



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

*Facultad de Química*

46

## INFORME DE PRACTICAS PROFESIONALES EN PLANTA CELULOSA DE CELANESE MEXICANA

348

CARLOS RAUL CRISTOBAL  
DE LA PARRA DEL RIO

INGENIERIA QUIMICA

1976



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

CLAS. Tesis  
ADQ. 1976  
FECHA \_\_\_\_\_  
PROC. MT

334



QUIMICA

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE QUIMICA**

**INFORME DE PRACTICAS PROFESIONALES EN PLANTA  
CELULOSA DE CELANESE MEXICANA**

**CARLOS RAUL CRISTOBAL  
DE LA PARRA DEL RIO**

**INGENIERIA QUIMICA**

**1 9 7 6**



A mis padres con afecto y agradecimiento.

A mis hermanos.

A Tere. con todo cariño.

A la M.C. Natalia de la Torre y  
al Ing. Othón Canales por su va-  
liosa asesoría.

A mis compañeros y amigos.

## I N D I C E

	pag.
I. Introducción.	6
II. Descripción del proceso.	8
III. Trabajos encomendados:	
A. Método de operación <u>tentati</u> vo para humectación y cocido.	18
B. Diseño de un precalentador de aire al secador.	52
IV. Conclusiones.	73
V. Bibliografía.	74

## I. INTRODUCCION

La realización de prácticas profesionales en plantas o complejos industriales permite profundizar y aplicar las cátedras impartidas dentro del programa de estudios de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México, ya que la vivencia y conocimiento de la operación práctica de los equipos es necesaria. Lo anterior es factible debido a la gran variedad de equipos instalados como reactores, cambiadores de calor, enfriadores de diversos tipos, sistemas controlados de análisis tanto cualitativo como cuantitativo, sistemas de lavado con agua desmineralizada, sistema de bacheo o por lotes, sistemas contínuos o mixtos, almacenamiento de sustancias tanto tóxicas como corrosivas e inflamables, sistemas de suministro de energéticos como calderas, subestación eléctrica, planta de tratamiento de aguas, laboratorios equipados, planta piloto, etc.

Existe también la oportunidad de ingresar al aprendizaje de la Ingeniería de Mantenimiento, en especial en esta planta que fué construida hace más de dos décadas.

Es importante para el practicante poder conocer una industria de gran alcance como Celanese Mexicana, ya que debido a la forma en que se encuentra estructurada su organización hace más objetiva la decisión del área de trabajo a la

cuál el estudiante desee proyectarse en su vida profesional. Además de esto, la relación humana es un factor muy importante que sólo se aprende con la práctica y tiene un papel muy especial en las experiencias preprofesionales..

Se conoce también la organización interna de una planta que, como en este caso, cuenta con sus departamentos de Ingeniería, Técnico, Producción y Mantenimiento; y así se conoce que responsabilidades y tareas corresponden a cada uno de sus miembros. Además de los mencionados que son los principales, se cuenta con los departamentos de Personal, Relaciones Públicas, Seguridad, Talleres, Relaciones con la Comunidad, etc.

Cabe mencionar que esta fuente de trabajo usa materias primas nacionales en su mayoría, por lo que, además de emplear obreros en sus instalaciones, crea trabajo en otros campos e industrias, lo cual permite darse cuenta, en un nivel elemental, de la economía del país.

En el desarrollo de este trabajo se describirá la planta, los trabajos encomendados y conclusiones.

## II. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

En la planta Río Bravo de Celanese Mexicana, la celulosa es purificada y blanqueada partiendo de la materia - prima llamada borra o linter de algodón, la cual tiene un contenido de celulosa del orden del ochenta y cinco por ciento; en términos químicos, la celulosa es un polímero de la anhidro glucosa.

La celulosa, que tiene infinidad de usos en el desarrollo industrial de nuestro país en papeleras, plásticos, etc., puede ser obtenida de varias fuentes, pero comercialmente y debido a su nivel de industrialización se usa principalmente la de árboles y la de algodón; esta última se considera de mejor rendimiento y calidad debido a su alto grado de polimerización y pureza. En la actualidad se encuentra un nuevo tipo de industria en el campo de la celulosa, esta es la celulosa de bagazo de caña, la cual ha resultado de gran eficacia en el mercado papelerero debido a su bajo precio de adquisición.

El linter o borra de algodón es una fibra corta, la cual queda adherida a la semilla después de separar la fibra larga en el primer corte. Los molinos de aceite son los que separan a la fibra corta de la semilla y la embalan en pacas o bultos de un cuarto de tonelada promedio. La ma-

yoría de los proveedores de esta materia prima se encuentran en las regiones del noreste del país cerca de la planta, razón por la cual se escogió el norte del Estado de Tamaulipas para ubicar este centro de trabajo y producción.

El linter de segundo corte es el que se emplea para la fabricación del producto y su fibra tiene una longitud promedio de dos milímetros; su selección en la fabricación de celulosa es un factor muy importante para determinar la calidad y pureza del producto que se obtiene al final del proceso; en dicha selección se toma en cuenta la longitud de la fibra, su calidad, las impurezas como contaminantes o contenido de aceite, grasa, etc. Con objeto de conocer que parámetros se controlan en cada etapa del proceso es importante lo anterior, por ejemplo, se tiene la cantidad de sosa cáustica que debe ser agregada en el cocido; ésta va de acuerdo con el contenido de grasas o aceites de la materia prima.

La celulosa, o producto resultante del proceso, es utilizada principalmente, tanto en el mercado doméstico como en el mercado internacional, para la elaboración de papeles finos y papeles bond. Debido a la blancura con que el material es elaborado, la producción de los papeles antes mencionados tienen alta demanda en la actualidad. Además de la anterior aplicación, la celulosa se usa también para papeles filtro, los cuales pueden adquirir la porosidad deseada gra

cias a que el tamaño de la fibra de algodón es pequeña. Algunas veces se ha explorado el terreno del cartón como material de relleno. Otra de las más usuales aplicaciones de la celulosa es en el área de la fabricación de separadores en la construcción de baterías o acumuladores eléctricos, por presentar una actividad química casi nula. También se emplea, previa nitración, en la elaboración de lacas semi-transparentes, opacas y pólvoras sin humo. Se ha empleado en la fabricación de explosivos sin haber sido blanqueada para evitar la acción de residuos de cloro.

En el campo de las fibras sintéticas tiene una gran aplicación, ya que es la base para la formulación del acetato de celulosa, fibra de múltiples usos en la industria del país y en el mundo entero. La celulosa, empleada como base en la fabricación de escamas de acetato, se usa en el campo de plásticos de varias densidades y tiene una gran extensión de usos para muchas industrias, como la automotriz, de empaques, etc.

Debido a sus propiedades físicas y químicas se emplea en el proceso de la xantogenación para la manufactura de viscosa, la cual es regenerada en ácido sulfúrico y extrudida para formar tanto el hilo de rayón cuanto la película de papel celofán. Existen industrias que la han empleado en la fabricación de carboximetil celulosa.

En la planta pueden obtenerse tanto productos refinados cuanto no refinados, teniéndose entonces un preciso control en la viscosidad y pureza del material, dependiendo del uso final deseado.

En algunas instalaciones de la planta trabajan los trescientos sesenta y cinco días al año y tres turnos por día. Existen algunas fases del proceso en que se sigue el sistema por lotes y algunas con sistema continuo; entre las primeras tenemos cocido y blanqueo y como continuas están lavado y secado.

La planta de celulosa de Río Bravo distribuye sus productos a casi todo el mundo; tiene clientes de alto potencial en Italia, Venezuela, Estados Unidos, Taiwan, Francia, etc., lo cual es muy importante, ya que el producto obtenido en el proceso de la planta está a nivel de competencia con productos internacionales, contribuyendo así nuestro país a tratar de disminuir la escasez mundial de celulosa.

En síntesis, el procedimiento que se sigue para la obtención de celulosa en la planta es bastante sencillo, ya que no se llevan a cabo reacciones complejas, sino simplemente consiste en purificar y blanquear la borra de algodón.

Tomando en cuenta la gran cantidad de impurezas que contiene la borra, tales como grasa, gorgojos, etc., debido muchas veces a que es recolectada de las plantas con máquinas que no tienen integrado un sistema separador, se tiene un sistema para separar dichas impurezas llamado etapa de prelimpieza, en la cual la borra se desmenuza en pequeñas partículas, y por medio de ciclones y batidoras se le van reduciendo las partes no deseadas. Una vez que la borra se ha prelimpiado y está libre de partículas extrañas se pasa a la operación de cocido; ésta se realiza en unos tanques cilíndricos llamados digestores, en los cuales se cuece la borra que ha sido humectada con sosa en concentraciones determinadas con objeto de que toda la grasa e impurezas que tenga se destruyan por acción de la sosa cáustica, la cual a altas presiones es un buen saponificador. El cocido se lleva a cabo con vapor de agua a altas presiones, del orden de 150 libras por pulgada cuadrada; esta operación es determinante en la transmisión de luz y en la viscosidad del producto. El proceso de cocido consiste en inyectar vapor a alta presión hasta llegar a una presión tope prefijada y entonces se mantiene esa presión durante un tiempo promedio de una hora. Al terminar este lapso se somete al digestor a un abatimiento de presión por medio de un tanque de desfogue; esta operación tarda un promedio de diez minutos.

Al terminar el cocido la pulpa se transporta a tinas de lavado para que por medio de aguas de arrastre se pueda desalojar todas las impurezas que fueron solubilizadas en el proceso de cocido. En el lavado se tienen dos tinas en serie; en la primera se lava con agua agitando la pulpa; y en la segunda tina se somete la pulpa a un lavado con agua y después se pasa a una banda con malla para que se escurra el agua de lavado.

