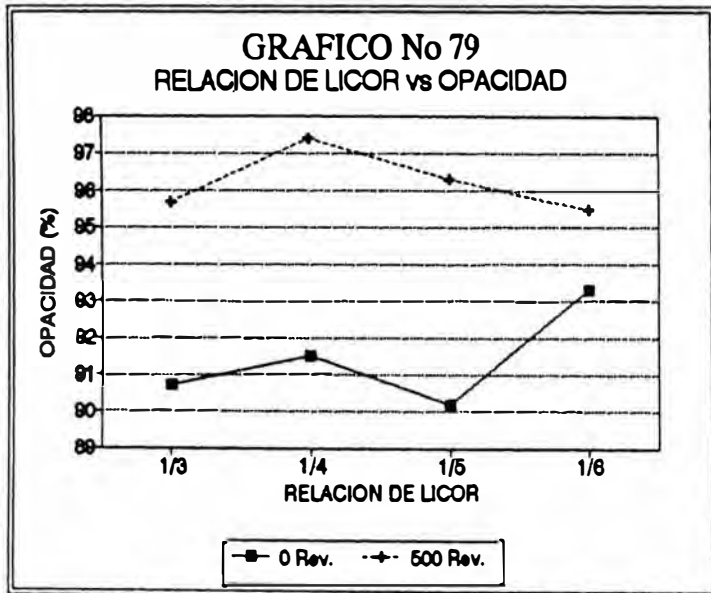
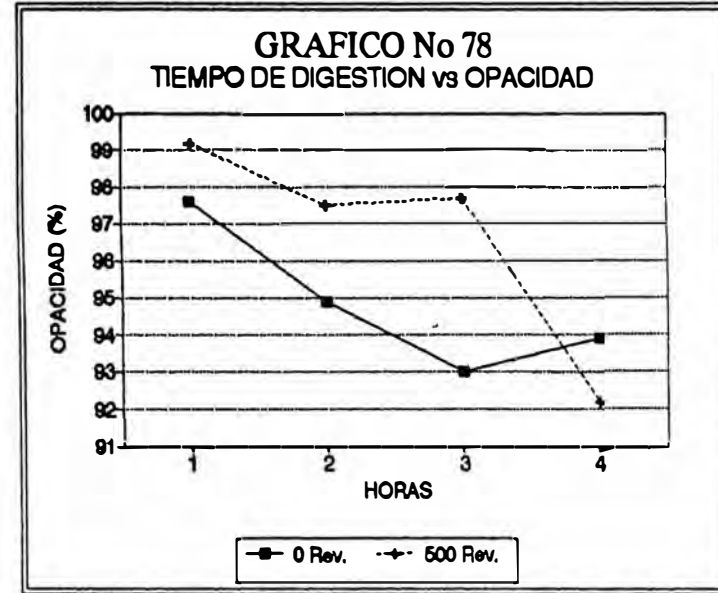
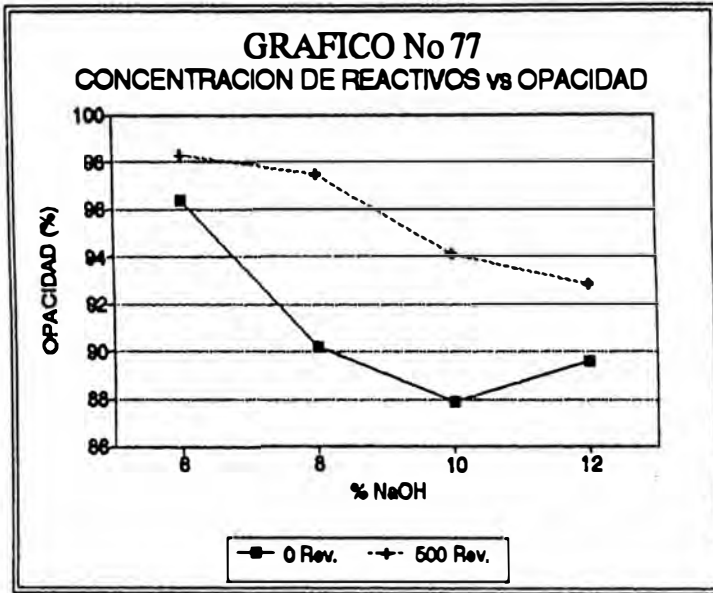




