

308917

S
2ej.



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

ESCUELA DE INGENIERIA
CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

OPTIMIZACION DE UNA PLANTA
SECADORA DE JABON

TESIS CON
VALIA DE ORIGEN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

AREA: INGENIERIA MECANICA

P R E S E N T A :

AGUSTIN BARRAGAN ACUÑA

DIRECTOR: ING. F. JAVIER CERVANTES CAMARENA



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 está 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.

INDICE

INTRODUCCION.....v

CAPITULO 1

GENERALIDADES.....1
1.1 Descripción del producto.....2
1.2 Descripción del proceso.....4
1.3 Problemas en el proceso.....7

CAPITULO 2

DESCRIPCION DE UN
SECADOR DE JABON.....10
2.1 Función de un secador.....10
2.2 Equipos que componen el
secador y su funcionamiento....19
2.3 Capacidades y condiciones
de operación.....30
2.4 Variables y parámetros
del sistema.....35

CAPITULO 3

ANALISIS DE LA PROBLEMÁTICA.....	40
3.1 Principales fallas en los equipos y su operación.....	40
3.1.1 Tanque batidor.....	40
3.1.2 Tanque flash atmosférico... ..	42
3.1.3 Intercambiadores de calor de la y 2a fase.....	43
3.1.4 Cámara de vacío.....	44
3.1.5 Budinadora.....	47
3.2 Fallas en el producto terminado.....	47
3.2.1 Jabón con alta humedad....	48
3.2.2 Jabón con baja humedad....	48
3.2.3 Fideos de jabón con alta temperatura.....	49
3.2.4 Fideos de jabón con puntos negros.....	50
3.2.5 Jabón con puntos duros....	50
3.2.6 Jabón alto de color.....	51
3.2.7 Concentración de activos... ..	52
3.3 Elementos de control existente y métodos de prevención.....	52
3.4 Eficiencia de la planta y frecuencia con que se presentan las fallas.....	56

CAPITULO 4

SOLUCIONES PROPUESTAS.....	65
4.1 Nuevas condiciones	
de operación.....	65
4.1.1 Tanque flash atmosférico...	65
4.1.2 Intercambiador de calor	
de primera fase.....	68
4.1.3 Cámara de vacío.....	70
4.1.4 Intercambiador de calor	
de segunda fase.....	71
4.2 Tiempos de operación	
y servicio.....	72
4.3 Mantenimiento.....	76
4.4 Control.....	82
4.4.1 Sistema de llenado del	
tanque batidor.....	83
4.4.2 Condiciones de operación	
de la planta.....	86

CAPITULO 5

FACTIBILIDAD DE LOS

CAMBIOS PROPUESTOS.....88

5.1 Factores operacionales

y económicos.....88

5.2 Producción estimada y

ahorros esperados.....92

5.3 Resultados.....94

CONCLUSIONES.....96

BIBLIOGRAFIA.....99

INTRÓDUCCION.

En épocas recientes, el proceso para la producción de jabón, se ha estandarizado de manera sorprendente. Sin embargo, existen diferencias tecnológicas en estos procesos que han hecho a algunas empresas poder ser más competitivas que otras en la producción de pastillas de jabón, dados los menores costos que se tienen por unidad, la mejor calidad y los más altos volúmenes de producción que se pueden lograr.

Por otra parte, a nivel nacional se ha encontrado que la demanda de pastillas de jabón ha sido creciente en los últimos años y todo parece indicar que esta tendencia continuará así en los años futuros. Por esta razón y otras de carácter intangible, como puede ser la apertura comercial, que a bien está enfrentando el país, el crecimiento de la población y otros, la competencia en el sector industrial del jabón ha aumentado de manera importante, razón por la cual cada vez más, los factores de competitividad como son la calidad, el buen precio y la

disponibilidad del producto, juegan un papel determinante en lo que puede ser el sobrevivir en esta industria o convertirse en el líder.

De manera general, puede decirse que la producción de pastillas de jabón, se lleva a cabo en tres grandes etapas: primero, la recepción y premezclado de las materias primas para la preparación de la base de jabón. Segundo, el proceso de mezclado de los elementos constitutivos del jabón y el secado de ésta. Y el tercer paso, que consiste en la manufactura propiamente dicha de las pastillas de jabón y su empaquetado.

Este trabajo pretende desarrollar un estudio basado en mediciones históricas y en el conocimiento adecuado del proceso, para poder ofrecer a la compañía, que actualmente es altamente competitiva en el sector de la producción de pastillas de jabón, elementos que dentro del proceso de secado de jabón, ayuden a conservar ese nivel y desarrollen nuevas ventajas competitivas para la compañía, a través de la optimización de la planta secadora de jabón, partiendo de la importancia de algunos atributos y características necesarias en el jabón y de las normas y políticas de la empresa.

Consecuentemente, se tiene la esperanza de mejorar y elevar los niveles de producción, reducir los costos unitarios, y mejorar la calidad del jabón en esta etapa del proceso, que verá reflejado su logro en el producto terminado. Esto a su vez pretende proporcionar mayores utilidades a la compañía y mantenerse altamente competitiva en este sector industrial.

CAPITULO 1.

GENERALIDADES.

Existen actualmente en México, aproximadamente 50 fábricas de jabón, dentro de las cuales el proceso más común para la elaboración del jabón, consta principalmente de tres etapas que son:

- La recepción de materias primas y elaboración del jabón base.
- El proceso de sulfonación o la elaboración de activos.
- La manufactura propia de las pastillas.

La etapa de manufactura se divide a su vez en la preparación y secado del jabón por una parte y en la manufactura propia de las pastillas por otra.

En los últimos años, la elaboración de jabón ha tenido grandes adelantos, dentro de los cuales uno de los más importantes ha sido en el secado del jabón; a pesar de lo cual esta etapa es uno de los principales "cuellos de botella" en la

producción de jabón. Lo anterior es uno de los motivos por el cual se estudiará en este trabajo, el proceso de secado de jabón. Además de esto, existen también otros motivos importantes ya que un proceso de secado con problemas, se reflejará en problemas de producción y en la mala calidad de las pastillas. Cabe señalar que, aunque en un sentido estricto el proceso de secado y de manufactura no son totalmente continuos, es posible que se pueda llegar a detener la producción de jabón por problemas existentes en el proceso de secado.

1.1 Descripción del producto.

Técnicamente el jabón es una sal: producto de la neutralización de ácidos grasos con sosa (¹). Es un material, producto de un proceso de saponificación (²), que tiene la característica de ser tensoactivo, es decir, que separa las partículas de suciedad de diversas superficies, en este caso la piel.

En una planta secadora de jabón, el producto que se busca obtener es lo que se conoce como fideos de jabón, llamados así por la forma en la que salen del proceso. Estos fideos de jabón son el resultado de procesar el jabón base elaborado con anterioridad y el cual se encuentra en estado líquido, debido a que es hecho con cebo, aceite de coco, aceite de cártamo, aceites minerales y algunos otros compuestos también en estado líquido,

¹ Químicamente los jabones son sales metálicas de ácidos grasos.

² La saponificación es la reacción producto de un aceite vegetal o una grasa animal con un álcali fuerte como sosa o potasa y de la que se obtiene jabón y glicerina.

junto con los activos elaborados en la planta de sulfonación y otras materias primas que constituyen elementos claves para la producción de pastillas de jabón. Estos fideos de jabón deben tener ciertas características físicas y químicas que combinadas logren una buena calidad en el jabón.

Lo anterior hace notar, que el proceso de secado es uno de los más importantes dentro de la producción de jabón, pues es durante este proceso donde se logran o no, muchas de las características importantes del jabón como son: fórmula, humedad, aspecto, textura, color y otras.

Estos fideos constituyen además, la materia prima base que se alimenta a las líneas de producción, a las cuales únicamente se les tiene que agregar el colorante y perfume, para de esa manera formar la amalgama que tiene las características propias de cada tipo y marca de jabón. Por último esta amalgama se transforma en las pastillas de jabón.

Los fideos de jabón se almacenan en tanques de acero inoxidable con capacidad de 200 Kg aproximadamente con una tapa de plástico. Posteriormente estos tanques son transportados a las líneas de producción donde serán utilizados.

Para poder entender más fácilmente el comportamiento del jabón en diferentes etapas del proceso, es necesario hablar, de las diferentes fases o estados físicos en los que se puede presentar el jabón.

En el jabón de sodio, existen cuatro fases cristalinas separadas. Cada una de ellas presenta diferentes características

y propiedades cuando están en forma de jabones sólidos comerciales. A estas fases se les ha denominado: alfa, beta, delta y omega.

Las fases delta y omega están presentes en el jabón después del proceso de secado y enfriado en la planta secadora. Cierta cantidad de estas dos fases se convierte a la fase beta, principalmente con el trabajo en frío que se realiza en las líneas de producción en los molinos. La fase beta hace más espuma de manera más rápida, es más soluble, firme y translúcida que las fases delta y omega. En las barras de jabón bien procesadas se ha encontrado un 70 % de fase beta. La fase menos deseada por reducir en gran medida la plasticidad del jabón es la fase delta.

Para identificar y cuantificar las fases del jabón se utilizan técnicas de defracción por rayos X. Debido a la naturaleza altamente técnica de estas mediciones, no son prácticas para el control del proceso, por lo que es necesario operar con rangos, estándares o especificaciones que por pruebas y experiencia se sabe que producen un buen jabón. Cuando el jabón está bien procesado, éste tiene una apariencia de cera y la característica de ser suficientemente plástico para lograr un buen estampado y una alta calidad del producto.

A manera de resumen y conclusión a esta primera parte, se puede decir que el producto que se obtiene del secado del jabón son los fideos que sirven como base de alimentación a las líneas de producción y los cuales pueden pasar por muy diferentes etapas durante el proceso.

1.2 Descripción del proceso.

El proceso de secado de jabón, se realiza en una planta que comúnmente se conoce como secador, el cual está formado por equipos tales como: el tanque batidor, el tanque intermedio, el tanque flash atmosférico, dos intercambiadores de calor (primera y segunda fase), un tanque flash de vacío o cámara de vacío, dos recuperadores y la budinadora. Además se tienen equipos auxiliares como son: dos bombas de paletas, una de lóbulos, algunos tramos de tubería flexible y otros.