Después del lavado se pasa la pulpa a las tinas del departamento de blanqueo, las cuales son agitadas con aspas, ahí se añade a la pulpa hipoclorito de sodio, ácido sulfúrico y sosa. La adecuada mezcla de los tres productos anteriores es la clave para lograr el tono de color blanco deseado. En esta operación el grueso de la pulpa entrante a los tanques tiene un color negruzco, pero debido a la acción del cloro adquiere un color blanco opaco. Se somete la pulpa a este proceso durante un tiempo promedio de una hora.

Después la etapa de blanqueo se pasa la pulpa a un tanque de almacenamiento, donde se hacen mezclas de diferentes cargas del mismo producto para así lograr una mayor uniformidad de propiedades físicas en un lote grande de producto.

Del almacenamiento, la pulpa se bombea a la máquina Fourdrinier, la cual consiste en una serie de rodillos expri-

midores que extraen el agua de la borra; en esta misma parte del proceso se lava la pulpa con agua desmineralizada para eliminar los clorito-residuales. El propósito básico de la máquina Fourdrinier consiste en extraer la mayor cantidad de agua posible de la pulpa para favorecer un secado eficiente.

Entre los productos de mayor calidad de la producción están los productos reinados, que se obtienen haciendo pasar la pulpa por un Clafin o refinador de pulpa.

Una vez que la pulpa ha salido de la máquina Fourdrinier o del Clafin, según sea el caso, se pasa a un ciclón con objeto de dispersar la pulpa en greña para facilitar su acceso al secador.

El proceso de secado consta de un secador de túnel con seis secciones, con temperaturas del orden de 110°C. El secador trabaja mediante aire caliente en flujo perpendicular a la banda transportadora, que conduce un colchón de borra con un espesor de dos pulgadas. La celulosa pasa a través del secador por una banda sin fin de acero, con 25 metros de largo. Una vez secada la celulosa hasta un grado de humedad que va del cinco al diez por ciento dependiente de la calidad del producto, se pasa al proceso de empaque.

El embalado o sección de empaque es la última eta-

pa a la cual se somete la celulosa. Consiste en alimentar a una prensa mecánica el material para formar pacas o balas, de un peso aproximado de cien kilogramos, listas para envolverse y flejarse para ser distribuídas al mercado.

El proceso dura aproximadamente diez horas, desde que la borra es alimentada a la máquina desmenuzadora hasta que se da entrada al almacén de producto terminado.

La planta procesa alrededor de veinte tipos diferentes de productos terminados.

Los productos finales son transportados a la cliente la, generalmente por ferrocarril, en contenedores y posteriormente por vías marítimas cuando se requiere. El sistema de - - transporte mencionado es una gran ayuda para el costo total de compra del producto, ya que los gastos de flete por este medio de transporte son comparativamente bajos.

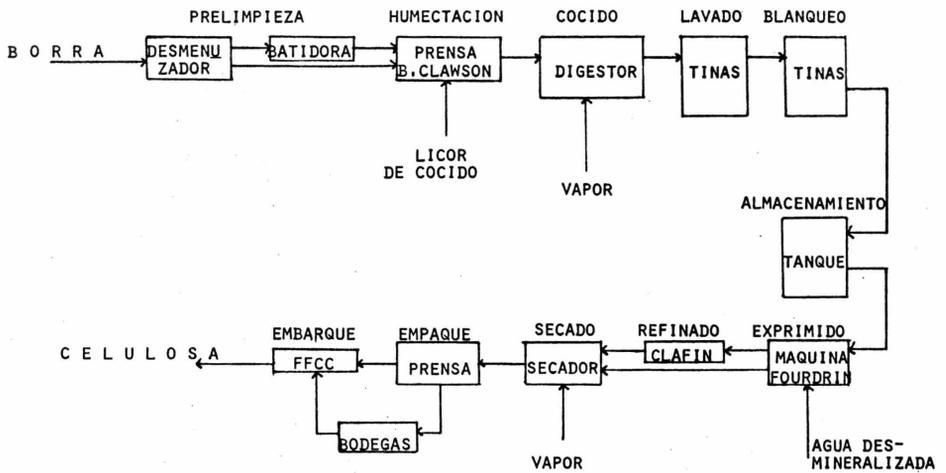


DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO DE LA PLANTA DE CELULOSA DE CELANESE MEXICANA

## III. TRABAJOS ENCOMENDADOS

A. Método de operación tentativo  
para humectación y cocido

B. Diseño de un precalentador  
de aire al secador

A. METODO DE OPERACION TENTATIVO  
PARA HUMECTACION Y COCIDO

C o n t e n i d o

1. Antecedentes
2. Método y recomendaciones
3. Tiempos y movimientos
4. Diagrama de bloques

## 1. ANTECEDENTES

Se esta llevando a cabo la modificación de la operación de humectación y cocido con el fin de obtener mejor calidad del producto terminado y tener un ahorro en el gasto de so sa.

Básicamente, la modificación consiste en instalar una prensa de humectación previa al digestor de cocido con el fin de poder exprimir el licor de cocido rico en sosa una vez humectada la borra de algodón. El sistema actual de humectación se lleva a cabo dentro de un gusano y dentro del digestor mismo, para lo cual es necesario trabajar a altos volúmenes de licor de cocido ocasionando un desperdicio de este en lo que llamamos relación de kilo por kilo de sosa empleado. La prensa exprimirá este exceso y lo recirculará, previo control, con objeto de evitar más gastos inútiles, contaminación en las aguas de desecho y además lograr una mejor calidad del producto debido a la uniformidad de humectación.

El presente estudio trata de proponer los métodos de operación con el nuevo equipo a instalar, sugiriendo tiempos y movimientos específicos.

## 2. METODO Y RECOMENDACIONES

Las operaciones que deben llevarse a cabo son:

- a. Surtido de borra a cocido
- b. Preparación de cargas para cocido
- c. Presaponificación del detergente
- d. Preparación de solución de sosa para humectación
- e. Alimentación de sosa al tanque de repuesto
- f. Calentamiento de licor en tanque mezclador
- g. Cargado de borra a los digestores
  - A'. Carga directa
  - B'. Carga por batidoras
- h. Control de relación sosa/borra al salir de la prensa
- i. Colocación de tapas a un digestor ya cargado
- j. Poner en operación un digestor ya cargado
- k. Desfogue de un digestor al terminar el cocido
- l. Vaciado de la pasta cocida de los digestores a las tinajas de lavado.

a. SURTIDO DE BORRA A COCIDO

PERSONAL NECESARIO

a'. Operador del montacargas.

EQUIPO NECESARIO

a'. Montacargas de Clamps.

b'. Gancho.

EQUIPO DE SEGURIDAD NECESARIO

a'. Mascarilla contra polvo.

b'. Cinturones de seguridad.

c'. Casco de seguridad.

d'. Zapatos de seguridad.

FORMA DE LLEVAR A CABO LA OPERACION

a'. El jefe de turno notificará al operador del montacargas, por escrito, cuál es la proporción de borra por proveedores por cada parte de carga y exactamente de qué parte de berá arrimar las pacas.

b'. Toda la borra se arrimará directamente al área de acomodo de cargas.

c'. Las pacas no deberán obstruir los pasillos ni el equipo contra incendio.

d'. Una carga completa consta de 17 ó 18 pacas como promedio; a las cuales, para su control, se les pondrá, en la oficina de producción, el peso promedio de los enviados por el proveedor.

## b. PREPARACION DE CARGAS PARA COCIDO

### PERSONAL NECESARIO

- a'. Operador de primera del desmenuzador de pacas.
- b'. Operador de segunda del desmenuzador de pacas.
- c'. Operador de banda.

### EQUIPO NECESARIO

- a'. Pinzas o tijeras para cortar cinchos.
- b'. Gancho para descinchar.
- c'. Cuchillo para cortar mantas.
- d'. Formas de informe.
- e'. Escobas y pala.

### EQUIPO DE SEGURIDAD NECESARIO

- a'. Casco, zapatos, cinturón y lentes de seguridad.
- b'. Mascarilla contra polvo.
- c'. Guantes de vaqueta.

### FORMA DE LLEVAR A CABO LA OPERACION

a'. El descinchado lo hará el operador de primera en el área de acomodo de las cargas.

b'. Estando la paca parada sobre la cabecera opuesta a las etiquetas, los cinchos y sus hebillas quedarán frente al operador.

c'. Se mete la punta de la tijera en el cincho para

cortarlo; ésto se debe hacer lo más cerca posible de la hebillas.

d'. Esta misma operación se hace con todos los cinchos de la paca.

e'. Los cinchos que se quiten a las pacas los recogerá uno de los operadores y los llevará al patio de alimentación.

f'. El personal hará limpieza de su área de trabajo utilizando las escobas y pala, poniendo la borra que se recoja en mantas para ser llevada al basurero o depositarla sobre la banda para su alimentación.

#### FORMA DE INFORME

En la forma de informe el operador anotará:

a'. Fecha.

b'. Turno.

c'. Tipo de celulosa.

d'. Número consecutivo de la carga.

e'. Digestor en que se cargará.

f'. Número total de pacas.

g'. Firma del operador.

## c. PRESAPONIFICACION DEL DETERGENTE

### PERSONAL NECESARIO

- a'. Operador de soluciones.

### EQUIPO NECESARIO

- a'. Tanquecito de presaponificación con su agitador.
- b'. Tanque de preparación de solución de sosa.
- c'. Tanque de medida del detergente.
- d'. Tanque de almacenamiento interior del detergente.
- e'. Formas de informe.

### EQUIPO DE SEGURIDAD NECESARIO

- a'. Lentes, casco y zapatos de seguridad.
- b'. Guantes de neopreno.
- c'. Botas de hule.
- d'. Mascarilla contra polvo.