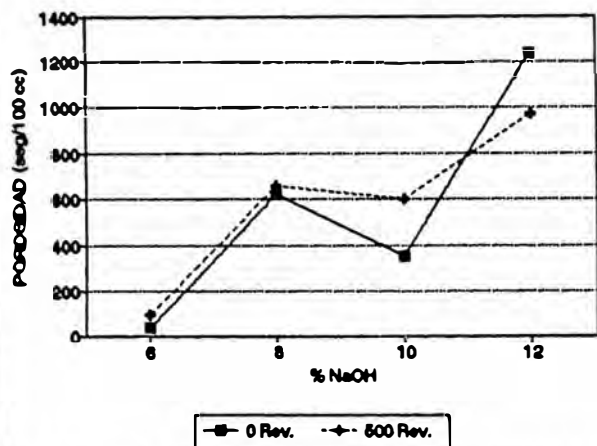




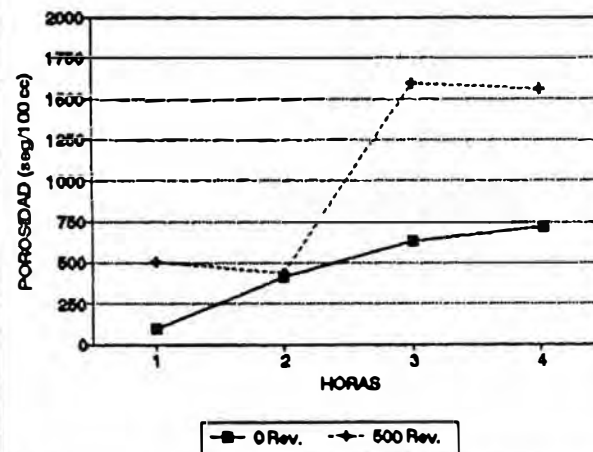




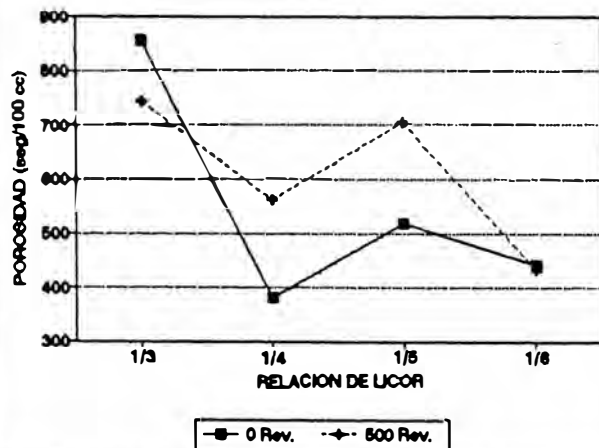
**GRAFICO No 81**  
**CONCENTRACION DE REACTIVOS vs POROSIDAD**



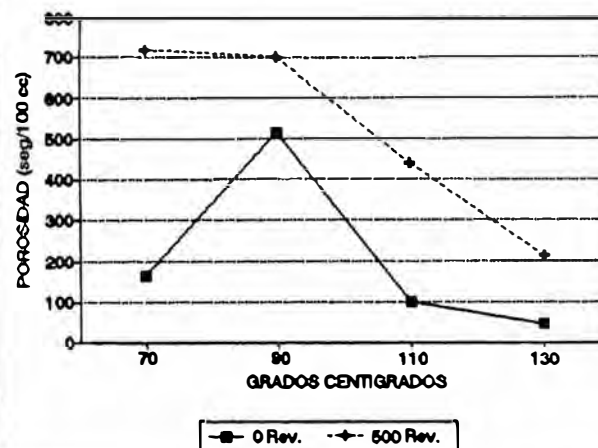
**GRAFICO No 82**  
**TIEMPO DE DIGESTION vs POROSIDAD**

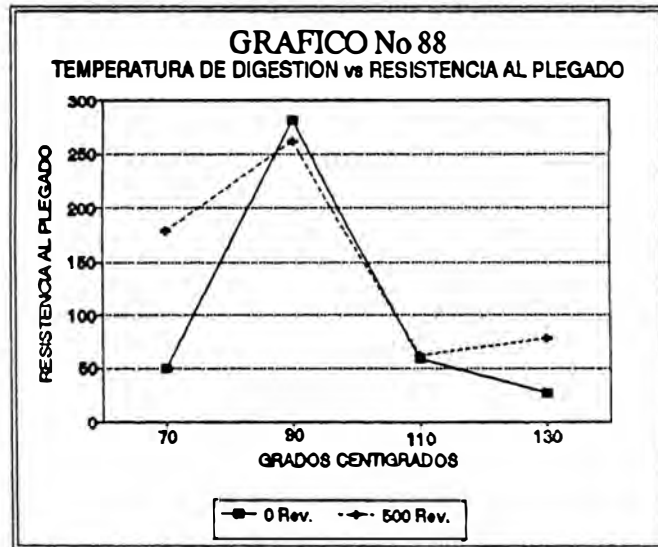
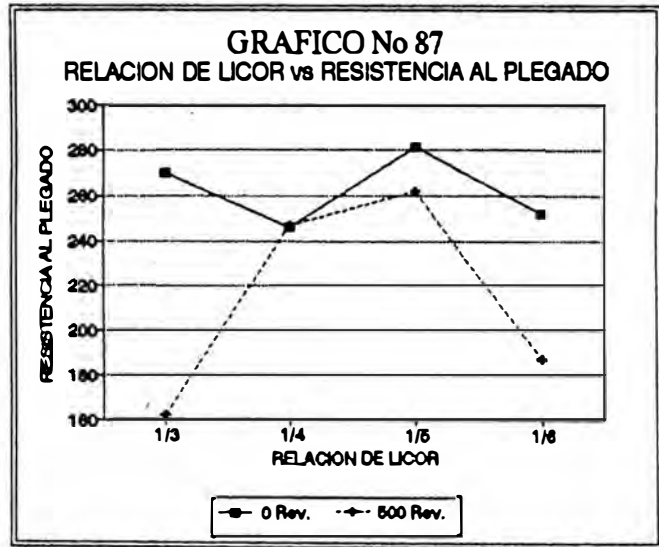
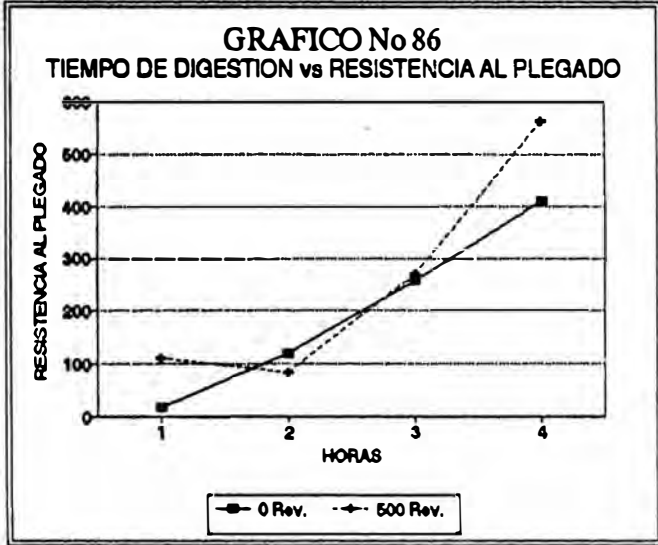
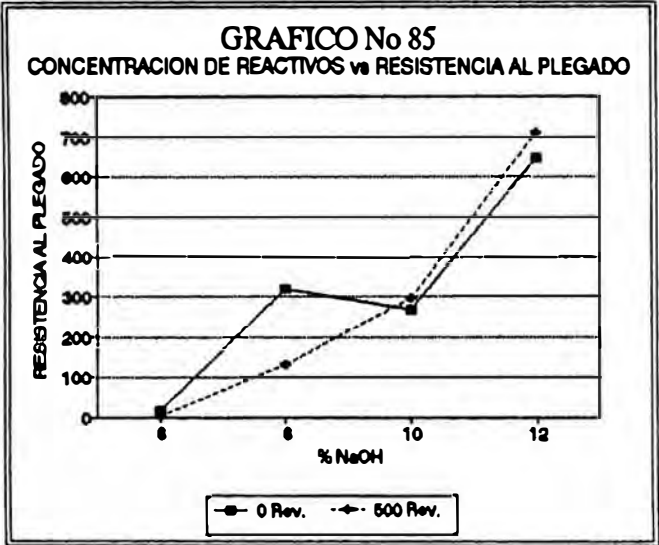