Como se puede observar, el proceso de secado de jabón se efectúa básicamente por flasheo. Uno a presión atmosférica y otro con presión de vacío.

El proceso se inicia en el tanque batidor, al cual se hace llegar el jabón base almacenado en pailas, por medio de una bomba. Posteriormente, mientras la mezcla se está batiendo, se adicionan otras materias primas como son los activos Retzol y Retzolante y otros elementos como: ácido clorhídrico, sal de alto calcio, sal epsom, sulfato de sodio, ácido cítrico y cold cream.

En esta parte del proceso es donde se adicionan todas las materias primas, las cuales en su mayoría se encuentran en estado líquido y el jabón base que contiene aproximadamente 30 % de agua. De aquí es que surge la necesidad de extraerle toda el agua sobrante a la mezcla, por medio del proceso más efectivo que se conoce y que es por medio de tanques flash, cuya función específica es la de separar partes de una mezcla, en este caso

agua, del resto de ella. La forma y condiciones de operación de los tanques flash, se estudiará en el capítulo 4.

Por lo regular, cuando se desea separar perfectamente alguna parte o partes de una mezcla y las cuales se encuentran en una concentración grande, ésta se deberá hacer pasar en más de una ocasión por el tanque flash o por varios tanques flash, hasta obtener la composición exacta que se desea. Estos tanques flash, operan bajo condiciones específicas de presión y temperatura, con las cuales la mezcla se hace pasar por una boquilla que la atomiza o flashea, separándola así, por la diferencia que existe entre los puntos de evaporación de los elementos constitutivos, así como por otras diferencias físicas tales como densidad y volatilidad. En el caso específico del jabón, lo que se busca separar son las partes sólidas y las líquidas, concretamente el agua.

En el jabón, este proceso se lleva a cabo por medio de los dos tanques flash ya mencionados. Este proceso tiene la ventaja de ser muy rápido, seguro y eficiente, cuando se trabaja sin externalidades y a las condiciones de operación adecuadas, las cuales enfrentan algunas dificultades como se estudiará en los capítulos siguientes. Este proceso utiliza además, algunos equipos auxiliares que también requieren ser controlados para garantizar el buen funcionamiento de la planta.

Dentro de lo que es propiamente el proceso, la mezcla, después de ser preparada en el tanque batidor se transfiere al tanque intermedio. Hasta este momento el proceso se hace por

cargas, es decir es un proceso Batch. Después del tanque intermedio, el proceso de secado es continuo. El proceso se reinicia entonces, mandando la mezcla del tanque intermedio hacia el intercambiador de calor de primera fase, en donde se eleva la temperatura de la mezcla y se manda al tanque flash atmosférico. La siguiente etapa del proceso, es calentar aún más la mezcla por medio de el intercambiador de calor de segunda fase y mandar la mezcla a la cámara de vacío donde se le extraerá la humedad restante a la mezcla. Por último, el jabón, al salir de la cámara de vacío pasa a la budinadora, que es el equipo encargado de comprimir al jabón y darle la forma de fideos, lo cual se busca que sea de esa manera, debido a la facilidad con la que se pueden manejar y amalgamar.

En la última etapa del proceso, los fideos de jabón que salen de la budinadora, deben tener ya todas las características físicas y químicas especificadas para poder pasar el control de calidad y ser utilizados en las líneas de producción. Como se mencionó, los fideos se almacenan en tanques de acero inoxidable con cubierta de plástico, mientras son utilizados. El período de almacenamiento no debe ser muy grande, pues de lo contrario, el jabón puede perder algunas de sus propiedades.

1.3 Problemas en el proceso.

El proceso de secado de jabón, suele presentar diversos tipos de fallas y en diversos equipos, lo cual tiene como característica, que todas estas fallas afectan de manera importante las propiedades con las que se obtiene el jabón y por

lo tanto, la calidad del mismo. Debido a esto es que surge la necesidad de lograr un mejor funcionamiento del equipo a un costo mínimo, dado que las fallas en los equipos y en el producto, repercuten directamente sobre los costos de producción que pueden ser: por falta o pérdida de producción, mantenimientos correctivos, falta de seguridad y paro de líneas de producción por falta de jabón. De este modo, se puede agregar que una mejora en el proceso, puede mejorar mantenimientos preventivos y eficiencia de los equipos, los cuales representan también un costo importante.

La necesidad de una mejora, lleva a la búsqueda y análisis del tipo de fallas y defectos que se presentan en el producto, para así determinar que repercusión tienen en el producto y que solución se les puede dar.

Se tratará entonces como primer paso el ver si se cumple y en que medida, de manera eficiente y correcta, el principal objetivo del proceso que es la extracción de humedad de la mezcla, ya que se conoce que existen algunos casos en los que el producto, los fideos de jabón, son rechazados por estar fuera de especificación.

Sin embargo, el problema anterior no es y por mucho el único defecto o falla que se puede producir en el proceso, pues existen desde las fallas mecánicas de algún equipo hasta la mala formulación de la mezcla por problemas en el agregado de materiales en el tanque batidor.

Así entonces se pueden dividir los problemas en el secador en: defectos en el producto, generalmente a causa de una operación bajo condiciones no adecuadas y las fallas propias en el proceso, que se dan en algún equipo específico. Dentro de las fallas en el producto, se tienen como las más comunes una mala concentración de materiales, la contaminación y el exceso o la falta de secado; mientras que las fallas en el proceso son de muy variada procedencia.

El estudio de todos los tipos de fallas o problemas que se dan en el secador se estudiarán y analizarán de manera detallada en el capítulo tres, una vez que se conozca de manera más exacta el funcionamiento de la planta secadora de jabón.

CAPÍTULO 2.

DESCRIPCIÓN DE UN SECADOR DE JABÓN.

2.1 Función de un secador.

Como se estudió en el capítulo anterior, un secador de jabón tiene dos funciones principales que son: la mezcla de todas las materias primas para la obtención de una formulación adecuada y la extracción de humedad sobrante de la mezcla hasta la obtención de los fideos de jabón.

En la figura 2.1, se observa un diagrama de flujo en el que se describe el proceso de producción de jabón y el papel tan importante que dentro de éste tiene el secador, dado que fácilmente se aprecia que es el punto de unión entre los elementos que forman el jabón base, los activos de la planta de sulfonación y elementos propios de la mezcla en el tanque batidor. También se puede observar que los fideos de jabón, producto de la planta secadora, sólo requieren de la adición de perfume, dióxido de titanio y colorante, para formar lo que se

conoce como amalgama, la cual únicamente pasa por el departamento de manufactura de la pastilla, para por último agregar envolturas interior y exterior, así como el corrugado y adhesivo que forman las cajas de jabón.

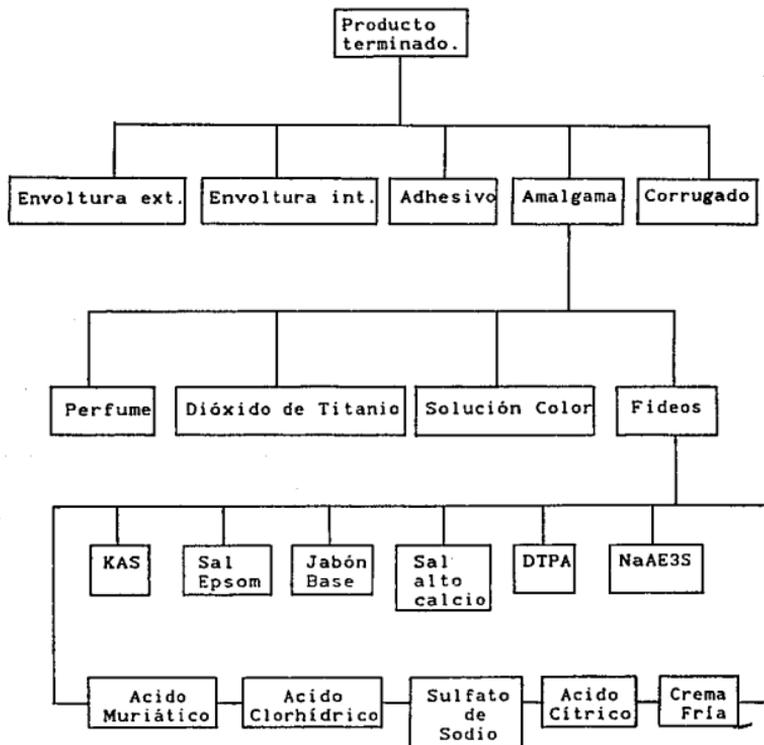


Figura 2.1. Diagrama de flujo del proceso de producción de jabón.

En realidad el inicio del proceso de secado, comienza en el tanque batidor, en el cual se adicionan las siguientes materias primas:

A) El jabón base, el cual se hace llegar al tanque batidor por medio de una bomba. Este jabón base es la mezcla de algunos ácidos grasos con ácidos alcalinos, los cuales producen además una parte de glicerina. El jabón base se ha denominado de esa manera por ser el elemento principal y que sirve como base a la mezcla de jabón. Este elemento constituye el 58 % de la carga total del batidor y contiene aproximadamente 30 % de agua.

B) El DTPA es un agente químico que evita la oxidación del jabón y separa algunas partículas de jabón contaminadas o sucias.

C) Acido clorhídrico. Este tiene como función la adecuada conjunción de los ácidos grasos que permanecen aún libres, además de neutralizar el PH de la mezcla. Este elemento se adiciona a la mezcla en estado líquido.

D) La sal de alto calcio es la siguiente materia prima que se agrega, la cual tiene como función, el anular la acidez y aumentar la vida del jabón, evitando el desgaste prematuro, debido a que disminuye la solubilidad del jabón en el agua.

E) La sal epsom o sulfato de magnesio se agrega a la mezcla para lograr que el jabón se compacte, así como para provocar una reacción con el ácido clorhídrico y formar lo que se conoce como jabón de magnesio.

F) El retzol (KAS) es un activo químico que se agrega a la mezcla para dar al jabón características propias. Tiene la

finalidad de lograr un jabón emulsificante y humectante. Este activo se produce en la planta de sulfonación y se agrega a la mezcla en estado líquido.