### FORMA DE LLEVAR A CABO LA OPERACION

a'. De una solución de sosa, preparada en el tanque interior de cocido, se llena el tanquecito de presaponificación hasta el nivel que indiquen las instrucciones, utilizando la línea que va de la recirculación al tanquecito.

b'. Se abre la válvula de la línea de agua al tanquecito de presaponificación hasta llenar un segundo nivel que indiquen las instrucciones, y se cierra la entrada de agua.

c'. Se pone a trabajar el agitador del tanquecito de presaponificación.

d'. La cantidad de detergente especificado por las instrucciones se mide en el tanque de medida.

e'. Se abre la válvula de descarga del tanque de medida del detergente al tanque de presaponificación para vaciar el detergente medido.

f'. Se continua agitando hasta disolver completamente el detergente agregado.

g'. Cuando ya se tenga recirculando la solución de sosa en el tanque de preparación, se abre la válvula de descarga del tanque de presaponificación a la línea de la bomba de recirculación del tanque de preparación.

h'. Antes de cargar se vuelve a llenar el tanquecito de presaponificación para que quede listo el detergente para la siguiente solución.

i'. La solución del tanque de preparación, ya con el detergente, se sigue recirculando hasta llenar el tanque de calentamiento.

#### FORMA DE INFORME

En la forma de informe el operador anotará:

a'. Cantidad de detergente agregada.

#### d. PREPARACION DE SOLUCION DE SOSA PARA HUMECTACION

##### PERSONAL NECESARIO

- a'. Operador de soluciones.
- b'. Analista de laboratorio.

##### EQUIPO NECESARIO

- a'. Tanque de preparación interior.
- b'. Vaso de plástico.
- c'. Formas de informe.

##### EQUIPO DE SEGURIDAD NECESARIO

- a'. Lentes, casco y zapatos de seguridad.
- b'. Botas de hule.
- c'. Mascarilla contra polvo.
- d'. Guantes de neopreno.

##### FORMA DE LLEVAR A CABO LA OPERACION

a'. Al empezar el turno, el operador bombeará sosa de uno de los tanques de almacenamiento exteriores al tanque interior de cocido.

b'. Pedirá instrucciones al supervisor sobre la cantidad de kilos, volumen y concentración que deberá tener la solución, según el tipo de celulosa que se vaya a elaborar.

c'. Al mismo tiempo bombeará detergente al tanque de almacenamiento interior de cocido y lo llenará para tener

detergente durante todo el turno.

d'. Bombeará sosa del tanque interior de almacenamiento al tanque de la báscula, midiendo o pesando por medio de pantógrafos los kilos necesarios para una solución.

e'. Abrirá la válvula de entrada al tanque de preparación.

f'. Cuando el agua llegue a un metro de altura en el tanque, abrirá la válvula de descarga de sosa del tanque de medida al tanque de preparación.

g'. Pondrá a trabajar la bomba del tanque para recircular la solución.

h'. Cuando se alcance el nivel requerido se cerrará la entrada de agua.

i'. Se recirculara la solución por diez minutos.

#### MUESTREO Y ANALISIS

a'. Usando un vaso de plástico, el operador sacará una muestra de la solución por la purga del tanque de preparación.

b'. Llevará la muestra al laboratorio, mientras la solución sigue recirculando.

c'. El analista procederá a hacer el análisis de la solución en el laboratorio.

d'. Notificará el resultado al operador.

e'. Si el resultado está dentro de los límites de especificaciones, la solución se acepta como satisfactoria y está lista para usarse.

**INFORME DE LA OPERACION**

En la forma de informe el operador anotará:

- a'. Fecha.
- b'. Turno.
- c'. Tipo de celulosa.
- d'. Digestor que se va a cargar.
- e'. Volúmen.
- f'. Cantidad en kilos de sosa.

El analista deberá anotar:

- a'. Concentración en gramos por litro.
- b'. Firma.

e. ALIMENTACION DE SOSA AL TANQUE DE REPUESTO

Esta operación se lleva a cabo para los cambios de concentración; por eso sugiero que sea instalada una alimentación de agua en la tubería que suministra la sosa que proviene del tan que preparador al tanque de repuesto.

PERSONAL NECESARIO

- a'. Jefe de turno.
- b'. Operador de soluciones.

EQUIPO NECESARIO

- a'. Tanque de preparación con sus instalaciones.
- b'. Tanque de repuesto.

EQUIPO DE SEGURIDAD NECESARIO

- a'. Casco, zapatos y lentes de seguridad.
- b'. Guantes de neopreno.
- c'. Mascarilla contra polvo.

FORMA DE LLEVAR A CABO LA OPERACION

a'. Para cambios de concentración en la solución de sosa debido a cambio de tipo de celulosa, el jefe de turno ordenará por escrito los cambios.

- b'. El operador de soluciones modificará la con-

centración en el tanque de repuesto cuando el jefe de turno se lo indique.

c'. El operador de soluciones debe informar al jefe de turno si la concentración es la indicada, con la ayuda del analista de laboratorio.

## f. CALENTAMIENTO DE LICOR EN EL TANQUE MEZCLADOR

## PERSONAL NECESARIO

- a'. Jefe de turno.
- b'. Operador de soluciones.
- c'. Analista de laboratorio.

## EQUIPO NECESARIO

- a'. Tanque mezclador con sus instalaciones.
- b'. Calderas con sus instalaciones.
- c'. Formas de informe de cocido.
- d'. Manómetro.
- e'. Gráfica.

## EQUIPO DE SEGURIDAD NECESARIO

- a'. Lentes, zapatos, guantes y casco de seguridad.
- b'. Mascarilla contra polvo.

## FORMA DE LLEVAR A CABO LA OPERACION

a'. El jefe de turno notificará al operador la temperatura a la que se debe tener la solución y esta será registrada por el pantógrafo de la gráfica.

b'. En las cargas que sea necesario usar vapor se notificará a calderas.

## MUESTREO

- a'. Se tomará una muestra de una purga que deberá existir a la salida del tanque.
- b'. El operador llevará la muestra al laboratorio.
- c'. El analista hará la prueba y notificará el resultado al operador.
- d'. El operador notificará al jefe de turno.

#### FORMA DE INFORME

- a'. El operador anotará la hora y la concentración.
- b'. El analista anotará la concentración en un consecutivo y firmará la hoja de informe.

#### REACOMENDACIONES

Para que exista un buen balance de la sosa procedente de la prensa de humectación, y la procedente del tanque de repuesto, debe implantarse un sistema de recirculación en este tanque; ó, en su defecto, hacer que se combinen en la tubería ambas corrientes antes de entrar al tanque por medio de una "y".

g. CARGADO DE BORRA A LOS DIGESTORES

PERSONAL NECESARIO

- a'. Operador de primera del desmenuzador.
- b'. Operador de segunda del desmenuzador.
- c'. Operador de soluciones.
- d'. Operador de lavado.
- e'. Peón del tercer piso de cocido.

EQUIPO NECESARIO

- a'. Desmenuzador de pacas con sus instalaciones.
- b'. Digestores de la planta con sus instalaciones.
- c'. Prensa Black Clawson con sus instalaciones.
- d'. Carretilla para cargar pacas.
- e'. Marcianos para acomodar la borra dentro del digestor.
- f'. Tijeras y gancho para descincar pacas.
- g'. Formas de informe.

EQUIPO DE SEGURIDAD NECESARIO

- a'. Lentes, cinturón, casco y zapatos de seguridad,
- b'. Mascarilla contra polvo.
- c'. Botas de hule.
- d'. Guantes de neopreno.

PRECAUCIONES QUE SE DEBEN TOMAR ANTES DE EMPEZAR A CARGAR

a'. Limpieza de la caja del desmenuzador para evitar la caída de objetos pesados en el mismo.

CONDICIONES EN QUE SE DEBERA TENER EL DIGESTOR AL CARGAR

- a'. Deben estar completamente completamente vacios.
- b'. El grifo de desfogue debe estar bien cerrado.
- c'. La boca de carga hacia arriba.
- d'. Deberá estar bien frenado.
- e'. El embudo de carga puesto.

ORDEN EN QUE SE DEBERA PONER A TRABAJAR LA MAQUINA DE CARGA Y QUIEN LO DEBE HACER

- a'. Gusanos laterales a la salida de la prensa para el lado del digestor que se vaya a cargar. Operador de soluciones.
- b'. Gusano principal. Operador de soluciones.
- c'. Prensa Black Clawson (cuando no esté trabajando en vacio). Operador de soluciones.
- d'. Humectador. Operador de soluciones.
- e'. Abanicos que mandan la borra al ciclón. Operador de primera del desmenuzador.
- f'. Rodillo desmenuzador de pacas. Operador de primera del desmenuzador.
- g'. Rodillos quebradores. Operador de primera del desmenuzador.
- h'. Banda del desmenuzador. Operador de primera del desmenuzador.

i'. Bomba de solución de sosa proveniente del tanque calentador. Operador de soluciones.

#### PRECAUCIONES DURANTE LA CARGA

a'. Las pacas deberán ir siempre pegadas unas con otras en la banda del desmenuzador.

b'. Si la carga es mezcla de borra comprimida y normal, la comprimida deberá meterse al final.

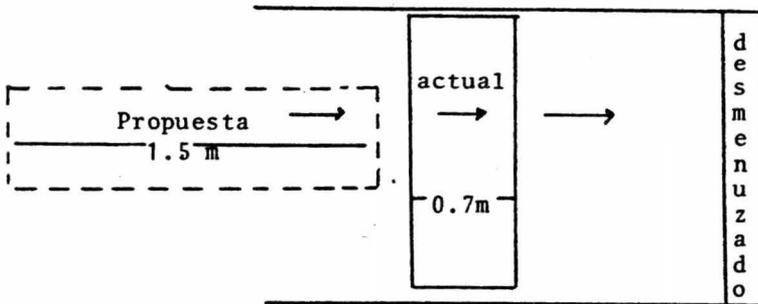
c'. Si en la carga se mete borra peluda, estas pacas deberán ser espaciadas a lo largo de la carga.

d'. La bomba para recirculación de licor debe estar bombeando.