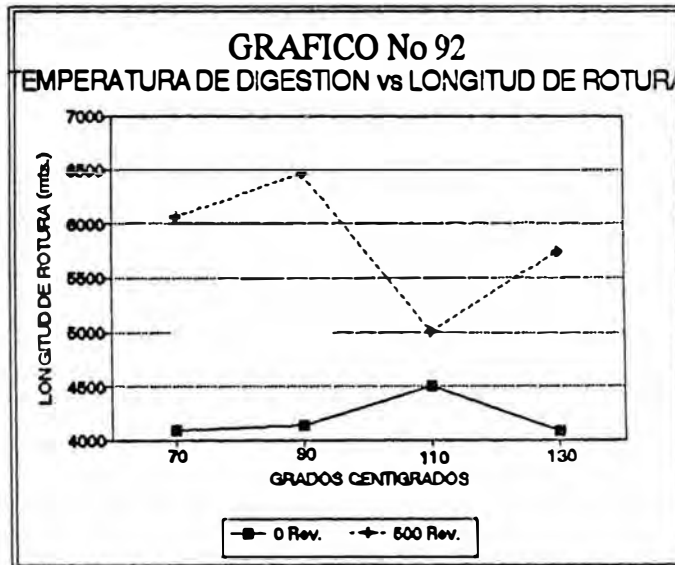
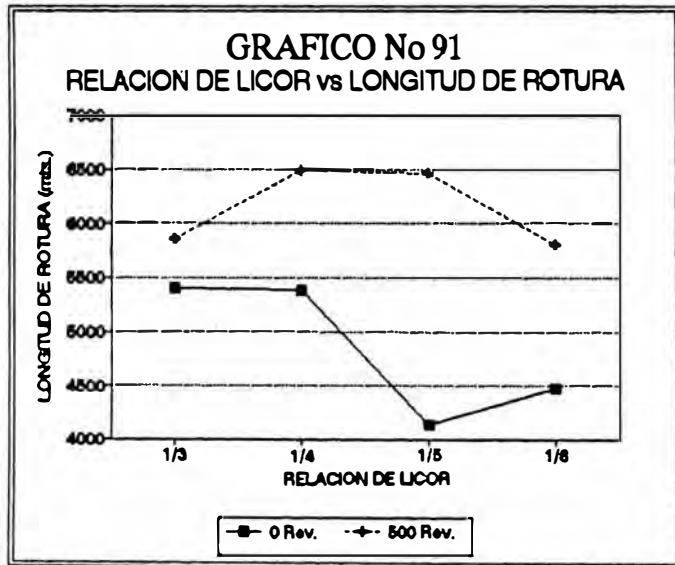
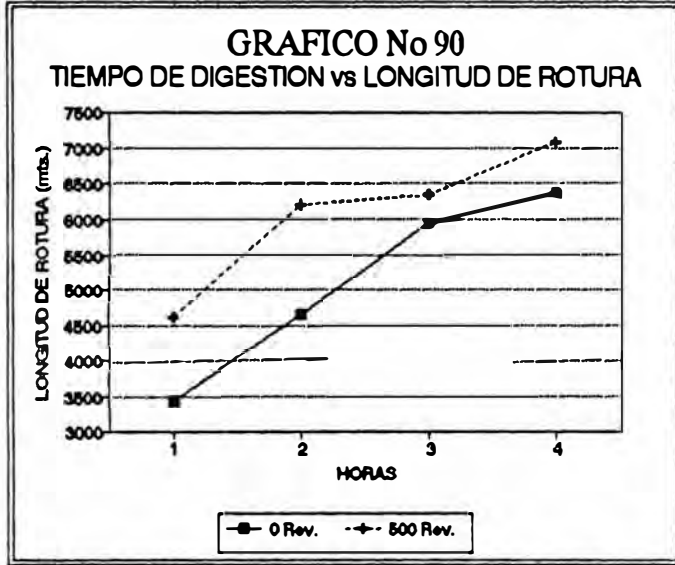
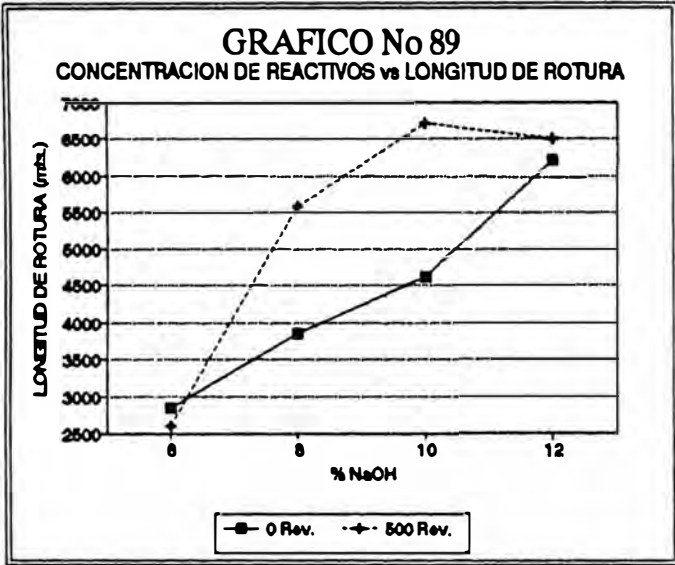
**GRAFICO No 83**  
**RELACION DE LICOR vs POROSIDAD**