G) El retzolante es otro activo (NaAE3S) que se agrega a la mezcla con la finalidad de lograr características tales como una gran cantidad de espuma en el jabón. Este activo, al igual que el anterior, se produce en la planta de sulfonación y se agrega en estado líquido.

H) El sulfato de sodio se agrega a la mezcla para evitar la cristalización del jabón, así como reducir aún más, la solubilidad del jabón en el agua.

I) Se agrega después el ácido cítrico para neutralizar la sosa cáustica aún libre en el jabón base. Este ingrediente sirve además como conservador en el jabón, ya que evita la degradación de las grasas. Este nuevo ingrediente se encuentra en forma de polvo y es agregado al tanque batidor al 50 %.

J) La crema fría es el último elemento que se agrega a la mezcla. Esta es a su vez otra mezcla de aceites minerales, agua destilada, cera de abeja y borax. Esta crema se mezcla a 65 °C y sirve para dar suavidad al jabón.

Todos los ingredientes mencionados anteriormente, se adicionan al tanque batidor con intervalos de tiempo específicos entre cada uno, mientras el batidor está funcionando.

Al terminar de preparar la mezcla en el tanque batidor, ésta tiene aproximadamente 43 % de agua, debido a que muchos ingredientes se adicionan en estado líquido con un porcentaje de

agua importante, tal y como sucede con el DTPA que tiene una concentración al 40 %, mientras la sal epsom tiene una concentración de 50 %, el KAS una concentración del 29 %, el sulfato de sodio 98 %, la sal de alto calcio 99 % y el ácido cítrico 50 %.

Una vez que se ha terminado de preparar el tanque batidor, la mezcla se transfiere al tanque intermedio, el cual tiene una capacidad de 150 % del tanque batidor. Esto se debe a que la preparación de los tanques batidores se hace por procesos batch, mientras que el resto del proceso se realiza por medio de operación continua. El tanque intermedio únicamente tiene la función de tanque de almacenamiento para la alimentación del proceso. En esta parte del proceso sólo existe como condición la permanencia de la mezcla en el tanque por periodos no mayores a 24 horas, ya que después de este tiempo, la mezcla pierde homogeneidad y por lo tanto muchas de sus propiedades. Este tipo de problemas no se presenta normalmente, sin embargo, cuando existen grandes fallas mecánicas o falta de servicios como energía eléctrica, agua, vapor y otros, por periodos mayores a un día, es necesario reprocesar toda la mezcla mandándola a la planta de jabón base. Otro factor que en ocasiones provoca que la carga del tanque batidor tenga que ser reprocesada, es cuando por causas de fuerza mayor, las líneas de producción tienen que parar y por la falta de coordinación entre el departamento de líneas y del propio secador, se forman altos inventarios de jabón.

Al iniciar propiamente con el proceso de secado, la mezcla del tanque intermedio, se hace pasar a través de un intercambiador de calor de placas de dos pasos, en donde se eleva la temperatura de la mezcla, al hacer pasar ésta por un serpentín rodeado de vapor a alta temperatura, para facilitar la extracción de humedad de la mezcla.

Ya con alta temperatura, la mezcla de jabón se manda al tanque flash atmosférico, en donde ésta es atomizada por medio de una boquilla, lo que resulta en la separación de moléculas de agua de moléculas de jabón. Este constituye el primer paso de secado, donde se le extrae a la mezcla una cantidad considerable de humedad.

Dentro de esta misma etapa del proceso, debe señalarse, que el flujo de jabón es alimentado al tanque flash, por su parte central y hacia una boquilla que se encuentra girando dentro de éste, con la finalidad de atomizar la mezcla con alta temperatura de manera más brusca, al tener mayor superficie de choque con el tanque. De esta forma se busca mayor extracción de las moléculas de agua y una mayor eficiencia del sistema.

Ya terminada la primera etapa del flasheado, la mezcla de jabón se hace pasar nuevamente por unos intercambiadores de calor de placas. Este segundo intercambiador de calor se le conoce como de segunda fase, que a diferencia del primero, este último es de un sólo paso.

Una vez que la mezcla ha elevado su temperatura aún más, es enviada al tanque flash de vacío, comúnmente conocido como cámara

de vacío. Dentro de esta cámara se realiza la segunda y última etapa de secado, de modo que se le extrae a la mezcla toda la humedad no requerida. El funcionamiento de esta cámara de vacío es similar a la del tanque flash atmosférico, con la diferencia de que ésta opera a una presión de vacío de 580 mm de mercurio. Esta cámara posee además en su interior tres raspadores que tienen como función desprender el jabón asentado en las paredes del tanque. Igualmente, este tanque posee una flecha central apoyada sobre un estopero, en la que se halla una boquilla que atomiza la mezcla en forma de abanico. La mezcla de jabón, debido a las condiciones en que se encuentra y debido a las condiciones existentes dentro de la cámara, se expande de manera muy brusca, lo que ayuda a separar nuevamente, las moléculas de agua de las moléculas de jabón y obtener así los fideos de jabón con la humedad específica que se requieren en cada tipo o marca de jabón.

Este equipo es quizá el más complejo de la planta, razón por la que cuenta con varios equipos auxiliares como son un condensador barométrico, una bomba de vacío y dos recuperadores. El condensador barométrico tiene como tarea el enfriamiento de la cámara de vacío, debido a que la temperatura que se genera dentro de ésta, rebasa en ocasiones los 130 °C. La bomba de vacío, tiene como finalidad el mantener una presión de vacío constante dentro de la cámara, mientras que los dos recuperadores de jabón, conocidos como recuperador de gruesos y recuperador de finos, se encargan, como su nombre sugiere, de recuperar moléculas de jabón

que por el vacío han sido arrastradas junto con el vapor. Estos recuperadores en ocasiones rescatan cantidades de jabón considerables que tienen ya las propiedades deseadas en los fideos de jabón, pero con cierta diferencia en la forma, la cual, no representa mayor problema pues las partículas recuperadas son pequeñas y fácilmente manejables.

El jabón al salir de la cámara de vacío debe ya tener todas las características químicas que se requieren en cada caso (³). Sin embargo, para poder hacer que el jabón sea fácilmente manejable y con mayor grado de homogeneidad, se tiene como último equipo a la budinadora, la cual compacta al jabón en una cámara de extrusión y le baja la temperatura al hacer pasar éste por una cámara de enfriamiento, que evita que el jabón siga perdiendo humedad.

Es en esta etapa precisamente, donde al salir de la budinadora, el jabón se hace pasar por una malla circular provista de cortadores, que da a éste la forma de fideos que son depositados por medio de una tolva a unos tanques de acero inoxidable con capacidad para 240 kg y con tapa de plástico, que se encuentran sobre una báscula digital que emite una señal y prende un foco al llegar a dichos 240 kg. De esta forma un operador cierra la compuerta de la tolva y reemplaza el tanque lleno por uno vacío y los almacena hasta que son requeridos en las líneas de producción.

³ Se realizan pruebas de laboratorio para comprobar dichas propiedades

En la figura 2.2 se muestra un diagrama de flujo que corresponde al proceso de secado de jabón de la planta secadora y cuya descripción y estudio será objeto del siguiente tema.

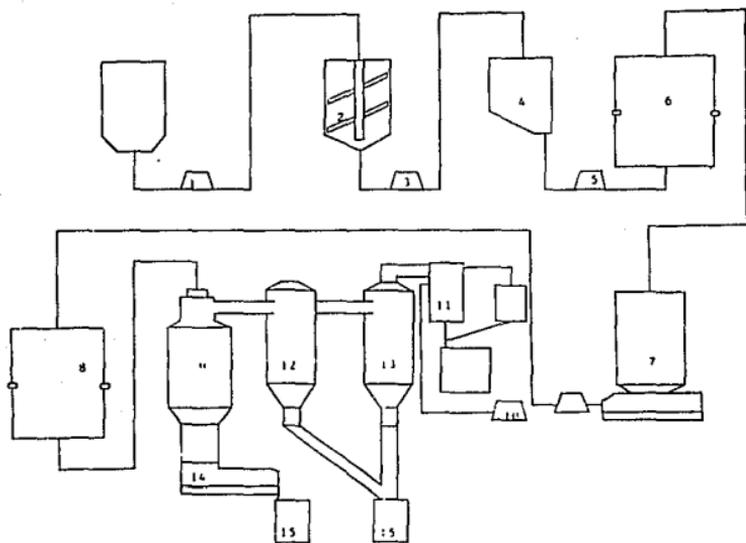


Figura 2.2.- Diagrama de flujo del proceso de secado de jabón.

En la tabla 2.1 se hace una relación con el anterior diagrama y el nombre y número de cada uno de los equipos.

Número del equipo.	Equipo.
1	Bomba jabón base-tanque batidor.
2	Tanque batidor.
3	Bomba del tanque batidor.
4	Tanque intermedio.
5	Bomba del tanque intermedio.
6	Intercambiador de la. fase.
7	Tanque flash atmosférico.
8	Intercambiador de 2a. fase.
9	Cámara de vacío.
10	Bomba de vacío.
11	Condensador barométrico. (Regadera).
12	Recuperador de gruesos.
13	Recuperador de finos.
14	Budinadora.
15	Tanques de almacenamiento (Fideos).

Tabla 2.1 Equipos que componen el secador de jabón.