#### VELOCIDADES DEL DESMENUZADOR

a'. De acuerdo con la capacidad de la prensa de humectación, debe adaptarse la polea de la banda para que ésta alimente una paca cada tres minutos, considerando un peso promedio de las pacas de 250 kilos a razón de 85 kilos por minuto; a la forma de trabajo actual se puede a una velocidad de 23 cm por minuto, debido a que el grosor que tiene cada paca es de 70 cm.

Puede sugerirse que las pacas sean acomodadas a lo largo y proponer una velocidad de 50 cm por minuto, para que dé un total de tres minutos por paca, ya que el largo promedio de las pacas es de un metro y medio.



#### FORMA DE LLEVAR A CABO LA OPERACION EN EL DESMENUZADOR

a'. El operador de banda empezará a traer en una carretila, de una en una, las pacas de la carga acomodadas en el área respectiva.

b'. Después de lo anterior, el mismo operador pondrá la carretilla con la paca junto a la tarima del desmenuzador.

c'. Estando la paca acostada sobre la carretilla, el operador de banda la levanta del lado contrario a la tarima y la para sobre ésta.

d'. Se descincha la paca y se retiran las mantas.

e'. Las mantas que se quiten a las pacas se embalan en una embaladora especial que está en el área de carga.

#### SEÑAL DE CARGA

a'. Se calcula que en el momento que empieza a caer borra a los digestores, han pasado dos minutos a partir de que la bala pasó por el desmenuzador, por lo que el operador de soluciones hará la señal de carga, al operador de primera del desmenuzador, dos minutos antes de que el digestor esté listo para cargarse.

FORMAS DE LLEVAR A CABO LA OPERACION EN EL TERCER  
PISO DE COCIDO.

a'. El operador de soluciones se encargará de ver que la solución de sosa esté recirculando a concentración aceptable.

b'. El operador de soluciones detectará cualquier anomalía en la prensa Black Clawson.

c'. El peón del tercer piso de cocido, provisto de -  
marcianos, se encargará de desparramar la borra cada vez que ésta  
se acumule en la boca de carga.

d'. Cuando ha entrado el total de la borra al diges -  
tor y se percate, por el muestreo, que es necesario agregar más -  
sosa, se bombeará ésta directamente del tanque de sosa al digestor

e'. Al terminar la carga, se apagará la bomba de re -  
circulación de sosa y la válvula de alimentación a la salida del -  
tanque de preparación.

f'. Se para la máquina de carga.

g'. Se retiran los embudos de carga.

INFORME DE LA OPERACION

El operador de lavado anotará:

a'. Fecha.

b'. Número del digestor.

c'. Número de consecutivo de la carga.

d'. Tipo de celulosa a fabricar.

e'. Cantidad de borra en pacas

f'. Horario de carga.

g'. tiempo total de carga.

gA'. CARGA DIRECTA DE BORRA A LOS DIGESTORES.

a'. Se usa un abanico cuando se van a hacer una ó dos cargas; entonces corresponde al operador de primera del desmenuzador ponerlo a funcionar, haciendo la selección en el interruptor correspondiente.

b'. Para el funcionamiento en dos abanicos, que es cuando hay varias cargas, el operador de 1a. y el operador de banda se coordinarán para tapar los ductos y dejar abiertas las dos líneas. El operador de primera hace el cambio en el selector de arranque de los dos abanicos para que entre en acción el segundo abanico.

gB'. CARGA POR BATIDORAS A DIGESTORES

a'. Serie 100%

El operador de 1a. revisará todo el equipo de las cuatro batidoras; en caso de alguna falla se avisará al jefe de turno para que éste ordene las reparaciones necesarias.

El operador de la 1a. debe poner a trabajar todo el equipo de batidoras y cambiar la válvula de paso a la posición de alimentar batidoras.

El operador de 2a. se encarga de bajar la borra del silo y sacarlas pacas de rechazo de la prensa de prelimpieza. El ayudante de carga alimenta las pacas a la banda del desmenuzador.

Los operadores del desmenuzador deben limpiar las cribas de las batidoras.

En caso de que llegue a fallar alguno de los dos abanicos se puede usar el otro.

b'. Serie directa 50%

Durante la carga, el operador de 1a. ayuda al operador de banda a cargar; así mismo, abre la válvula de paso para alimentar en forma directa.

El operador de segunda arrancará el abanico para alimentar a cocido.

c'. Paralelo

El personal debe revisar el equipo, incluyendo las baterías y ductos. El operador de la 1a. debe poner la válvula de paso de los abanicos de carga en posición para alimentar batidoras.

d'. Prelimpieza.

Se hace pasar la borra a través de las cuatro batidoras; el rechazo de las batidoras uno y dos se va a la prensa de embalado, el rechazo de las batidoras tres y cuatro se mete a la batidora número dos de nuevo y con esto se reduce el rechazo de un 10 a un 16 por ciento.

#### RECOMENDACIONES

El personal de prelimpieza deberá seguir el programa de producción con especificaciones de calidad, que le indique el jefe de turno. Al terminar de pasar la última carga por el desmenuzador, el operador de primera avisará al operador de carga, por medio de una corneta, que ha terminado la operación.

#### h. CONTROL DE RELACION SOSA/BORRA AL SALIR DE LA PRENSA

Esta operación se realiza con el fin de que la borra que se haya humectado tenga los gramos de sosa necesarios para cocerse y obtener el producto final requerido.

##### PERSONAL NECESARIO

- a'. Operador de soluciones.
- b'. Analista de laboratorio.

##### EQUIPO NECESARIO

- a'. Casco, zapatos, lentes y cinturón de seguridad.
- b'. Mascarilla contra polvo.

##### FORMA DE OPERAR

- a'. Con una cubeta de plástico se tomarán tres muestras de borra a la entrada del digestor.
- b'. El operador de soluciones llevará la muestra al laboratorio mientras la carga sigue bajando al digestor.
- c'. El analista hará el análisis de la muestra y notificará el resultado al operador.
- d'. El operador de soluciones determinará si es necesario agregar más sosa a la carga.

##### INFORME DE LA OPERACION.

- a'. Fecha, turno, tipo de celulosa, digestor a cargar
- b'. Si se agregó sosa, indicar el volúmen.
- c'. El analista de laboratorio deberá anotar la prueba que se hizo y los resultados obtenidos.

## i. COLOCACION DE TAPAS A UN DIGESTOR YA CARGADO.

### PERSONAL NECESARIO

- a'. Peones del tercer piso de cocido.

### EQUIPO NECESARIO

- a'. Las tapas del digestor.
- b'. Garruchas con cadena.
- c'. Tornillos con mariposa.
- d'. Llaves de cruceta.
- e'. Tubo de fierro, de un metro de longitud aproximadamente.
- f'. Dispersador de borra.

### EQUIPO DE SEGURIDAD NECESARIO

- a'. Lentes, casco, cinturón y zapatos de seguridad.
- b'. Guantes de vaqueta.
- c'. Botas de hule.

### FORMA DE OPERAR

- a'. Levantar el dispersador.
- b'. Limpiar la borra que quede alrededor de las bocas del digestor.
- c'. Las tapas deben tener en buen estado su empaque; de no ser así se les cambiará éste.
- d'. Las tapas se colocan con la garrucha.
- e'. Deben quedar bien centradas.
- f'. A cada tapa se le pondrán dos tornillos de mariposa ,

metiendo la cabeza del tornillo en la ranura de la tapa.

g'. Para apretar los tornillos se usa el tubo de fi  
erro como extensión de las llaves de cruceta.

#### INFORME DE LA OPERACION

a'. El operador de lavado deberá anotar en la forma  
de informe a qué hora se pusieron las tapas.

b'. Tiempo total en tapar.

## j. PONER EN OPERACION UN DIGESTOR YA CARGADO

### PERSONAL NECESARIO

- a'. Operador de lavado.
- b'. Jefe de turno de producción.
- c'. peones del tercer piso de cocido.

### EQUIPO NECESARIO

- a'. Los digestores de la planta.
- b'. Las calderas de la planta y sus intalaciones.
- c'. Llave de cuadro.

### EQUIPO DE SEGURIDAD NECESARIO.

- a'. Casco, zapatos y lentes de seguridad.
- b'. Botas de hule.
- c'. Mascarilla contra polvo.

### FORMA DE OPERAR

- a'. El operador de lavado avisará a calderas que va a abrir el vapor dando tres toques por medio de la corneta.
- b'. Deberá esperar respuesta de calderas.
- c'. El jefe de turno pondrá en punto de control de la gráfica por medio de una válvula automática en la presión de cocido, y ésta deberá permanecer cerrada con llave y no deberá moverse sino cuando haya orden de variar la presión de cocido ó cambio de

de tipo que lleve una presión diferente.

d'. El operador abrirá la válvula 4 totalmente.

e'. El operador deberá poner el digestor en posición de purga, quedando bien frenado.

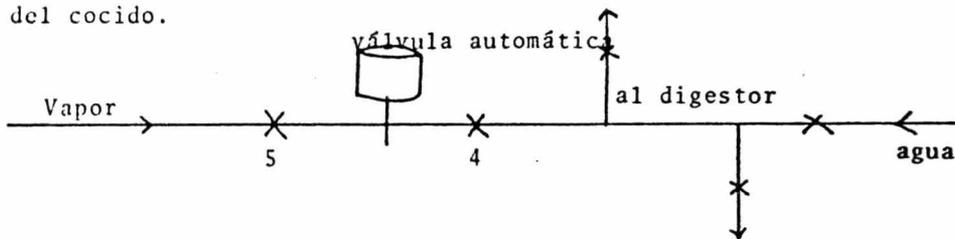
f'. El peón de tercer piso abrirá un cuarto la válvula de purga para expulsar los gases no condensables.

g'. El operador abrirá la válvula 5 hasta tres vueltas o roscas del vástago, debiendo hacerlo aproximadamente en medio minuto.

h'. El tiempo de purga deberá hacerse en 7 minutos, terminando el cual se cierra la purga; entonces el operador quita rá el freno al digestor y lo pondrá a trabajar.

i'. Al terminar el tiempo de purga se empieza a contar el tiempo de levantar presión.

j'. Al llegar a 50 libras la presión en la gráfica , el operador abrirá la válvula 5 hasta tres roscas más, debiendo tener un total de seis roscas del vástago abiertas hasta el final del cocido.



k'. Al terminar de levantar presión, se empezará a contar el tiempo de cocido, el cual deberá ser especificado por las instrucciones del procedimiento.