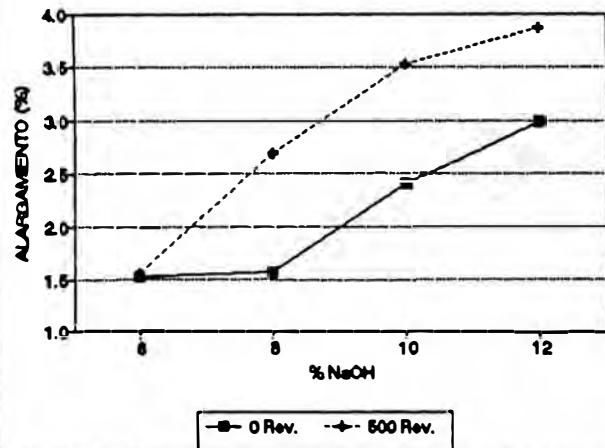
**GRAFICO No 84**  
**TEMPERATURA DE DIGESTION vs POROSIDAD**



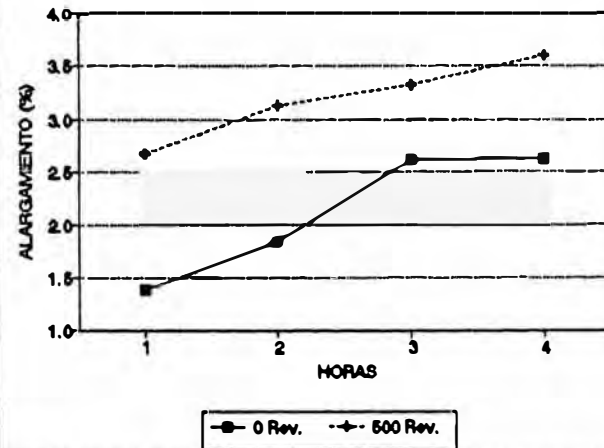




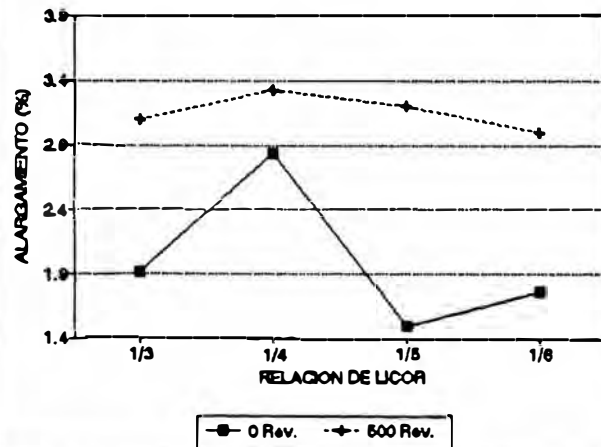
**GRAFICO No 93**  
**CONCENTRACION DE REACTIVOS vs ALARGAMIENTO**



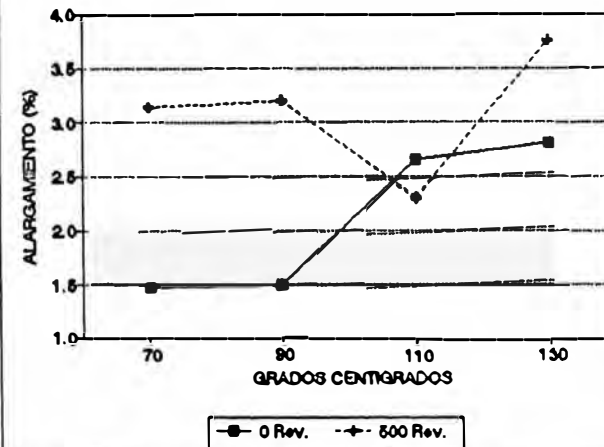
**GRAFICO No 94**  
**TIEMPO DE DIGESTION vs ALARGAMIENTO**