2.2 Equipos que componen al secador y su funcionamiento.

Se tratará ahora de hacer una descripción exhaustiva de cada uno de los equipos, en cuanto a fabricación, funcionamiento, control y otros con la finalidad de poder analizar posteriormente cuales son las fallas y posibles soluciones dentro de la planta (*). Estos equipos son los siguientes:

A) El tanque batidor tiene forma cilíndrica con base cónica y las siguientes dimensiones: altura de 2.10 metros, diámetro de 1.5 metros y un cono de .30 metros. De la parte superior y central del tanque se desprende una flecha a lo largo de todo el tanque. Esta flecha está apoyada sobre un estopero en la parte

* Dicha descripción se basa en los manuales de operación de la planta.

inferior y contiene las aspas encargadas de batir la mezcla. Este tanque está construido totalmente de acero inoxidable y forrado completamente de asbesto y fibra de vidrio en su parte exterior. La tubería con la que está trazado es de acero al carbón, la cual permite una presión de vapor seco de 1.5 kg/cm² como máximo. La flecha de este tanque tiene como fuente de potencia un motor trifásico de 25 hp y un reductor de engranes helicoidales. A la salida de este tanque se tiene una válvula de mariposa de 4 pulgadas, encargada de dar paso al jabón hacia la bomba que lleva la mezcla al tanque intermedio. Después de esta válvula se encuentra un tramo de tubería flexible que tiene por objeto absorber vibraciones del tanque, corregir los posibles desalineamientos de la tubería, absorber dilatación de los materiales por presión y temperatura y como trampa para desalojar vapores y gases producto de las reacciones en el batidor. Siguiendo a la tubería flexible y antes de la bomba se encuentra un filtro para retener cualquier impureza que tenga el jabón. Este tanque es alimentado con el jabón base por medio de una bomba que tiene un botón de paro y arranque en el tablero de control. Este tanque está graduado y marcado en cantidades específicas, que se requieren para la preparación de la fórmula de cada tipo o marca de jabón. Algunos de los ingredientes que se adicionan a la mezcla son pesados en una báscula auxiliar y otras son medidas en recipientes graduados y marcados con la cantidad exacta que deben contener al ser agregados al batidor. La mezcla se bate actualmente por periodos que oscilan entre los 10 y 14

minutos, antes de enviar la mezcla al tanque intermedio. La bomba que lleva la mezcla al tanque intermedio posee a la salida, otro filtro para retener impurezas.

B) El tanque intermedio es también de forma cilíndrica con un ligero desnivel en la parte inferior. Este tanque tiene la alimentación de la mezcla en la parte superior con una tubería de acero al carbón de 4 pulgadas de diámetro. Está construido en su totalidad de acero inoxidable con una tapa de seguridad que cuenta con una ventanilla de observación que sirve también para muestreo. Por su diseño, este tanque que tiene como función ser la fuente de alimentación al proceso continuo siendo tanque de almacenamiento, no puede soportar un peso mayor al de su capacidad y a la presión atmosférica.

La salida de este tanque está formada por una tubería de 8 pulgadas de diámetro que cuenta para su operación y seguridad, con dos válvulas de mariposa conectadas en serie después de las cuales se halla un nuevo tramo de tubería flexible con la misma finalidad que la anterior. Esta tubería flexible se conecta a una bomba de paletas que se encarga de mandar la fórmula ya preparada al intercambiador de calor de primera fase a través de una válvula de seguridad con la que está provista la bomba.

C) El intercambiador de calor de primera fase es uno de los equipos más importantes dentro del proceso de secado de jabón. Este intercambiador es de dos pasos, de modo que el flujo de jabón pasa dos veces por el intercambiador para lograr una mayor superficie de contacto y una mejor transferencia de calor al

jabón. Este intercambiador utiliza como fuente calorífica vapor de agua, el cual, pasa a través de un serpentín que rodea al flujo de jabón. Este serpentín está formado por placas de acero inoxidable de 0.7 mm de espesor.

A manera de control, las tuberías de entrada y de salida, tanto de las tuberías de servicio (vapor) como la de jabón, están provistas de un manómetro (PI) de tubo de Burdon con líquido amortiguador y un termómetro (TI) de bulbo con tubo capilar. Estos equipos, permiten al operador hacer chequeos continuos de las condiciones de operación de este equipo. Asimismo existen válvulas de compuerta a la entrada y a la salida del cambiador de calor, para controlar la presión del flujo de jabón que pasa a través de éste.

La mezcla de jabón que sale del intercambiador posee dos fases, una líquida y una gaseosa, debido a que parte del alto porcentaje de agua que existe en la mezcla se transforma en vapor.

D) El tanque flash atmosférico recibe la mezcla de jabón que proviene del intercambiador a una presión que varía entre 1 y 1.5 kg/cm² y una temperatura que se encuentra en un rango de 100 a 110°C. La boquilla que posee este tanque con la finalidad de atomizar la mezcla tiene un diámetro que varía entre 26 y 32 mm, dependiendo del tipo o marca de jabón que se esté produciendo. La atomización de la mezcla se busca con la finalidad de separar las partículas de vapor de agua de las partículas de jabón, para extraer de manera definitiva, el vapor que sale del tanque al

encontrar una presión negativa originada por el tiro natural o chimenea del tanque que se encuentra en la parte superior de éste. Asimismo, el jabón parcialmente seco, es decir con 15 % menos de humedad, cae por gravedad a la parte inferior del tanque, donde dos gusanos mecánicos recogen y compactan al jabón, para alimentarlo a otra bomba de paletas que se encarga de llevar la mezcla hacia el cambiador de calor de segunda fase.

E) El cambiador de calor de 2a. fase tiene como finalidad aumentar aún más la temperatura de la mezcla de jabón con el objeto de lograr una mayor separación de las moléculas de agua de las moléculas de jabón de manera similar a como se hacía en la primera fase.

Este intercambiador se diferencia del primero en que éste último sólo es de un paso, por lo que el flujo de jabón sólo pasa a través de él una sola vez.

Sin embargo, este intercambiador de calor, está construido de manera similar al de primera fase, ya que también utiliza un serpentín con vapor de agua construido con placas de 0.7mm de espesor y unidas entre sí a presión.

En cuanto la colocación de equipos de medición y control, así como de válvulas, la operación de este intercambiador es idéntica a la del de la. fase.

F) La cámara de vacío o tanque flash de vacío es quizá el equipo más complejo de toda la planta, en el que se lleva a cabo la última etapa de secado de jabón. Esta cámara tiene forma cilíndrica con bases inferior y superior cónicas.

Se ha dicho que es el equipo más complejo dentro de la planta debido a que cuenta con numerosos equipos auxiliares que se requieren para la adecuada operación y a que es necesario cuidar muchos parámetros que rigen a este sistema. Dentro de los equipos auxiliares de la cámara de vacío, se encuentran los recuperadores de gruesos y de finos, la bomba de vacío, el condensador barométrico y un mecanismo interno con tres raspadores que se encargan de desprender el jabón adherido a las paredes del tanque flash. Estos raspadores se encuentran girando continuamente sobre una flecha que atraviesa al tanque a lo largo de su eje vertical, que se mantiene en dicha posición por medio de dos baleros dentro del motorreductor y que reposa en su parte superior en un estopero y una caja de retenes que a su vez funcionan como sello del vacío y dan paso a la entrada del jabón por el interior de ésta. En la parte inferior del tanque, la flecha se sostiene por medio de un tercer balero situado en dicho lugar. El motor que posee este equipo es un motor trifásico de 50 h.p.

La flecha de este tanque es hueca en su parte superior, para poder dar paso al flujo de jabón hasta una altura media del tanque, donde se encuentra una boquilla con dos salidas en forma de "V" acostada y que de manera similar al tanque flash tienen como misión el atomizar la mezcla de jabón. Estas boquillas se encuentran girando junto con la flecha y los raspadores.

En esta parte del proceso el jabón entra a la cámara a través de una tubería de acero al carbón de 4 pulgadas de

diámetro, pero con capacidad de resistir la presión a la que se alimenta el jabón, es decir, de 3.5 a 4.0 kg/cm² y a una temperatura que se encuentra en un rango de 130 a 135 °C. Estos rangos de presiones y temperaturas se deben en muchos casos a variaciones en las condiciones de operación y en otros casos a la diferencia natural que se requiere para tipos de jabón distinto.

La mezcla entra a la cámara con una presión positiva donde es atomizada en forma de abanico por las boquillas que la arrojan hacia las paredes de la cámara, donde las partículas de jabón son desprendidas por los raspadores, mientras las partículas atomizadas de agua o de vapor son absorbidas por el vacío que existe dentro de la cámara, el cual se logra gracias a la bomba de vacío. Esta presión de vacío hace también que la expansión sea mucho más brusca y facilite la separación de las partículas de jabón de las de agua.

Los raspadores, tienen la función específica de evitar un sobresecaado del jabón por excesiva permanencia dentro de la cámara, ya que éste se adhiere a las paredes interiores de la cámara dadas las condiciones que se encuentran. Así pues, el jabón permanece dentro de la cámara por períodos constantes e iguales en todos los casos, lo que también ayuda a tener un producto homogéneo. Por otra parte, los raspadores también evitan que mayor cantidad de jabón sea absorbida por los recuperadores y el vacío formado.

Los raspadores de la cámara son tres y pueden ser clasificados de acuerdo a su posición dentro de ésta en:

a) Raspador superior. Este se encuentra colocado a 100° con respecto a la posición de la boquilla y cubre el área formada por cono superior de la cámara.

b) Raspador medio. Colocado a 180° con respecto a la boquilla. Este raspador es el de mayor longitud y cubre todo el cuerpo medio de la cámara.

c) Raspador inferior. Este último se encuentra colocado a 300° con respecto a la misma boquilla y abarca el área del cono inferior de la cámara.

La posición de los raspadores responde principalmente al tiempo calculado de permanencia que debe tener el jabón dentro de la cámara (⁵), así como también facilitar el desprendimiento del jabón. En la figura 2.3 puede observarse la manera en la que se encuentran colocados los raspadores dentro de la cámara y como cubren el área total de las paredes de ésta. Los raspadores se encuentran sujetos a la flecha por medio de unos soportes de acero inoxidable, al igual que el resto de la cámara y que están atornillados a ésta. Los tres raspadores cuentan en el extremo que desprende el jabón, con unas cuchillas que son las propiamente encargadas de realizar la mencionada labor. Estas cuchillas están fabricadas en micarta de $1/8$ de pulgada de espesor y se encuentran sujetas a el cuerpo propio del raspador por medio de una solera con la que se atornillan.

⁵ La posición de los raspadores está justificada con base en el diseño del productor del equipo.