1'. Exactamente cinco minutos antes de terminar el tiempo de cocido se deberá parar la rotación del digestor y frenarlo con los grifos en posición de desfogue.

#### INFORME DE LA OPERACION

En la forma de informe el operador de lavado debe anotar:

- a'. De qué hora a qué hora se purgó
- b'. Tiempo total de purga.
- c'. Tiempo en levantar presión.
- d'. Tiempo de cocido.
- e'. Presión de cocido.

## k. DESFOGUE DE DIGESTORES AL TERMINAR EL COCIDO.

## PERSONAL NECESARIO

- a'. Operador de lavado
- b'. Peones del tercer piso de cocido.

## EQUIPO NECESARIO

- a'. Digestor
- b'. Mangueras de desfogue
- c'. Tanque de desfogue y sus líneas.
- d'. Tina de lavado.
- e'. Planta de agua y sus instalaciones.

## EQUIPO DE SEGURIDAD NECESARIO

- a'. Lentes ,cinturón, casco y zapatos de seguridad.
- b'. Guantes de vaqueta.
- c'. Botas de hule
- d'. Mascarilla contra polvo.

## FORMA DE OPERAR

a'. Estando bien frenado el digestor, el operador de lavado debe avisar por medio de la corneta, al peón del tercer piso que ponga las mangueras de desfogar; además, deberá cerrar la entrada de vapor al digestor; poner en cero el controlador de presión en la gráfica del digestor; abrir el drenaje de la tina de lavado, que debe estar vacía; abrir la válvula de la línea del tanque de desfogue a la tina de lavado, para que la borra que arrastre la salida de presión caiga a su respectiva tina; vigilar que -

el manómetro en la línea de agua al tanque de desfogue marque la suficiente presión para evitar taponamientos; abrir la válvula de la regadera interior del tanque de desfogue y poner los manerales de las llaves para abrir los grifos de desfogue.

b'. Mientras tanto, el peón del tercer piso de cocido debe hacer lo siguiente: verá que las mangueras queden bien sujetas a los grifos del digestor, abrirá la válvula de la línea del digestor que se va a desfogar y cerrará la de la línea del otro digestor.

c'. El operador de lavado hará lo siguiente: abrir los grifos poco a poco de modo a que en algunos minutos queden totalmente abiertos; observar la gráfica del digestor y, cuando la pluma marque la presión que se desee, cerrar la entrada de agua al tanque de desfogue; abrir la entrada de agua al digestor, la cual debe entrar durante siete minutos con toda la válvula abierta; después de este tiempo, cierra la entrada de agua y la presión del digestor queda en cero: cerrará la válvula de la línea del tanque de desfogue a la tina y quitará los manerales.

d'. El drenado del licor de cocido se mandará a las piletas de evaporación.

#### INFORME

- a'. De qué a qué hora se desfogó.
- b'. Tiempo total del desfogue.
- c'. De qué hora a qué hora sucedió el abatimiento.
- d'. tiempo total de abatimiento.

1. VACIADO DE LA PASTA COCIDA DE LOS DIGESTORES A  
LAS TINAS DE LAVADO.

PERSONAL NECESARIO

- a'. Operador de lavado.
- b'. Peones del tercer piso de cocido.

EQUIPO NECESARIO

- a'. Digestor
- b'. Tina de lavado.
- c'. Planta de agua y sus instalaciones.
- d'. Garruchas.
- e'. Llaves de cruceta.

EQUIPO DE SEGURIDAD NECESARIO

- a'. Lentes, cinturón, casco y zapatos de seguridad.
- b'. Guantes de vaqueta
- c'. Botas de hule.

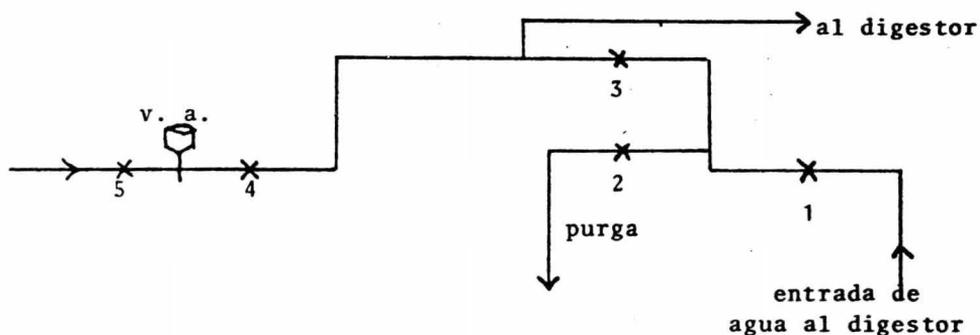
FORMA DE EFECTUAR LA OPERACION

a'. El operador de lavado quitará el freno del digestor y lo pondrá a girar, dejándolo con las tapas hacia arriba.

b'. El peón del tercer piso hará lo siguiente: aflojar los tornillos de las tapas; quitar las tapas con la garrucha, indicar al operador de lavado que el digestor está destapado; al terminar de vaciar pondrá y cerrará las válvulas de los grifos de desfogue.

c'. El operador de lavado hará lo siguiente:

Sacar las charolas de las tolvas de descarga; abrir las válvulas de entrada al digestor; quitar el freno del digestor; poner a girar el digestor para que se empiece a vaciar, cuando el digestor queda vacío se cierra la válvula 1 y se abre la válvula 2 para desalojar el agua que queda en la línea; entonces aviso al tercer piso de cocido para que se cierren los grifos de desfogue.



#### INFORME DE LA OPERACION

a'. El operador de lavado anotará, en la forma, de qué hora a qué hora se vació y el tiempo total de descarga.

### 3. TIEMPOS Y MOVIMIENTOS

a'. Carga. 50 minutos.

b'. tapado. 4 minutos.

c'. Levantamiento a presión y cocido. 40 minutos.

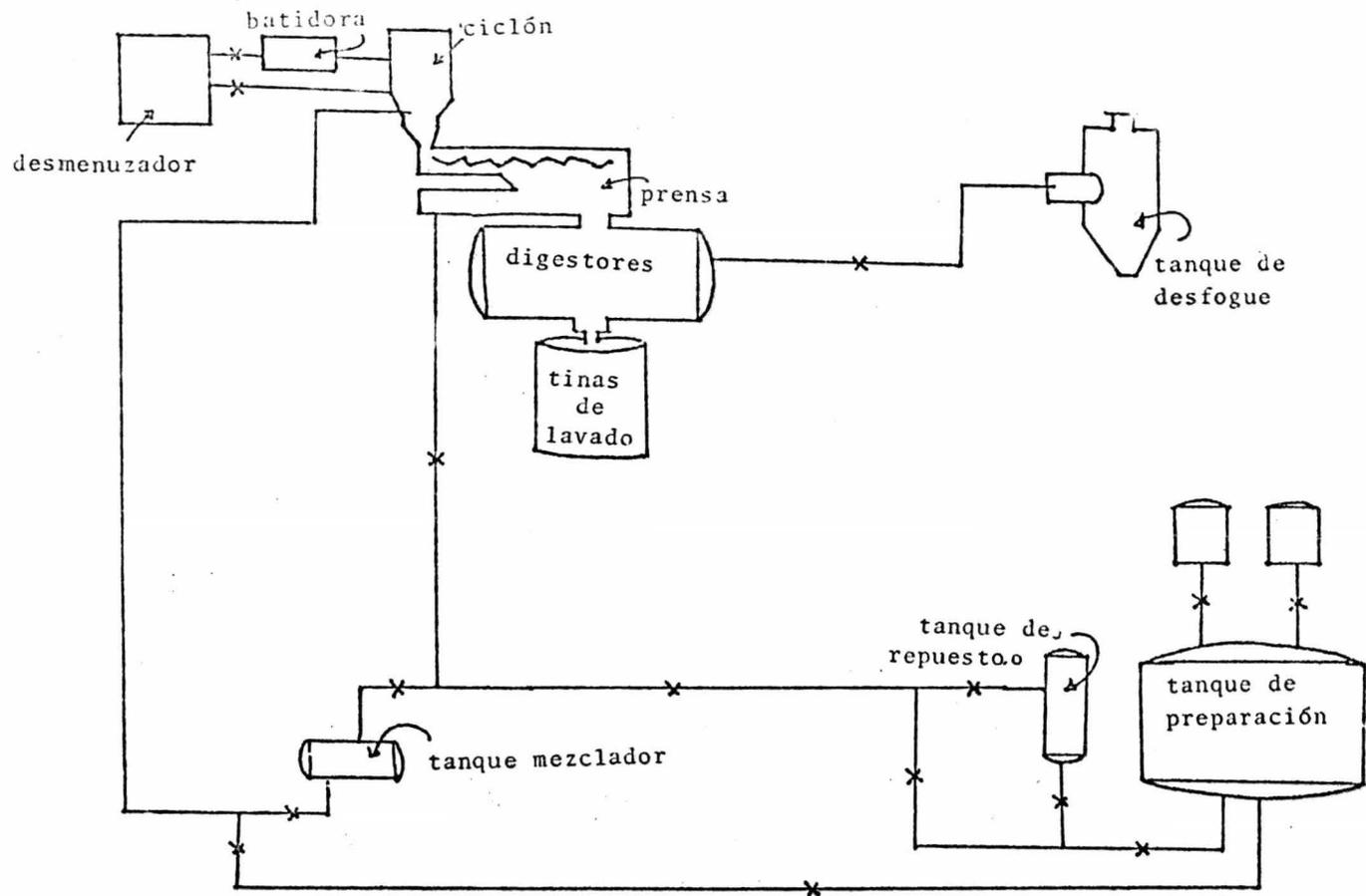
d'. Desfogue. 4 minutos.

e'. Abatimiento. 5 minutos.

f'. Destapar. 2 minutos.

g'. Descarga. 8 minutos.