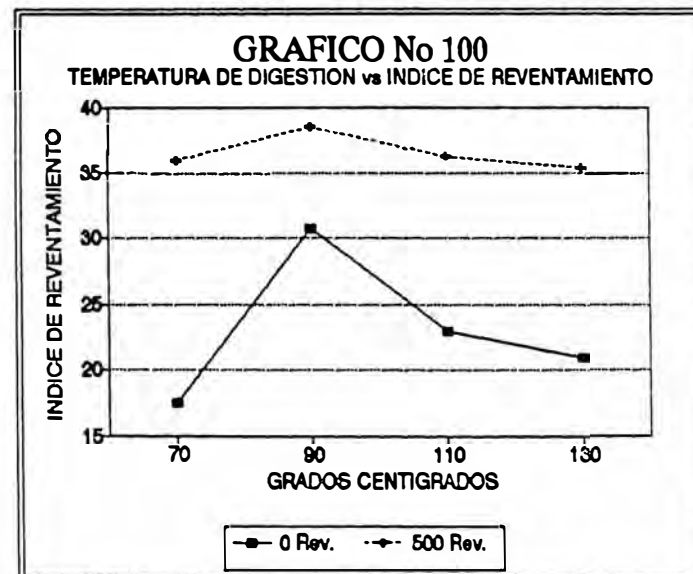
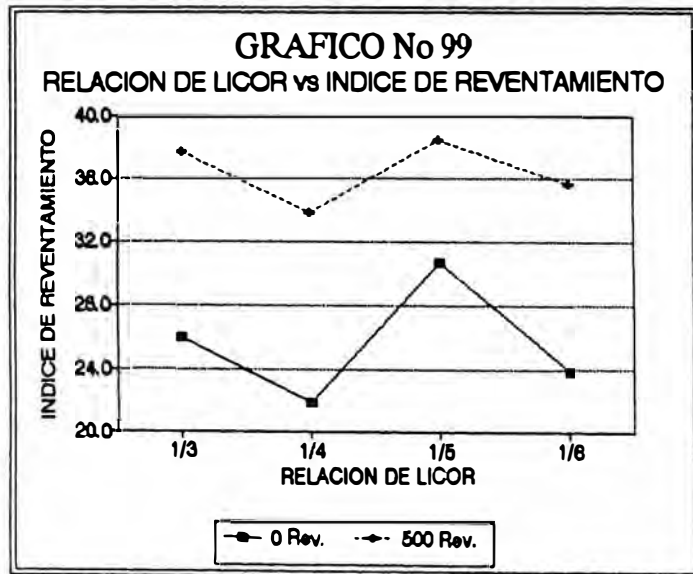
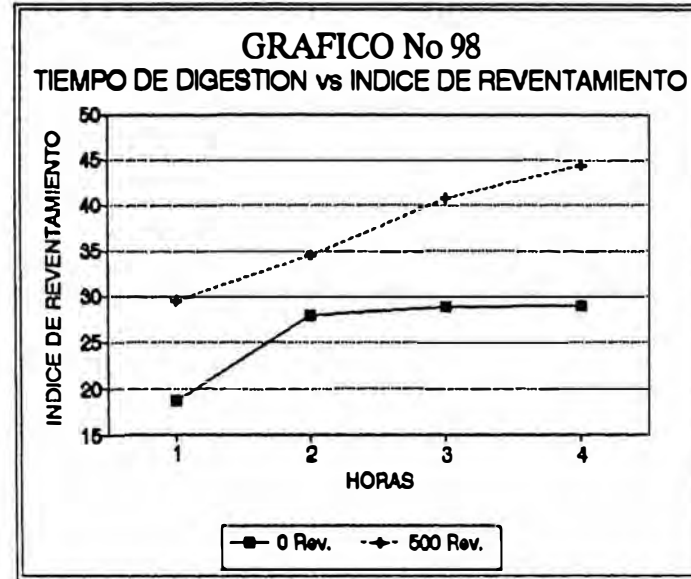
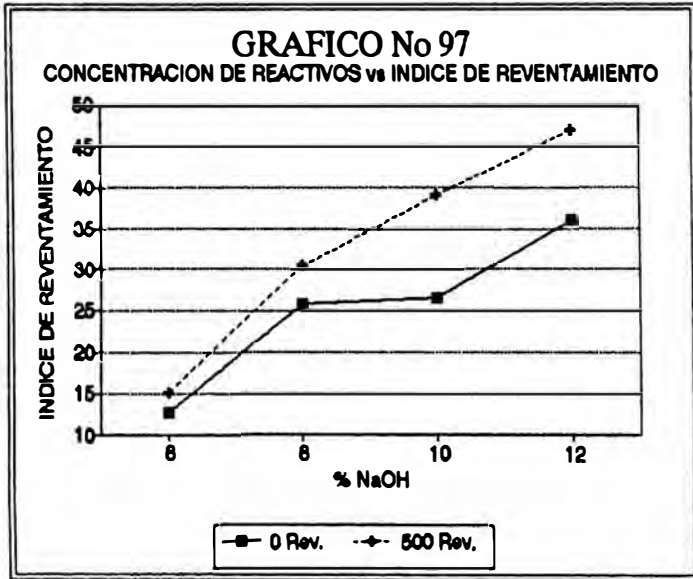
**GRAFICO No 95**  
**RELACION DE LICOR vs ALARGAMIENTO**