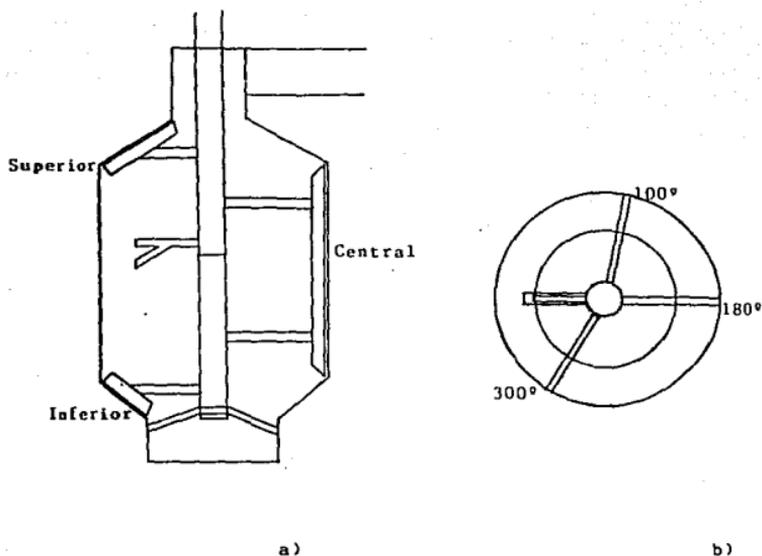


Figura 2.3. a) Posición de los raspadores dentro de la cámara de vacío y b) Area que cubre cada uno.

Los raspadores tienen además un mecanismo amortiguador que cumple dos funciones principales que son: asegurar un contacto perfecto con las paredes de la cámara y evitar daños mayores en caso de que se atasque el jabón y se produzca un sobresecado de éste, que trae como consecuencia un alto endurecimiento capaz de descomponer y dañar el mecanismo al no poder ser desprendido con facilidad.

El recuperador de gruesos se encuentra conectado directamente a la cámara de vacío en la parte superior de ambos tanques, lugar donde también se encuentra el ducto de vacío. Este recuperador es un tanque cilíndrico con base cónica que por medio de un efecto ciclónico originado por el vacío y la forma del tanque absorbe las moléculas de jabón que han sido arrastradas. Este recuperador tiene un doble efecto, por una parte, recupera cantidades considerables de jabón y por otra evita un daño ecológico importante al evitar que dichas partículas de jabón salgan a la atmósfera junto con el vapor extraído.

El recuperador de finos está conectado por un lado y en su parte superior al recuperador de gruesos y por el otro, también en su parte superior al ducto de vacío que encuentra a la bomba que lo genera en el otro extremo. La finalidad de este recuperador es retener las partículas de jabón que no pudieron ser capturadas por el recuperador de gruesos. La forma de este tanque y su funcionamiento es igual al anterior.

Ambos recuperadores tienen además una tolva con compuerta en la parte inferior, que permite desalojar los residuos de jabón obtenidos durante el proceso.

El condensador barométrico, otro equipo auxiliar de la cámara de vacío tiene como finalidad recuperar el agua que en forma de vapor se ha obtenido del proceso, evitar que la temperatura dentro de la cámara sufra incrementos positivos altos y servir de sello a la presión de vacío generada. Este equipo se conoce también como regadera, debido a que en su funcionamiento

utiliza agua de enfriamiento que cae a través de un tanque cilíndrico que posee en su interior una serie de 14 platos de acero inoxidable que contienen orificios similares a los de una regadera. En este equipo los vapores entran por la parte inferior y lateral del tanque, en donde al tratar de subir van siendo condensados por el agua que baja por los diferentes platos o mamparas del condensador.

G) La budinadora es el último equipo de la planta secadora de jabón y la cual tiene como función el comprimir al jabón, bajarle la temperatura y darle la forma de fideos para hacerlo más manejable. Esta budinadora tiene forma cónica, está fabricada de acero inoxidable y se encuentra conectada directamente con la cámara de vacío por medio de una tolva y una compuerta. Asimismo la budinadora consta de 5 componentes que son:

a) La cámara de extrusión, la cual se encarga de comprimir y darle cuerpo al jabón.

b) Cámara de enfriamiento. Esta se aloja en el interior de la cámara de enfriamiento y sirve para bajar la temperatura del jabón que hasta este momento rebasa los 100°C.

c) Gusanos. Estos dos gusanos helicoidales que giran de manera paralela y en sentido encontrado tienen como finalidad el transportar el jabón hacia la placa de orificios. Estos gusanos están contruidos de aluminio tratado con un cople de hierro de fundición que los une con el eje de transmisión. Además estos gusanos tienen un mamelón de acero inoxidable en su extremo que mueve a los cortadores.

d) La placa de orificios tiene como función el dar al jabón la forma de fideos, para hacerlo más manejable y homogéneo.

e) El sistema de transmisión de la budinadora se hace a través de poleas de ranura con bandas tipo "V". Estas poleas giran por medio de una caja de 7 engranes montados sobre 5 flechas de acero al carbón que sirven como reductor de velocidad de 26 a 1 al motor trifásico de inducción de 50 h.p. y 1750 rpm nominales que se encarga de dar potencia a la budinadora.

f) Existen además dos cortadores en forma de estrella a la salida de la placa de orificios que quedan acoplados al mamelón de los gusanos y cuya finalidad es precisamente cortar los fideos de jabón para hacerlos de tamaño más manejable.

2.3 Capacidades y condiciones de operación.

De acuerdo a lo descrito en la sección anterior se estudiarán las condiciones de operación a las que debe trabajar cada uno de los equipos.

A) En la tabla 2.2 se muestra la capacidad total del tanque batidor y la cantidad correspondiente de cada materia prima para una adecuada preparación de la carga.

Elemento.	Cantidad.
Base de jabón.	1165 kg.
DTPA.	3.196 kg.
Acido clorhídrico.	37.62 kg.
Sal de alto calcio.	4.303 kg.
Sal epsom	50.41 kg.
Primer activo.	445.17 kg.
Sal epsom (2a carga).	50.41 kg.
Segundo activo.	233.09 kg.
Sulfato de sodio.	7.5 kg.
Acido cítrico.	3.565 kg.
T O T A L.	2000.3 kg.

Tabla 2.2 Capacidad del tanque batidor.

El tanque batidor sin embargo tiene una capacidad real de 2150 kg, con la finalidad de evitar derramamientos de la mezcla al momento de batirse (*).

Este tanque reposa sobre una báscula analógica que tiene divisiones sobre la carátula cada 50 gramos, para que el operador pueda darse cuenta de manera aproximada de las cantidades que se adicionan de cada materia prima. Esta forma de medición en realidad es muy aproximada, debido a que las constantes vibraciones del tanque al momento de estarse batiendo la mezcla provocan también variaciones importantes en la medición, lo cual puede concluir en una mala formulación.

El agregado de materias primas al tanque batidor se realiza de dos diferentes maneras. La primera es haciéndolo manualmente, es decir, el operador debe pesar en una báscula auxiliar la cantidad exacta de cada ingrediente y después vaciarlo dentro del tanque batidor o bien medir la cantidad requerida en probetas o recipientes graduados y marcados con la cantidad exacta que se debe adicionar. La segunda forma, para aquellos ingredientes que pueden resultar peligrosos para el operador, se hace por medio de pequeños tanques auxiliares situados sobre el tanque batidor y conectados a éste en su parte superior. Aquí el agregado de materiales se hace de manera semiautomática ya que el operador abre y cierra la compuerta que vacía el tanque auxiliar al tanque batidor por medio de un botón que existe en el tablero de

* Por diseño del fabricante.

control. El llenado de estos tanques auxiliares se hace a través de una válvula de flotador.

El tiempo de batido de la mezcla varía en un rango entre 12 y 14 minutos, sin que esto tenga consecuencias importantes en la calidad del producto, sino que sólo afecta la velocidad del proceso. Cada materia prima se adiciona a intervalos de un minuto aproximadamente con excepción del ingrediente que sigue al ácido clorhídrico, ya que éste debe dejarse batir por un período de 5 minutos. Sin embargo, no existe hasta ahora una medición exacta del tiempo en el que debe agregarse cada materia prima, sin afectar sustancialmente el resultado en la calidad de los fideos de jabón, pero sí ocasionando una pérdida de tiempo.

Esta operación de batido se realiza a una temperatura de 45°C aproximadamente, que es la temperatura que tiene el jabón base, ingrediente principal de la carga, mientras que las demás materias primas se agregan a una temperatura ambiente de más o menos 20°C.

B) Tanque intermedio. Una vez preparada la mezcla, el batidor se detiene y se inicia el bombeo de la mezcla al tanque intermedio a una velocidad de 300 kg/min aproximadamente, por medio de una bomba de lóbulos. Este tanque intermedio tiene una capacidad de 3225 kg, lo cual representa el 150 % de la capacidad del tanque batidor.

C) El intercambiador de calor de primera fase tiene una capacidad de 4500 lb/hr y opera con vapor de agua a una temperatura de 135°C y a una presión de 5.0 kg/cm². La manera en

la que se logran dichas condiciones de vapor es: primero por medio de una caldera con capacidad de generar vapor a una temperatura de 135°C y 8 kg/cm² de presión, y segundo controlando el flujo de jabón a través de válvulas de compuerta que regulan tanto el flujo de jabón como el de vapor. Adicionalmente existen manómetros de tubo de burdon y termómetros de bulbo a la entrada y salida del intercambiador, los cuales sirven como indicador al operador de si debe o no, abrir o cerrar más la válvula según se requiera.

Durante esta etapa el jabón adquiere una temperatura de 103°C aproximadamente y una presión que varía de 1.3 a 1.5 kg/cm²

D) El tanque flash atmosférico, opera por una parte con las condiciones que trae la mezcla de jabón y por otra, en contraste con la presión atmosférica a la que se encuentra dicho tanque de 1.034 kg/cm². La velocidad a la que se lleva a cabo este proceso es también de aproximadamente 300 kg/min. El jabón que se obtiene en este tanque, es transportado a una bomba de paletas por medio de los dos gusanos con que cuenta el tanque. Esta bomba hace llegar la mezcla de jabón a el intercambiador de calor de segunda fase.