Tiempo total por digestor: 113 minutos.



4. DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA OPERACION DE HUMECTACION Y COCIDO

**B. DISEÑO DE UN PRECALENTADOR  
DE AIRE AL SECADOR**

**C o n t e n i d o**

- 1. Antecedentes**
- 2. Recomendaciones**
- 3. Datos.**
- 4. Cálculos.**
- 5. Diagramas.**
- 6. Comentarios.**

## 1. ANTECEDENTES

El propósito del secador es disminuir la humedad relativa de la celulosa de un 50-60 % a un 5-10 %, sin exceder en ningún punto, en las unidades del secador, la temperatura especificada.

Este proceso se realiza cuando la pulpa es transportada a través de una banda perforada sin fin que tiene aproximadamente ochenta y cuatro pulgadas de ancho. El espesor del colchón de celulosa transportado por la banda es de aproximadamente una y media pulgadas.

El secado se lleva a cabo por corrientes de aire que soplan de arriba hacia abajo, viajando a través del colchón de celulosa en dirección perpendicular. Ventiladores centrífugos, con una capacidad de 26,000 pies cúbicos por minuto, toman el aire de la atmósfera y lo soplan, a una presión estática de una pulgada de agua, hacia el secador, a lo largo de ductos que van a los lados del secador a nivel del suelo (actualmente fuera de servicio). 18 ventiladores impulsan el aire a subir, pasado a través de sus radiadores que elevan la temperatura del aire; entonces, el aire caliente sopla a través de la pulpa de arriba hacia abajo, perpendicular al movimiento de la celulosa que va de sur a norte; el aire húmedo se saca por medio de extrac-

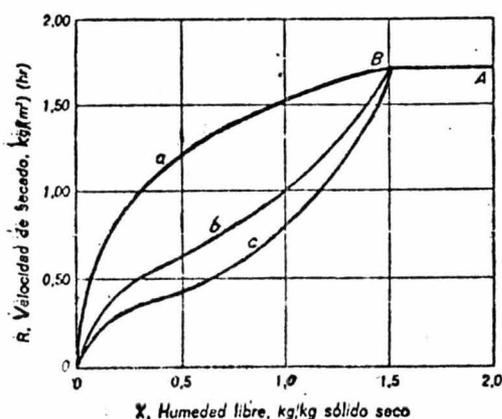
Una vez que se ha descrito la mecánica elemental del secador, es necesario aclarar que en la actualidad éste trabaja con algunas deficiencias debido a su antigüedad; -- una de ellas es que las rejillas horizontales en la parte inferior de los ductos se llenan rápidamente con pequeñas partículas de celulosa que flotan en la atmósfera; entonces, el aire que debería entrar por ese lugar para su calentamiento a través de los radiadores de vapor, puede estar siendo desperdiciado por fugas y falsos sellos en las puertas y uniones de los ductos. Lo anterior nos hace suponer que no todo el aire que pasa a través de las campanas de secado sea aire previamente calentado por los radiadores, sino al contrario, que el aire que se infiltre por donde no es debido esté afectando en forma nociva al aire que sí logra calentarse para el proceso de secado.

Debido a la antigüedad del secador, existen muchos factores que están ocasionando abatimientos de temperatura, en las secciones más importantes de éste, que no permiten en un determinado momento, trabajar a más capacidad y entonces se convierte el secador en cuello de botella en el proceso de la planta.

Aunado a lo anterior, tenemos que su operación es permanente; es por eso que los radiadores del secador ya no

son tan eficientes y tiende a notarse una baja en su capacidad. Esto se debe a que algunas de las aletas están deformadas y no tienen una buena unión con el tubo por el cual circula vapor, lo cual está ocasionando pérdidas de calor en el secador al no llegar el aire lo suficientemente caliente a las campanas; ésto, lógicamente, disminuye la capacidad de operación. Es conveniente recordar que la capacidad de un secador térmico depende tanto de la velocidad de transmisión de calor como de la velocidad de transferencia de materia.

Para lo anterior es necesario conocer el mecanismo de secado en condiciones constantes, para lo cual se representa la velocidad instantánea de secado, en kilogramos de agua retirados por hora y por metro cuadrado, función de la humedad libre instantánea, en kilogramos de agua por kilogramos de sólido seco. Esto se aprecia en la siguiente gráfica:



Con esto se pretende solucionar las deficiencias del proceso de secado, considerado como la operación "cuello de botella". En el proceso de la planta de celulosa el solucionar este problema representaría un aumento en la producción sin abatir la calidad actual del producto, sino al contrario mejorarla.

El objeto del proyecto es aumentar la temperatura del aire que va a entrar a los radiadores, lo cual permite aumentar definitivamente el gasto de entrada de celulosa al secador y disminuir el tiempo de secado, pudiendo operar la banda a mayores velocidades que las actuales.

El proyecto consiste en precalentar el aire que entra al secador de  $22^{\circ}\text{C}$  a  $100^{\circ}\text{C}$ , para que el incremento de temperatura actual del secador sea efectivo y así se aumente la capacidad.

El suministro de vapor es de 150 libras por pulgada cuadrada proveniente de las calderas de la planta, o sea que el vapor fluye a  $185^{\circ}\text{C}$ . El aire atmosférico tiene una temperatura de bulbo seco de  $28.8^{\circ}\text{C}$  y una temperatura de bulbo húmedo de  $18^{\circ}\text{C}$ .

La diferencia de temperaturas en el precalentador no debe ser muy alta con el objeto de proponer un cambiador

de bajo precio que justifique su inversión.

Asi mismo el equipo de manejo de aire a esa temperatura no sería difícil y costoso de tener en buen mantenimiento y buena conservación, debido a que el aire es poco corrosivo. Se tiene además, la ventaja de que la temperatura - del aire manejado por los ductos no calentaría el local del secador, las pérdidas por calor sería mínimas y se contri--buiría a la seguridad de la planta.

## 2. RECOMENDACIONES

Se propone la instalación de un precalentador con un sistema de cambiador de calor de aletas transversales para alimentar aire caliente a las seis secciones del secador que opera actualmente en la planta.

Se recomienda este tipo con el fin de evitar gastos en gran cantidad de ductos, tanto en su compra como en su instalación. Su mantenimiento es también importante, pues no debe olvidarse que el material que se procesa en la planta se encuentra en forma de polvo y continuamente existen pequeñas partículas flotando en la atmósfera. Se sugiere que el precalentador esté provisto, entre sus accesorios, de un filtro o malla, para evitar que la pulpa logre infiltrarse como polvo en los ductos del precalentador.

Además de la instalación del precalentador es necesario insistir en la reparación del equipo de secado con el que se cuenta actualmente, ya que la mayoría de los ductos se encuentran averiados y trabajando con baja eficiencia, ocasionando así pérdidas por presión, alta corrosión, etc., ya que la mayoría del aire que existe en la atmósfera contiene bastante humedad.

Respecto a lo anterior, se instale ó no el equipo sugerido, debe fijarse un sistema programado de limpieza

mas frecuente que el actual, para las mallas en las ventanas de admisión en las puertas de cada sección. También es necesario ajustar las puertas arreglando sus broches de cerrado, ya que alguna pequeña fuga puede afectar la temperatura del aire caliente; y, lógicamente el problema de fugas representa pérdidas en eficiencia.

Un problema anexo de primera necesidad es el postular un método de operación con el cual funcione el secador después de instalar el sistema de precalentamiento, ya que el secado determina una de las principales características del producto terminado.

Sería factible obtener más producto por hora si pudiera alimentarse al secador aire más caliente que el actual para así aumentar la velocidad de la banda del secador, la cual puede transportar la misma masa por unidad de área, independientemente de la velocidad que lleve.

### 3. DATOS

Para la realización del diseño fué necesario obtener por medición, ciertos datos, como gastos de aire a la salida del secador, temperaturas tanto de bulbo húmedo como de bulbo seco, así como verificar el suministro de vapor de agua a ciertas presiones. Fué posible tener los datos de medición del cambiador haciéndolo físicamente, lo cual determina un factor de error bastante bajo, ya que la obtención de dichos datos por medio de tablas puede ser poco aproximado debido a que no se tienen a la mano los manuales del fabricante del secador.

Los aparatos usados para las diferentes mediciones fueron principalmente el psicrómetro, el tubo de Pitot y el calibrador micrométrico; este último para medir el espesor y las dimensiones de las aletas y tubos disponibles en el taller.

Los datos obtenidos son los siguientes:

Salidas de aire.

Temperatura de aire a la salida: 85°C

Presión: atmosférica (760 mm Hg)

Densidad: 1.12 Kg/m<sup>3</sup>

Gasto en masa: 790.4 m<sup>3</sup>/min

**Temperaturas.**

Bulbo seco: 28.8°C

Bulbo húmedo: 18°C

Celulosa al entrar al secador: 32°C

Celulosa al salir del secador: 91°C

Temperatura del agua de la máquina Fourdrinier: 62°C

**Tubos del precalentador.**

Diámetro interno: 1 pulgada

Diámetro externo: 1 1/4 pulgadas

Diámetro con aletas: 2 1/4 pulgadas

Largo del tubo: 13 pies

**Cabezales.**

No. de entradas para tubos: 204

## 4. CALCULOS

Los cálculos efectuados para diseñar el precalentador de aire al secador están basados en lo anteriormente expuesto y en la experiencia acumulada por el personal de la planta en este tipo de situaciones (1).