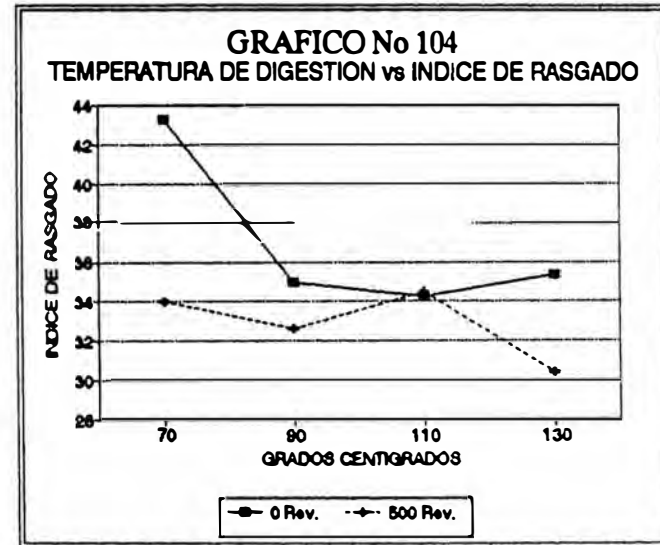
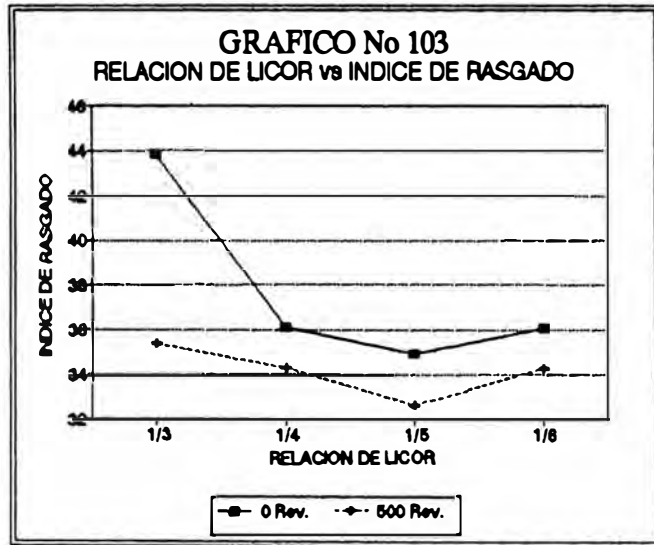
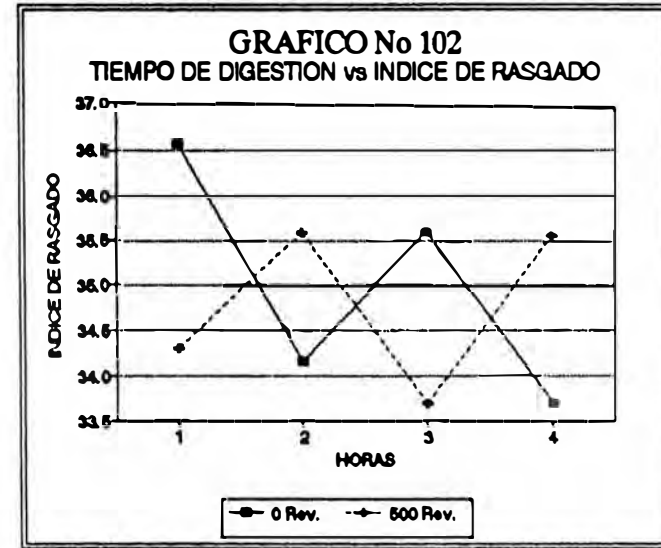
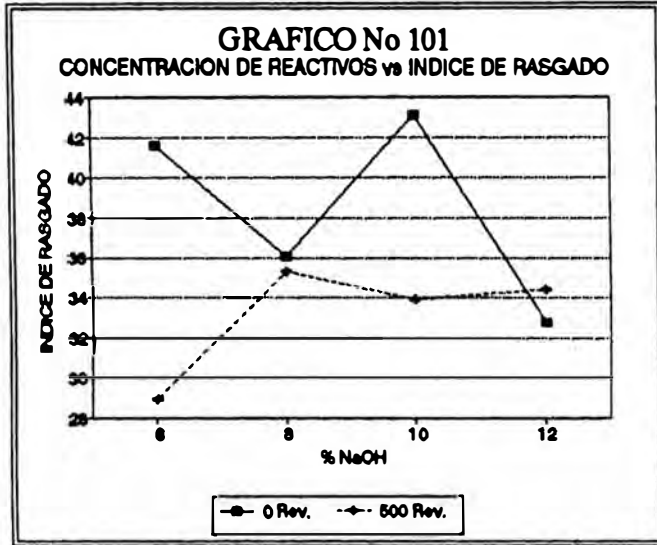
**GRAFICO No 96**  
**TEMPERATURA DE DIGESTION vs ALARGAMIENTO**

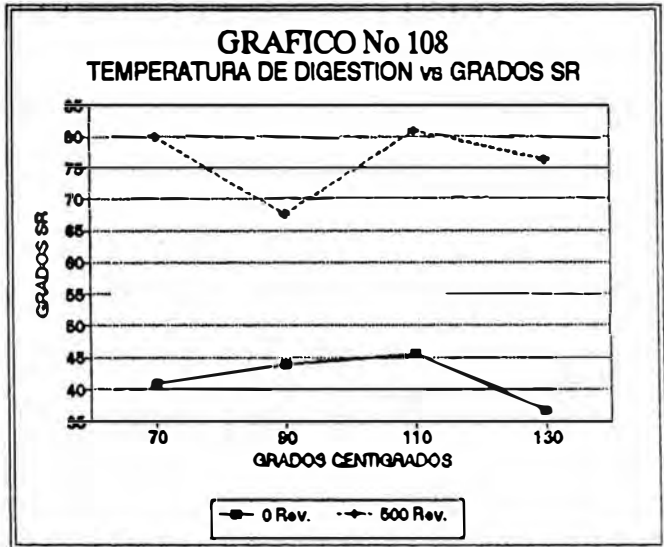
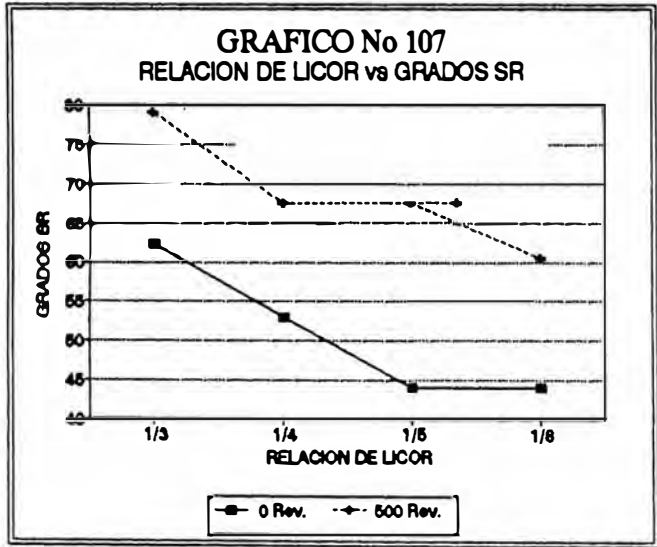
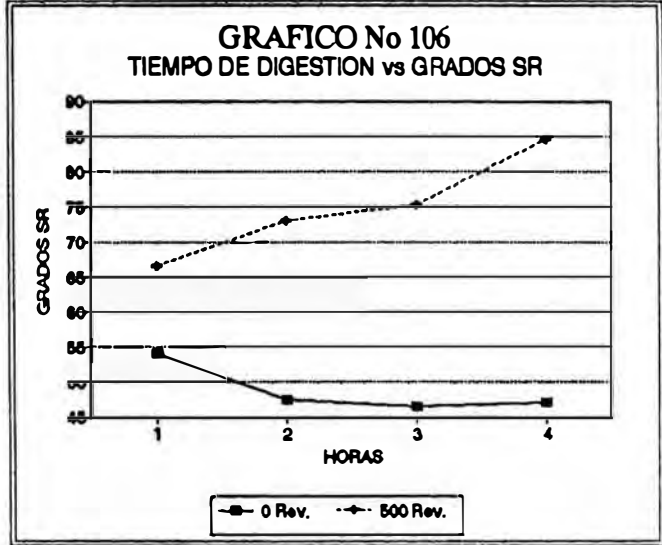
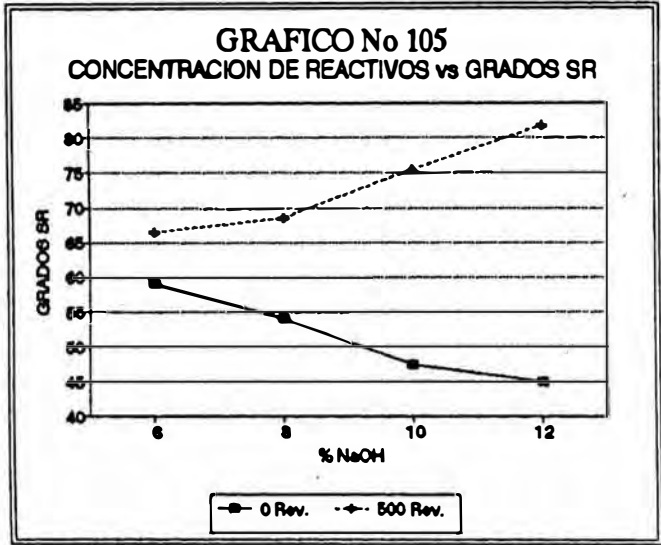