E) El intercambiador de calor de segunda fase opera de manera muy similar al de primera fase, ya que su fuente calorífica es la misma caldera y el vapor que utiliza se encuentra con casi las mismas características, ya que la temperatura es de 135°C y la presión de 6.0 kg/cm².

El flujo de jabón sale de este equipo con una temperatura de 130°C y una presión de 3.7 a 4.0 kg/cm².

F) La cámara de vacío, también opera de manera muy similar al tanque flash atmosférico, pues por una parte, utiliza las condiciones que trae consigo el jabón y por otra una presión de vacío en el interior del tanque de 580 mm de mercurio o de 0.76 kg/cm². Este equipo utiliza como fuente motriz, un motor de 50 h.p. trifásico de inducción que opera a 30 rpm.

G) La budinadora, que recoge directamente el jabón obtenido en la cámara de vacío, opera también con una presión de 58 mm de mercurio en la entrada y con presión atmosférica a la salida, es decir, la budinadora cuenta con un empaque a nivel de los gusanos encargados de transportar el jabón, que mantiene la presión de vacío dentro de la cámara.

H) Los recuperadores, al igual que la cámara de vacío, están a una presión de 58 mm de mercurio y posee una temperatura de aproximadamente 110°C, producto de la temperatura del vapor de agua que se está extrayendo, por la temperatura del jabón y por la temperatura del agua de enfriamiento del condensador barométrico.

I) El condensador barométrico trabaja con agua de enfriamiento a 10°C aproximadamente.

En la tabla 2.3 se muestra un resumen de las condiciones de operación de temperatura y presión para los equipos más importantes dentro de la planta secadora de jabón.

Estas condiciones de operación han sido determinadas tomando como base el diseño de cada uno de los equipos y las condiciones necesarias para la obtención de un producto homogéneo y de alta calidad. Sin embargo, estas condiciones de operación frecuentemente son alteradas por razones como las que se estudiarán en el siguiente capítulo.

Los equipos motrices no han sido considerados en alguna otra tabla, debido a que estos no constituyen parte esencial de la problemática de controlar las condiciones de operación del sistema.

Equipo.	Presión.	Temperatura.
Tanque batidor.	1.033 kg/cm ²	45°C
Tanque intermedio.	1.033 kg/cm ²	40°C
Primera fase (Vapor).	5.000 kg/cm ²	135°C
Primera fase (Jabón).	1.3-1.5 kg/cm ²	40-105°C
Tanque flash.	1.033 kg/cm ²	105°C
Segunda fase (Vapor)	6.000 kg/cm ²	135°C
Segunda fase (Jabón)	3.5-4.0 kg/cm ²	130°C
Cámara de Vacío.	580 mm de Hg	110°C
Recuperadores.	580 mm de Hg	110°C
Budinadora.	580 a 760 mm de Hg	110-55°C

Tabla 2.3 Condiciones de operación.

2.4 Variables y parámetros del sistema.

La finalidad de esta sección es estudiar aquellas variables en las que se debe prestar especial atención para lograr una

adecuada calidad del producto. Así, los parámetros más importantes que deben manejarse en la operación del secador son:

- A) Humedad.
- B) Alcalinidad o acidez (PH).
- C) Concentración de activos.

La humedad en este caso se refiere a la cantidad de agua que contiene la mezcla de jabón como porcentaje de la masa total de ésta. En este caso la humedad de la mezcla preparada de jabón es de 43 %. Durante el proceso de secado la humedad cambia de la siguiente manera: El jabón, después de haber pasado por el intercambiador de primera fase y el tanque flash atmosférico debe haber perdido entre 10 y 12 % de humedad, mientras que al salir del intercambiador de segunda fase, el jabón debe tener entre 20 y 22 % de humedad, para que finalmente al salir de la cámara de vacío el jabón tenga ya una humedad entre 8 y 10 % para la marca X y de 11 a 12 % para la marca Y. Esto es un indicador parcial pero que resalta la importancia que tiene dentro del proceso un buen control de la humedad, ya que de lo contrario, el jabón tendrá que ser reprocesado.

B) El PH del jabón (su grado de acidez, de alcalinidad o grado neutro) es también un parámetro fundamental que debe cuidarse durante el proceso para lograr una alta calidad del producto. El PH es el logaritmo negativo de la concentración del ión-hidrógeno del compuesto. Este se mide en una escala que va de 0 a 14, siendo el No. 0 el más ácido y el No. 14 el más alcalino,

teniendo al No. 7 como elemento o coeficiente neutro. La gráfica 2.1 muestra la escala en la que se mide el PH

0 (FUERTE) (DEBIL) 7 (DEBIL) (FUERTE) 14

ACIDEZ

NEUTRO

ALCALINO

Gráfica 2.1. Escala de medición del PH

La medición del PH se hace comúnmente por cualquiera de los dos siguientes métodos: potenciométricamente y con el uso de papel de colores.

En el caso del jabón aquí estudiado, el rango de PH que se debe manejar en los fideos de jabón es de 9.2 a 9.8, de tal forma que sea un jabón alcalino.

De manera similar a cuando el jabón no tiene la humedad requerida, el jabón con PH fuera de rango deberá reprocesarse.

C) La concentración de activos dentro de los fideos de jabón determina también la calidad de éstos, de modo que el control de este parámetro debe manejarse con mucho cuidado. Cabe mencionar que dicha concentración depende totalmente de una adecuada formulación. La concentración de activos que debe manejarse en el secador es de 3.6 % +/- 3 %.

Algunas otras pruebas que hace el departamento de calidad a los fideos de jabón son:

D) Prueba Mullen. Esta prueba consiste en la medición de la presión necesaria para lograr que fluya por determinada sección. La importancia de mantener al jabón dentro de estos estándares

radica en que un jabón muy suave no puede ser procesado en forma de pastilla, debido a que fácilmente se queda adherido a las estampadoras de líneas de producción y a que sería un producto muy delicado y difícil de manejar. Por otra parte, un jabón con un Mullen muy alto provoca grietas en las pastillas, además de presentar dificultades en el estampado.

Existen algunos factores que tienen relación directa con el Mullen, tal es el caso de la temperatura de los fideos de jabón, la cual a incrementos de 1°C hace disminuir al Mullen en dos unidades, efecto similar al que produce un incremento en los índices de yodo del jabón. El Mullen que debe obtenerse en los fideos está entre 50 y 55 puntos.

E) La prueba de puntos duros se realiza dejando el jabón en agua a 20°C durante un par de horas, para posteriormente rasparlo y evaluar el grado y número de éstos (los puntos duros son partículas de jabón sobresecado). Esta prueba tiene como finalidad el evitar que las pastillas de jabón produzcan una sensación arenosa al consumidor en el momento de ser usados.

F) Las pruebas de color y olor se hacen para procurar lograr un grado alto de homogeneización del producto, haciendo que éste siempre tenga el mismo color y olor.

G) La prueba de grietas consiste en hacer una simulación acelerada del proceso que sufren las pastillas de jabón al ser utilizadas y posteriormente dejadas en las jaboneras, de las que resulta en ocasiones la aparición de grietas en el jabón. Esta prueba acelerada consiste en sumergir las pastillas en agua a

20°C por 2 horas y después cortarlas y almacenarlas por espacio de 16 horas.

El estudio de los incisos anteriores, hace claramente comprensible la necesidad que existe en la empresa de desarrollar sistemas capaces de evitar problemas y controlar los parámetros y variables que afectan a la planta secadora de jabón.

CAPITULO 3.

ANALISIS DE CAUSAS DE LA PROBLEMÁTICA.

Este capítulo tiene la finalidad de hacer un estudio de las principales fallas que existen en las plantas secadoras de jabón, así como las posibles causas de éstas y sus consecuencias, tanto en el proceso como en el producto. Se estudiará también la frecuencia con la que ocurren estas fallas y los equipos de control existentes.

3.1 Principales fallas en los equipos y su operación.

Esta parte estudiará las fallas y posibles causas en cada uno de los equipos. (Se excluye el tanque intermedio, debido a que su única función es ser tanque de almacenamiento).

3.1.1 Tanque batidor.- En este tanque, las principales fallas que se pueden encontrar son:

A) Jabón fuera de especificaciones. Este tipo de problemas tiene tres causas principales y se presenta cuando el jabón base tiene un estado esponjoso, generalmente producto de la alta

temperatura con la que se tiene almacenado el jabón, cuando éste tiene un PH demasiado alto, lo cual produce un jabón demasiado alcalino y cuando el jabón base se encuentra a baja temperatura, ya que esto provoca un difícil mezclado en el tanque.

B) Mal agregado de materiales. En caso de que exista un mal agregado de materiales, el resultado que se tendrá, es la obtención de fideos de jabón fuera de especificación. (las cantidades y proporciones adecuadas, se mencionaron en el capítulo anterior).

Una de las materias primas que requieren especial atención es el ácido clorhídrico, ya que este tiene la característica de provocar grandes variaciones en el PH de la mezcla, por lo que en ocasiones se tiene que llegar a desalojar la mezcla del tanque, para ser procesada. Por otra parte, un exceso de ácido clorhídrico, produce una mezcla demasiado ácida, que deberá ser neutralizada con sal de salmuera, en caso de que la variación del PH no sea muy grande (⁷).

En las demás materias primas, lo más importante es mantener las cantidades, proporciones y orden de agregado preestablecidos.

El tanque batidor es como se sabe, el equipo en el cual se inicia el secado del jabón. Debido a ello, todos los problemas que se tengan en este equipo pueden ocasionar el paro total de la planta secadora, pues como se ha mencionado anteriormente, en ocasiones es necesario desalojar la mezcla del tanque y detener momentáneamente el proceso. Adicionalmente, el hecho de que los

⁷ Dato proporcionado por los técnicos e ingenieros de la planta

fideos de jabón tengan o no las especificaciones requeridas de PH, activos e incluso de humedad, se origina casi por completo en el tanque batidor.

3.1.2. El tanque flash atmosférico presenta también tres tipos de fallas que se pueden clasificar como sigue:

A) Jabón totalmente líquido.- Cuando en la entrada del tanque flash atmosférico se presenta este tipo de jabón, la totalidad de las veces será necesario detener el proceso y purgar el tanque, para desalojar la mezcla, debido a que es prácticamente imposible extraerle la humedad necesaria a la mezcla, en los equipos siguientes a éste. Este tipo de jabón se presenta por lo general debido a la baja temperatura que tiene el jabón ocasionado por un mal funcionamiento del intercambiador de calor en primera fase, el cual se estudiará en la siguiente sección.