La metodología seguida para este proyecto está de acuerdo con Donald K. Kern (2) y John H. Perry (3), y basada en el tipo de material en inventario que cuenta la planta.

## Balance de material.

a. aire a 14.7 libras/pulgada cuadrada, (28.8 °C bulbo seco)

gasto en masa : 119,000 libras por hora

$t_1$ : 97 °F

$t_2$ : 237 °F

calor (Q): 4,174,000 BTU por hora

b. vapor a 164.7 libras por pulgada cuadrada, (365 °F)

entalpia (h): 857 BTU por libra

gasto en vapor: Q/h: 4,870 libras por hora

## Balance térmico.

El balance térmico expresado en °F, el fluido frío es el aire y el fluido caliente es el vapor de agua.

Fluido caliente		Fluido frío	Diferencia
365	alta temperatura	237	128 $\Delta T_2$
365	baja temperatura	97	268 $\Delta T_1$
-	diferencia	140	140

tenemos  $R=0$ , por lo tanto  $\Delta t = MLDT = 190.1 \text{ } ^\circ\text{F}$

Temperaturas calóricas. (tc)

tc del vapor:  $365 \text{ } ^\circ\text{F}$

tc del aire:  $167 \text{ } ^\circ\text{F}$

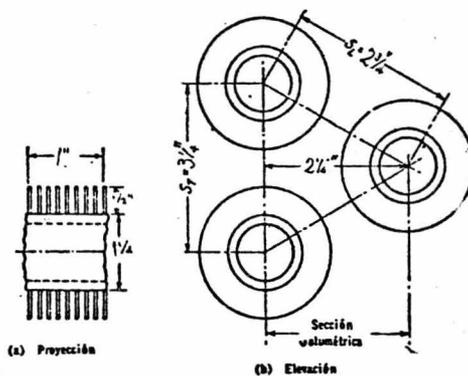
Diámetro equivalente del ducto (De).

$De = 2 (\text{área aleta} + \text{area tubo liso}) / (\pi) \text{ perímetro proyectado}$

área aleta:  $527 \text{ in}^2/\text{ft}$

área tubo liso:  $41.5 \text{ in}^2/\text{ft}$

perímetro proyectado:  $117.12 \text{ in}/\text{ft}$



De: 3.1 pulgadas

De: 0.2575 pies.

Cálculo del área de flujo ( $A_s$ ).

Tenemos bancos verticales de 17 tubos.

$A_s: 24,36 \text{ ft}^2$

## Cálculo del ducto.

Por el ducto correrá el fluido frío que es el aire. El ducto propuesto es de 6x6 pies, debido a que los tubos del cambiador miden éso; y referente a la altura, se pretenden las pérdidas de presión mínimas. El dusto deberá angostarse conforme vaya llegando a la parte interior del secador.

$$\text{Area de flujo} = 24.36 \text{ ft}^2$$

$$D_e = 0.2575 \text{ ft}$$

$$\text{Velocidad másica (Gs)} = 4,885 \text{ lb/hr ft}^2$$

$$\text{Viscosidad a } 167 \text{ }^\circ\text{F } (\mu) = 0.0484 \text{ lb/ft hr}$$

$$\text{Número de Reynolds} = 25,989$$

$$\text{Factor de transferencia de calor (jf)} = 130$$

$$\text{Conductividad térmica (K)} = 0.017224 \text{ BTU/hr ft}^2 \text{ (}^\circ\text{F/ft)}$$

$$\text{Coeficiente de transferencia de calor (hf)} = 5.75 \text{ BTU/hr }^\circ\text{F ft}^2$$

$$\text{Factor de obstrucción} = 0.003$$

Coeficiente de transferencia de calor corregido para el factor de obstrucción ( $h'f$ ) = 5.65 BTU/hr  $\text{ft}^2$   $^\circ\text{F}$

## Cálculo de los tubos.

Por los tubos correrá el fluido caliente que es el vapor de agua.

$$\text{Area de flujo por cada tubo (a't)} = 0.8 \text{ in}^2$$

$$\text{Area total de flujo (at)} = 0.0944 \text{ ft}^2$$

$$\text{Diámetro (D)} = 0.0833 \text{ ft}$$

Velocidad masa (Gt) = 51,590 lb/ ft hr

Velocidad (V) = 39.80 ft/seg

Viscosidad a 365 °F = 0.0363 lb/ft hr

Número de Reynolds = 118,400

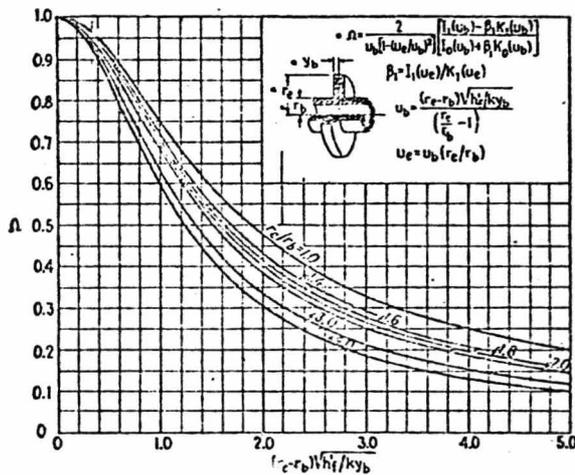
Coefficiente de transferencia de calor (hi) = 1,500 BTU/hr °Fft<sup>2</sup>

Coefficiente de transferencia de calor corregido =

(h'i) = 275.5 BTU/hr ft<sup>2</sup> °F

Cálculo del área de transferencia de calor.

Perfil de la aleta (yb) = 0.000625 ft



(a) Eficiencia de aleta auxiliar de espesor constante

$$(re-rb)(h'f/K yb)^{1/2} = 0.366$$

Relación de radios (re/rb) = 1.80

Eficiencia de la aleta ( $\Omega$ ) = 0.95

Coefficiente de transferencia de calor corregido para  
la tubería = 212 BTU/hr ft<sup>2</sup> °F

Coeficiente total de diseño de transferencia de calor  
 basado en la superficie interna del tubo ( $U D_i$ ) = 62.92  
 Superficie interior por cada banco de tubos = 26.52 ft<sup>2</sup>  
 Superficie total de transferencia de calor = 340 ft<sup>2</sup>  
 Bancos de 17 tubos necesarios para el cambiador = 12

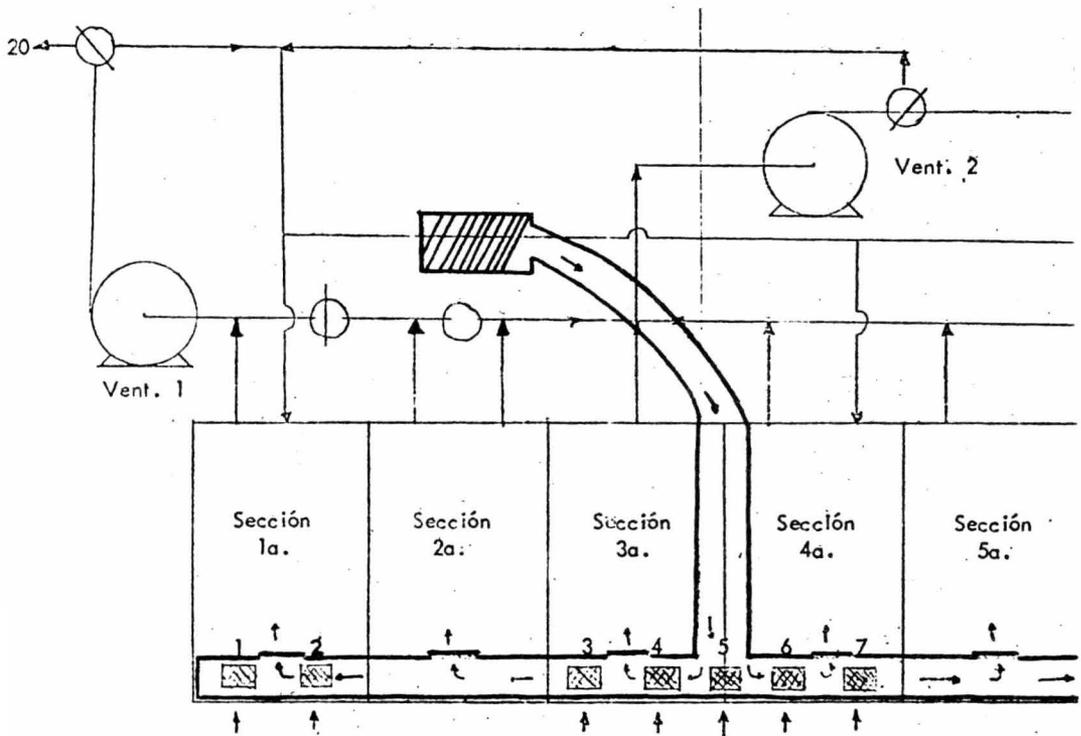
Cabe aclarar que los bancos de tubos son los que dan frente al flujo del aire, y el número de bancos es el fondo. Se proponen bancos de 17 tubos debido a que se cuenta con cabezales de 9 tubos con 8 alternados, y colocando dos de ellos uno sobre otro obtenemos un promedio de 17 tubos. Afortunadamente para el diseño, cada cabezal tiene 6 tubos de fondo, y colocando cuatro cabezales lograremos tener el cambiador propuesto sin gastos exagerados en equipo.

En resumen, se propone un precalentador con un cambiador de calor del tipo de aletas transversales con 204 tubos de 1 1/4 pulgadas de diámetro externo, y aletas de 1/2 pulgada; cuatro cabezales de 51 tubos cada uno arreglados con 17 tubos de frente y 12 de fondo.