APENDICE F -2

MASA TOTAL DE LOS RIOS DE LA COSTA PERUANA  
POR UNIDAD DEPARTAMENTAL (miles m3.)

UNIDAD DEPARTAMENTAL AGRARIA	AÑO				
	1,985	1986	1987	1988	1989
U.D.A. I					
Zarumilla	14,110	22,816	757,516	4,349	640,738
Tumbes	1,073,863	3,389,487	7,797,419	1,918,543	6,108,685
U.D.A. II					
Chlra Ciruelo	1,287,740	1,959,205	2,238,840	1,441,592	4,025,142
Chira	883,783	671,020	2,719,352	560,407	2,062,842
Chipillico	27,060	39,774	58,992	9,068	87,265
Quilroz	51,958	57,125	94,639	47,402	263,369
Plura	476,201	193,087	1,234,190	47,123	1,351,225
U.D.A. III					
Motupe	34,021	28,882	38,545	23,129	49,085
La Leche	98,907	103,077	117,753	79,725	146,179
Ch. Lambayeque	443,043	1,007,697	914,679	928,460	1,318,715
Zaña	104,902	192,223	184,983	121,887	211,902
U.D.A. IV					
Jequetepeque	236,492	500,455	559,207	957,425	1,201,539
Chicama	222,505	414,778	545,161	383,547	868,190
Moche	77,945	177,954	188,778	157,566	276,979
Virú	18,058	59,823	94,102	75,033	109,668
U.D.A. V					
Santa	5,360,887	10,260,279	7,748,998	9,173,318	8,776,945
Nepeña	18,937	602,361	86,837	40,324	461,593
Casha	139,126	140,254	107,732	104,732	258,520
Sechín	36,286	31,050	22,500	5,099	52,553
Huarmey	filt.	—	—	—	—
U.D.A. VI					
Fortaleza	60,471	104,284	163,548	106,981	173,039
Pativilca	949,825	1,152,689	1,691,284	1,327,339	1,643,648
Supe	47,930	63,602	66,683	92,092	185,441
Huaura	1,246,653	1,536,519	1,000,595	822,880	1,455,863
CHlo	153,417	159,879	80,459	113,791	135,561
Chancay Huaral	391,678	577,620	463,652	411,383	586,417
Chillón	234,745	195,411	190,780	248,996	272,379
Rímac	858,157	1,086,850	905,837	784,207	992,168
Lurín	127,643	137,492	109,036	116,032	180,366
Mala	567,345	859,340	491,570	396,815	986,800
Cañete	1,234,130	2,513,568	1,183,986	925,470	1,433,558
U.D.A. VII					
San Juan	357,399	524,206	269,921	178,102	483,784
Pisco	1,297,199	1,287,759	526,135	71,758	1,015,487
Ica	300,954	418,519	158,504	208,851	355,439
Grande	84,276	231,750	44,401	141,306	213,722
Ingenio	67,019	131,320	32,613	30,157	192,060
Palpa	18,583	88,040	11,645	16,231	55,541

## APENDICE F - 3

### DEFINICIONES

**ALARGAMIENTO POR TENSION**, porcentaje de elongación promedio determinado de acuerdo a lo establecido en TAPPI-220 os-71.

**CELULOSA**, producto de la fotosíntesis. Resultado de una larga cadena de unidades deshidratadas  $\beta$ -D-glucosa conectadas por sus carbonos 1-4. Forma zonas cristalinas responsable de la alta tenacidad de la celulosa y resistente al ataque químico y zonas amorfas responsables de la elasticidad, elongación e hinchamiento, determinada de acuerdo al Método de Kurschner y Hoffner .

**CELULOSA CORREGIDA POR CENIZA**, se determina el porcentaje de ceniza en la pulpa o papel y se descuenta del total del porcentaje de celulosa.

**CENIZAS**, minerales presentes en el tejido leñoso como oxalatos y carbonatos o como minerales unidos a los grupos carboxilos de los carbohidratos, se determina de acuerdo a lo establecido en ISO R-1762.