En este caso el efecto que se produce en el proceso es también la no continuidad de éste y la necesidad de hacer la limpieza del tanque para evitar una posterior contaminación del jabón con algún residuo de la mezcla desalojada.

B) Jabón demasiado seco.- La presencia de este tipo de jabón se debe básicamente a una alta concentración de ácido clorhídrico en la mezcla, la cual produce una mayor densidad de la mezcla y una menor solubilidad del jabón. Debido a esto es que el agua presente en la mezcla es muy fácilmente separable y por lo tanto es fácil también que el jabón sea sobresecado. Las consecuencias

serán entonces, la obtención de fideos de jabón secados en demasía y por lo tanto fuera de especificación. Sin embargo cuando se origina este problema, es difícil detectarlo, por lo que normalmente el proceso no se detiene y con ello, el resultado es palpable hasta la última etapa del proceso.

C) Mal control de flujo.- En algunas ocasiones, es factible que el flujo de jabón que pasa del tanque intermedio hacia el tanque flash, sea demasiado lento o demasiado rápido. Esto puede ser ocasionado por fallas en la bomba o por taponamiento de las trampas de vapor que existen en el cambiador de calor de primera fase y a la entrada del tanque flash. El resultado de este tipo de problemas es que el secado puede hacerse más lento y provocar además variaciones en la humedad de los fideos de jabón.

3.1.3.- Los intercambiadores de calor de primera y segunda fase pueden presentar algunos problemas, ocasionados principalmente por la baja eficiencia del equipo y por fallas en los equipos auxiliares con que se cuenta. Este equipo es uno de los que mayor deterioro presenta, ya que es común encontrar fugas en las trampas de vapor, taponamiento de los propios intercambiadores y algunas veces la rotura parcial de éstos. Además los intercambiadores de calor, presentan fallas propias del sistema que se pueden clasificar de la siguiente manera:

A) Baja temperatura en el equipo.- Este tipo de fallas son originadas principalmente por la pérdida de vapor caliente dentro de los intercambiadores, o en las trampas de vapor, lo cual provoca un deficiente incremento de temperatura en el jabón.

B) Baja presión del flujo de jabón.- Básicamente estas fallas son provocadas por el deterioro del intercambiador en donde, se producen fugas de jabón y por ende la baja de presión del flujo. Sin embargo, otro factor que puede ser importante, es la densidad de la mezcla, la cual como se vió, tiene relación directa con su preparación.

C) Mal control de flujo de vapor.- Existen diversos factores que pueden provocar esto, como son el taponamiento de las válvulas de aire que controlan el flujo de vapor en los intercambiadores y la presión y temperatura con la que el vapor está siendo suministrado por la caldera. Estas deben ser mayores de 6.5 kg/cm² y de 130°C respectivamente. Sin embargo estas condiciones no son suficientes ya que lo más importante es mantener dichas condiciones de operación constantes, pues de lo contrario el jabón no será homogéneo y por tanto no tendrá la calidad deseada, necesaria para satisfacer las necesidades de demanda en los consumidores, ni mantener los estándares de calidad.

3.1.4.- La cámara de vacío es uno de los equipos en los que se debe poner especial atención, ya que su complejidad conlleva también en ocasiones a fallas complejas. Este tipo de fallas puede clasificarse de la siguiente manera:

A) Bajo nivel de vacío.- La presencia de este problema es quizá, el más común en el equipo y también el que tiene mayores causas, pues por lo general, este bajo nivel de vacío se debe a

la fuga del mismo vacío en cualquiera de los siguientes lugares o equipos auxiliares:

a) Compuerta de entrada-hombre (Entrada para limpieza, ajuste y mantenimiento del equipo.).

b) Tapas de los ductos que conectan a la cámara con los recuperadores y con la budinadora.

c) Estopero de los raspadores.

d) Estopero de los recuperadores.

e) Placa de fideos en la budinadora.

f) Nivel de agua en la torre de enfriamiento.

(Recuérdese que controla el nivel de vacío.)

g) Compresor de vacío.

h) Bomba de agua de la torre de enfriamiento.

De lo anterior se puede observar que en caso de que se presente este tipo de falla es necesario revisar muchos lugares y equipos, para detectar y corregir el problema, lo cual lógicamente significa el detenimiento del proceso por un período más o menos largo, pues con fugas en el vacío, el resultado que se tendrá en el producto es la obtención de los fideos de jabón mal secados o con una excesiva humedad.

B) Raspadores.- El desalineamiento de éstos y consecuentemente la pérdida de la posición de estos raspadores es también uno de los mayores problemas que se presenta. Esto provoca que el jabón no pueda ser desprendido de las paredes de la cámara, ni en su totalidad, ni en el momento adecuado, con la lógica consecuencia de que el jabón que se obtenga no tendrá

condiciones de secado homogéneas y por tanto propiedades distintas. Otro tipo de problema que se da con los raspadores es el aflojamiento de éstos, lo cual tampoco permite el desprendimiento total del jabón de las paredes de la cámara, lo cual genera un excesivo secado en el jabón que se queda dentro de la cámara, al grado de ponerse tan duro como una "piedra de jabón".

C) Boquillas.- El tipo de boquillas que se utilizan en la cámara depende del tipo o marca de jabón que se esté produciendo, ya que como se mencionó en el capítulo anterior, el grado de humedad con el que se desea obtener los fideos de jabón, varía de una marca a otra. Esto hace necesario que cada vez que se desee cambiar de marca, el proceso se debe detener, para hacer el cambio de boquilla y la limpieza de la cámara. Pero éste no es en realidad el principal problema, pues es el taponamiento de las boquillas lo que produce un inadecuado flasheo de la mezcla y por tanto un deficiente secado.

D) Recuperadores.- En estos equipos, los problemas más comunes, son el mal desalojo del producto, debido al atasque de los gusanos transportadores por la entrada de agua de enfriamiento, la descompostura del motor y la ruptura de la cadena de transmisión.

E) Condensador barométrico (Regadera).- Por lo regular, el principal problema en este equipo, es la falta de sellado en la cámara por el taponamiento de los filtros del condensador o por la obstrucción de los platos (mamparas) de éste. En este caso es

más o menos claro, que el jabón que se obtenga con la presencia de este tipo de falla, será la obtención de jabón fuera de especificación por humedad, además de provocar el paro total de la planta secadora, en caso de una inundación de la cámara de vacío.

3.1.5.- La Budinadora presenta también algunos problemas que se han clasificado como sigue:

A) Deficiencias en el flujo de agua enfriadora en la chaqueta de la cámara. Esto puede ser ocasionado por una mala operación de la bomba de la fosa de agua, encargada de suministrar el agua. La consecuencia será entonces la obtención de fideos con alta temperatura.

B) Fallas en el control de velocidad de los gusanos.- Este tipo de fallas se traduce a una pérdida de vacío y/o acumulación de jabón en la cámara.

C) El desgaste de los gusanos produce la acumulación de producto en la cámara, debido a un mal arrastre del jabón, lo cual origina variaciones en la humedad del jabón debidas a la no continuidad con la que sale el jabón.

D) El mal estado de los cortadores o del plato de orificios de fideos, provoca de manera similar al caso anterior, la acumulación de jabón y la no homogeneidad del producto.

3.2 Fallas en el producto terminado. (Fideos de jabón).

Se estudiará ahora los defectos que se obtienen en los fideos de jabón y su posible origen en el proceso, para lo cual se clasificarán estas fallas de la siguiente manera:

3.2.1.- Jabón con alta humedad. Comúnmente se conoce en la planta como alto volátil y se refiere al grado de humedad por encima de las especificaciones con que salen los fideos de jabón, razón por la cual es necesario reprocessar el producto.

En algunas ocasiones, cuando se tiene un alto inventario de fideos de jabón, es posible dejar reposar al jabón, para que éste pierda el exceso de humedad que tiene. Esto es posible sólo cuando el grado de humedad por encima de lo especificado no excede al 2 %. De manera general se pueden establecer las causas por las que se da la alta humedad en los fideos de jabón, las cuales se enlistan a continuación:

A) Baja temperatura del jabón a la salida de los intercambiadores de calor.

B) Bajo nivel en la presión de vacío en la cámara. (Mínimo 58 mm de Hg).

C) Alto electrolito en el jabón.

D) Presión de vapor por debajo del nivel normal (Mínimo 6.0 kg/cm²).

3.2.2.- Jabón con baja humedad, también llamada bajo volátil. Este término se refiere al grado de humedad que se obtiene en los fideos de jabón por debajo de la especificación. En términos generales se puede decir que se está hablando de un jabón sobresecado, lo cual indica la necesidad de reprocessar el producto.

Sin embargo existe una excepción a lo mencionado en el párrafo anterior, de manera similar al caso 3.2.1, debido a que

si el grado de humedad por debajo de lo establecido se encuentra en un rango de .5 a .8 %, entonces, se podrá elegir como solución, el darle una ligera rociada con agua a los fideos de jabón, con la finalidad de que éstos adquieran la humedad requerida. Sin embargo, en términos generales puede señalarse que, el agregar agua al jabón es particularmente negativo, ya que el agua es absorbida sólo en forma superficial, por lo que el resultado en las líneas de producción de moler una mezcla de jabón húmedo y seco, tiene como consecuencia producir un mal producto. Las principales causas que originan la baja humedad son las siguientes:

A) Excesiva presión de vapor en la segunda fase. (7.5 kg/cm² como máximo.).

B) Bajo nivel de enfriamiento de los fideos en la cámara enfriadora de la budinadora. (40 grados centígrados como máximo.)

C) Excesivo agregado de ácido clorhídrico en la preparación de la mezcla.