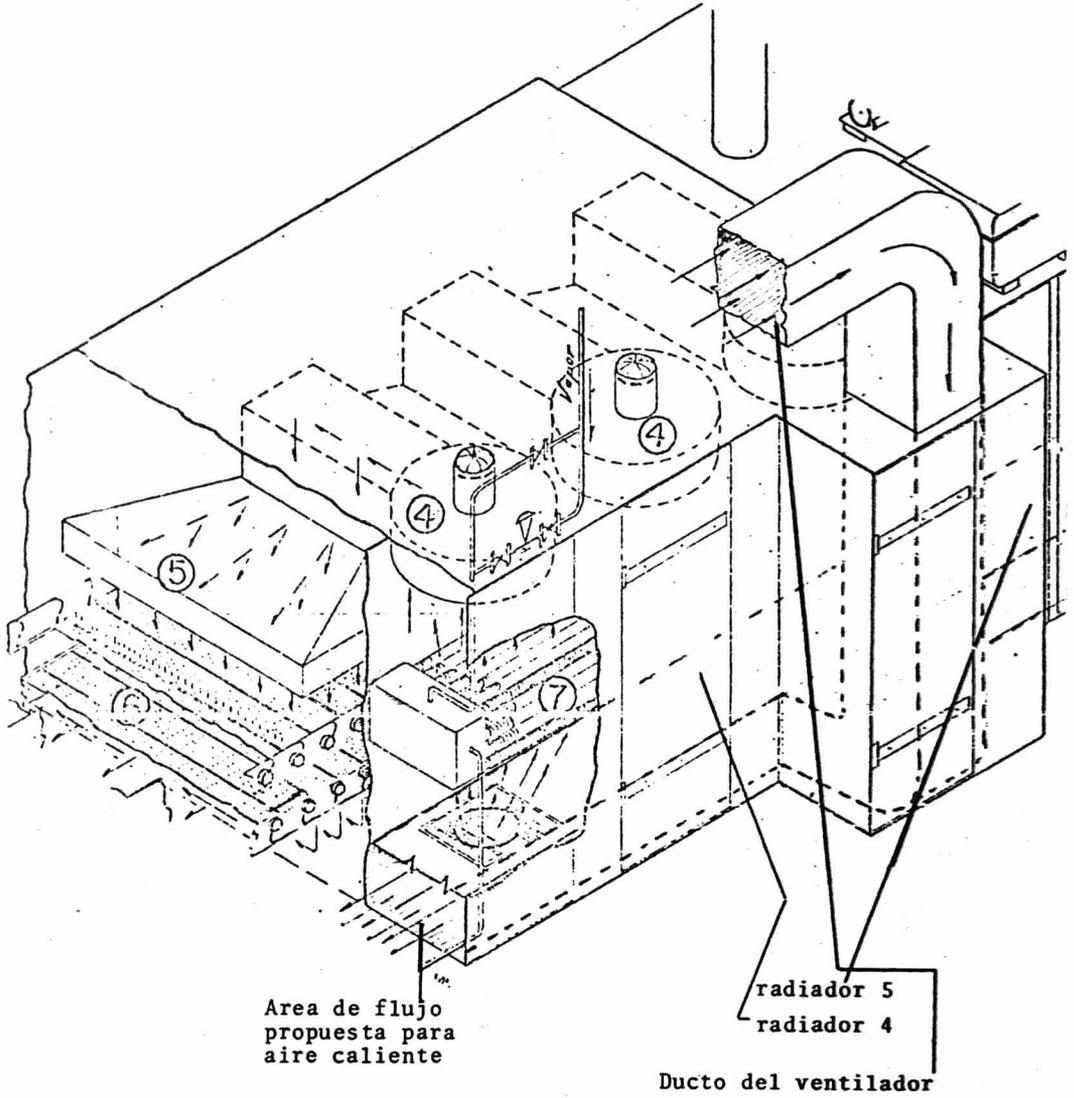
## 5. DIAGRAMAS

En esta sección se incluyen los diagramas del estado actual del secador con las modificaciones sugeridas.

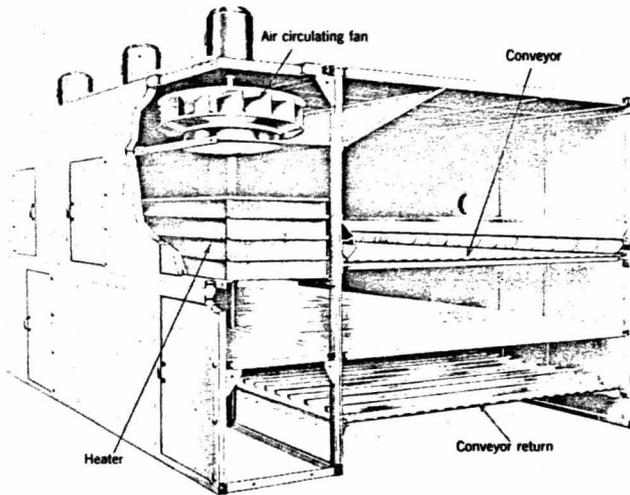
## a. Diagrama del corte lateral



b. Diagrama del corte transversal

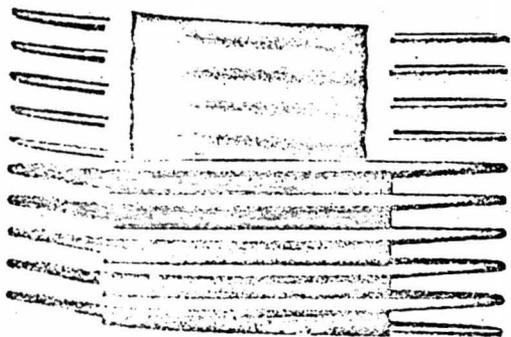
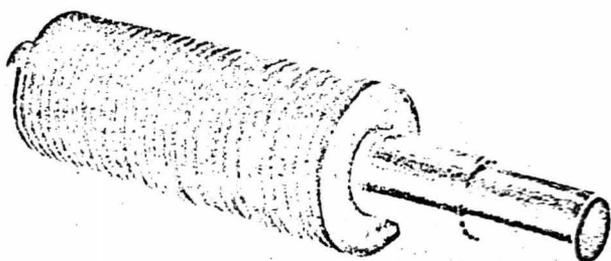


## c. Diagrama del secador



SECADOR DE BANDA. Los ventiladores impulsan el aire a través de la sección de calentamiento localizada - debajo de ellos. El aire pasa a través del material transportado por la banda y vuelve a la parte baja de los radiadores. La banda esta hecha de metal perforado. El sistema de calentamiento es normalmente una serie de tubos - con vapor. El material transportado alcanza normalmente - de una a dos pulgadas de espesor.

- d. Corte de un tubo con aletas transversales para el cambiador de calor del precalentador del sistema propuesto.



## 6. COMENTARIOS

Es posible que el sistema propuesto llegue a mejorar la capacidad del secador en un 10%, lo cual representa un aumento de producción en la capacidad total de la planta.

El tipo de cambiador que se propone es el de superficies extendidas con aletas transversales, debido a que se dispone de tubos y cabezales de este tipo en el inventario de la planta, lo cual evita un gasto en la compra de material. Otro motivo para esta elección consiste en que el factor de mantenimiento sería más bajo conociendo el personal de la planta el manejo y funcionamiento de dicho equipo.

La fabricación del equipo puede ser realizada por el personal de la planta en las instalaciones de la misma.

Respecto a la ubicación del equipo, existe entre las secciones dos y tres del secador una cabina para filtrado de aire y un inyector de aire fuera de servicio, la cual está aproximadamente a seis metros de altura, sostenido por una estructura metálica que está sobrada y es posible que pueda soportar el peso del precalentador. Es factible distribuir el aire por una pequeña cabina localizada entre las

secciones tres y cuatro del secador, o sea, exactamente a la mitad del mismo; por ese lugar se introducen las corrientes de aire caliente. El ducto de aire se bifurcará para que el flujo de aire se reparta a las demás secciones, controlando los flujos con compuertas a la salida de cada sección del secador.

Los ductos propuestos dentro del secador son de 2x2 pies, ya que estas dimensiones son las adecuadas que acepta la parte inferior del secador.

Considero que la experiencia obtenida durante el desarrollo de prácticas profesionales es útil, satisfactoria y fructífera. Durante esta etapa se logra el conocimiento de principios básicos para operar varios equipos, adquirir buenas bases de un criterio práctico del desarrollo de la carrera, e incrementar en alto grado el conocimiento del área de fabricación y del trato humano a nivel profesionista-obrero.

Se habrá notado que los trabajos encomendados descritos en el informe son para la modificación de ciertos equipos ya operantes, lo cual permite al practicante ser de alguna utilidad a la empresa durante el desarrollo de sus prácticas profesionales, existiendo así una reciprocidad de aportaciones.

El llevar a cabo este programa de entrenamiento reporta una orientación acerca de los diversos campos de aplicación de la Ingeniería Química, así como también una proyección profesional, ya que el practicante puede muchas veces ser contratado por la empresa en cuestión, o bien, percatarse de la demanda de profesionistas en el mercado.

## V. BIBLIOGRAFIA

- (1) Comunicación con el personal de la planta: Ing. **Luis Olgún E.** e Ing. Salvador Taboada.
  
- (2) Donald K. Kern  
PROCESOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR  
Primera edición en español  
Editorial C.E.C.S.A.  
Mexico 1965
  
- (3) John H. Perry  
CHEMICAL ENGINEER'S HANDBOOK  
Cuarta edición  
Mc Graw Hill, Inc.  
Japón 1963
  
- (4) A.S. Foust, L.A. Wenzel, C.W. Clump, L. Maus y **L. Andreso**  
PRINCIPLES OF UNIT OPERATIONS  
Segunda impresión corregida  
John Wiley & Sons, Inc.  
Japón 1960