**CENTRO DE COLECCION DE PAJA**, lugar donde la paja se recolecta y es mantenida en grandes cantidades para su futuro transporte a la fábrica, se realiza la compra en un solo lugar y con una sola persona responsable.

**DENSIDAD**, gramos por centímetro cúbicos promedio de las hojas de ensayo de la pulpa.

**DIGESTION o COCCION**, tratamiento realizado a la materia prima con el propósito de disolver la lignina y otras porciones no celulósicas, separar las fibras susceptibles de volver a unirse entre sí para formar papel.

**ESCLERENQUIMA**, es un complejo de células de paredes delgadas generalmente limnificadas las cuales dan resistencia a la planta. Tienen varias capas para es darle fortaleza contra el dobléz, el peso y la presión.

**ESPESOR**, espesor promedio de las hojas de pulpa

determinado de acuerdo a TAPPI-220 os-71.

**ESTUDIO BIOMETRICO**, estudio sobre las dimensiones de la fibra : longitud, diámetro y ancho.

**EXTRACTIVOS**, material extraño infiltrado en la pared celular representados por un amplio rango de componentes orgánicos y se eliminan por extracción con solvente.

**EXTRACTIVOS EN ALCOHOL-BENCENO**, se usa como solvente de extracción la mezcla alcohol-benceno de acuerdo a lo establecido en TAPPI 6 os-59.

**EXTRACTIVOS EN SODA AL 1%**, determina el contenido de solubles que son fuente de cultivo de micro-organismos cuya fermentación degrada o deteriora el material de acuerdo a lo establecido en ITINTEC 271.010.

**FIBRA**, células de esclerénquima alargadas ahusadas con pared delgada y una pared secundaria con o sin lignina para soporte.

**GRADO DE BLANCURA**, factor de reflectancia difundida intrínseca determinada a la longitud de onda efectivo de 457 mm. haciendo uso de un reflectómetro de acuerdo a lo establecido en ITINTEC 272.077.

**GRADO DE REFINO**, intensidad con la que se aplica el refinado afectando las propiedades físico-mecánicas del papel.

**GRAMAJE**, peso promedio por unidad de área de la hoja de pulpa determinado de acuerdo a TAPPI-220 os-71.

**HEMICELULOSA**, "impurezas en la celulosa" que produce la formación de zonas amorfas constituyendo zonas de debilidad para el ataque químico.

**HOJAS DE ENSAYO**, son hojas de prueba de pulpas antes y/o después de batidas para la determinación de las propiedades físicas y mecánicas fabricadas de acuerdo al procedimiento establecido en la Norma TAPPI-205 m-58.

**HOLOCELULOSA**, fracción total de polisacaridos de la materia fibrosa.

**HUMEDAD EN HOJAS DE ENSAYO**, se estima la humedad de las hojas hechas en Laboratorio con el fin de corregir los

resultados de algunos ensayos físicos de acuerdo a la Norma TAPPI-220 os-71.

**INDICE DE CARBOXILOS**, indica la capacidad de intercambio iónico de las pulpas determinado de acuerdo a lo establecido en el Método de  $\text{NaHCO}_3\text{-ClNa}$ .

**INDICE DE CLORO**, determina el grado de delignificación de la pulpa a través de la cantidad de cloro activo consumido de acuerdo a la Norma SCAN-C 29.72.

**INDICE DE KAPPA**, número de centímetros cúbicos de una solución de permanganato de potasio 0.1N consumidos por un gramo de pulpa seca a la estufa llevados a un consumo del 50% de permanganato agregado determinado de acuerdo a lo establecido en TAPPI 236 su-63 e indica el grado de deslignificación y aptitud al blanqueamiento.

**LIGNINA**, constituyente de las plantas que asume una función de refuerzo mecánica. Esta situada entre las fibras individuales y en las fibras mismas siendo una separación de la celulosa objetivo de la digestión, determinada por el Método de Yaume y Schemp.

**LIGNINA CORREGIDA POR CENIZA**, se determina el porcentaje de ceniza en la pulpa o papel y se descuenta del total del porcentaje de lignina.

**OPACIDAD**, factor de reflectancia realizada sobre un fondo negro de acuerdo a ITINTEC 272-030.

**PENTOSANOS**, moléculas formadas por polimerización de formas anhidras de xilosa, arabinosa y ácido aldobiurónico.

**POROSIDAD**, (permeabilidad del papel al aire) tiempo requerido en segundo para el desplazamiento de un volumen de aire a través de un área específica de papel determinado de acuerdo a ITINTEC 272.018.

**PULPA**, pasta de fibras individuales producto de la digestión compuesta principalmente por celulosa

**PULPA QUIMICA**, cuando la separación se realiza por acción de reactivos químicos en medio acuoso sin un tratamiento mecánico posterior de desfibrado.

**REFINACION**, tratamiento que se realiza a las fibras antes de ingresar a la máquina de papel de forma tal que se puedan conseguir las propiedades deseadas en el papel al que dará origen.

**RESISTENCIA AL RASGADO**, fuerza necesaria para producir el desgarramiento de una sola hoja de pulpa determinado de acuerdo a lo establecido en TAPPI-220 os-71.

**RESISTENCIA AL REVENTAMIENTO**, presión de reventamiento máximo por unidad de área que soporta una hoja determinado de acuerdo a TAPPI-220 os-71.

**RESISTENCIA AL PLEGADO**, valor promedio de dobles pliegues que resiste la hoja de pulpa determinado de acuerdo a lo establecido en TAPPI-220 os-71.

**RESISTENCIA A LA TENSION**, longitud promedio de rotura de las hojas de pulpa o papel cuando éste está sometido a una carga de acuerdo a lo establecido en la Norma TAPPI-220 os-71.

**SILICE**, componente de la ceniza insoluble en ácido que puede causar abrasión determinado por el Método en HCl.

**VOLUMEN MASICO**, centímetros cúbicos por gramo promedio de las hojas de ensayo de la pulpa.