3.2.3 Fideos de jabón con alta temperatura.- Esto se refiere a los fideos de jabón que aún cuando salen con un rango de humedad dentro de las especificaciones, pueden llegar a salirse de ese rango, debido a que con la alta temperatura, los fideos de jabón, perderán más humedad de la deseada y por tanto saldrán de especificación. Las principales causas de este defecto son las siguientes:

A) Alta temperatura del agua alimentada al condensador. (28 grados centígrados como máximo.).

B) Fuga de vacío en la cámara.

C) Alta temperatura del jabón al entrar a la cámara de vacío, debido a una alta temperatura o presión en el vapor del intercambiador de calor de segunda fase.

D) Alta temperatura del agua de enfriamiento en la budinadora.

3.2.4 Fideos de jabón con puntos negros.- Este tipo de defectos en el producto se refiere al número o cantidad de partículas extrañas, que se obtienen en los fideos de jabón, generalmente como consecuencia de producto contaminado por factores tales como los siguientes:

A) Equipos sucios.

B) Materias primas contaminadas.

De lo anterior, se puede observar la necesidad que existe de parar la planta secadora y hacer limpieza en caso de que se presente este tipo de defecto en el producto. Asimismo sería necesario hacer una revisión de la calidad y pureza de las materias primas con las que se está trabajando.

3.2.5 Jabón con puntos duros.- Este término, de manera semejante al anterior, se refiere al número de partículas de jabón sobresecado que se presentan en los fideos de jabón y que a la larga, serán los causantes de la ya mencionada sensación arenosa, que se produce en las pastillas de jabón. La existencia

de estos puntos duros se debe principalmente a las siguientes causas:

A) La mala posición de los raspadores, evita que la totalidad del jabón adherido a las paredes de la cámara, pueda ser desprendido. Debido a esto, es que existen partículas de jabón que permanecen más tiempo en la cámara y por tanto son sobresecadas, produciendo así los llamados puntos duros.

B) El jabón sobresecado en la primera fase, ocasionado por un exceso de calor, puede provocar la formación de partículas de jabón con un grado de secado mayor al de otras.

C) Los recuperadores pueden originar la formación de partículas sobresecadas, debido a problemas de desalajo del producto, lo cual produce pequeñas acumulaciones de jabón sobresecado, que lentamente van siendo arrastradas con el resto del jabón.

D) La acumulación de jabón en los gusanos de la budinadora, en los cortadores y en el plato de orificios de los fideos, producen este tipo de defecto, por razones idénticas a las mencionadas en el inciso C.

3.2.6 Jabón alto de color.- La consecuencia directa que este tipo de defecto produce, se manifiesta directamente en el color de la pastilla de jabón terminada, en donde el tono de éstas pueden estar fuera de los estándares de calidad y de especificación, debido a lo cual será necesario reprocesar estas pastillas. Por lo general esto se debe a:

A) Materias primas fuera de especificación.

B) Fideos de jabón con alta temperatura, que al semiquemar las grasas, producen un cambio de color.

3.2.7 Concentración de activos.- Este es un punto esencial en el resultado del proceso, ya que aunque se logre obtener fideos de jabón con el PH y la humedad específicos, operando de manera adecuada, el producto no podrá darse como bueno, sino hasta que se verifique la adecuada concentración de activos, pues como se sabe, éste es uno de los parámetros más importantes que se tienen que controlar en el sistema y que menos variación acepta. En caso de que la concentración de activos en el jabón, no esté dentro de especificaciones, será motivo más que suficiente para tener que reprocesar el producto.

Actualmente, la forma en la que se adicionan los activos, es por medio de probetas graduadas, que en los más de los casos, garantizan la exacta porción que se debe agregar a la mezcla. Sin embargo existen ciertas probabilidades de falla que derivan, de forma indirecta de las cantidades en las que se añadan las demás materias primas, pues puede ser necesario, en ciertas ocasiones, el hacer un ajuste en la cantidad de activos agregados, para mantener una adecuada proporción y concentración en la mezcla.

3.3 Elementos de control existente y métodos de prevención existentes.

Se estudiarán ahora los elementos con los que cuenta la planta, para controlar la operación de ésta, con la finalidad de detectar posibles fallas en estos sistemas de control, o bien determinar en qué parte del proceso, se requiere cambiar, aumentar

o disminuir el control que se tiene actualmente. Se mencionará entonces, la localización de cada elemento de control y su función en la planta.

En el diagrama de flujo de la figura 3.1 se ilustran todos los elementos de control que actualmente se tienen en la planta.

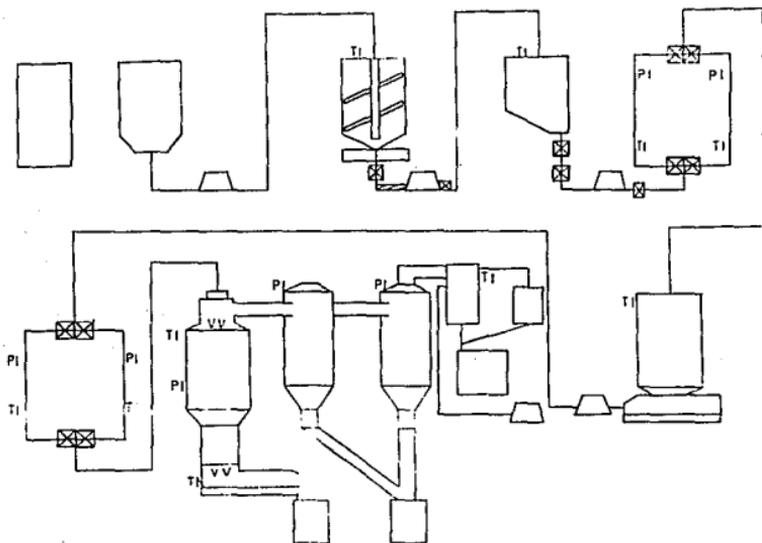


Figura 3.1 Diagrama de flujo del secador de jabón con elementos de control.

Como primer paso, debe mencionarse que existe un tablero de control, a través del cual se manejan y controlan muchos de los equipos de la planta (8). Uno de los principales equipos de control existente es la báscula digital, sobre la cual descansa el tanque batidor. Esta báscula registra en el tablero de control, los kilogramos de mezcla que tiene dicho tanque, de manera que el operador puede arrancar o detener las bombas que suministran las materias primas que así se agregan, utilizando los botones de paro y arranque cuando observe que se ha agregado la cantidad requerida. El tanque batidor posee además un termómetro que sirve para verificar que la mezcla se efectúe a la temperatura debida. A la salida del tanque se tiene una válvula de mariposa que es la encargada de dar paso y continuidad al flujo de jabón. Además este equipo cuenta con un tramo de tubería flexible a la salida capaz de absorber ligeras dilataciones, vibraciones, y desalineamientos de la tubería.

El tanque intermedio también tiene un termómetro, cuya función es llevar un control estadístico, que pueda utilizarse en caso de alguna falla. El flujo de la mezcla de jabón que pasa del tanque batidor al tanque intermedio, también se hace por medio de una bomba que contiene una válvula de seguridad. Esta bomba es controlada por un botón de paro y arranque en el tablero de control. A la salida del tanque intermedio se encuentran dos válvulas de paso conectadas en serie.

⁸ El tablero de control se encuentra a un costado del tanque batidor, pero relativamente lejos de los intercambiadores de calor y de la cámara de vacío.

Los dos intercambiadores de calor, tanto el de primera como el de segunda fase, poseen los siguientes elementos de control:

Manómetro y termómetro a la entrada del flujo de vapor.

Manómetro y termómetro a la salida del flujo de vapor.

Válvula de control de flujo a la entrada del vapor.

Válvula de control de flujo del jabón en la entrada. (Esta válvula es de tipo bola.).

Válvula de control de flujo a la salida del vapor.

Válvula de control de flujo a la salida del jabón hacia el tanque flash. (Válvula tipo bola.).

Estos elementos, se utilizan para regular y controlar la presión en el intercambiador.

En el tanque flash, se tienen como elementos de control: un termómetro y una ventanilla o compuerta de entrada-hombre, que sirve para observación, muestreo, limpieza y mantenimiento. El flujo de jabón que llega al tanque flash, es controlado con la misma bomba que lleva el flujo del tanque intermedio a el intercambiador de primera fase, que a su vez es controlada en el tablero de control. Esta bomba también posee una válvula de seguridad.

La cámara de vacío tiene como elementos de control los siguientes:

Manómetros en la cámara y los recuperadores.

Termómetros en la cámara y en el condensador barométrico.

Ventanilla de observación y compuerta de entrada-hombre para limpiezas, ajustes y cambios de marca.

A diferencia de lo que se pudiera pensar, este equipo no posee tantos elementos de control, debido a que por su mismo diseño, el equipo opera casi automáticamente, ya que el control de velocidad de los raspadores está controlado con un regulador de velocidad variable conectado al motor y el flujo de jabón está controlado por una bomba que lleva al jabón del tanque flash a el intercambiador de segunda fase y de éste a la cámara de vacío.

La budinadora tiene como equipos de control: un termómetro para el agua de la cámara enfriadora y un regulador de velocidad variable que controla los gusanos.

Los métodos de control que se utilizan en la planta son: el mantenimiento preventivo que se efectúa en días festivos, la toma de muestras de producto en diferentes etapas del proceso que después se analizan en el laboratorio y se registran para de esa manera conocer las condiciones de operación y por último, las limpiezas obligatorias en cada cambio de marca o cada paro por descompostura de algún equipo.

Además de los equipos de control existentes, debe recordarse lo expuesto en el capítulo anterior, en el que se habló de las características de cada uno de los equipos.

3.4 Eficiencia de la planta y frecuencia con la que se presentan las fallas.

Este tema se desarrollará, para detectar el tipo de falla que más incidencias presenta en el proceso. Para esto se usarán datos históricos que fueron capturados y registrados durante los dos últimos años de operación de la planta, según sea necesario.

Una vez que se obtenga la distribución con la cual se presentan las fallas, se podrán establecer prioridades en las diferentes etapas del proceso, para entonces, buscar las posibles soluciones a los problemas que se discutieron en las secciones anteriores, de modo que se pueda obtener así, el mayor nivel de eficiencia y confiabilidad que se busca en la planta.

En la tabla 3.3.2 se muestra la eficiencia que el secador ha tenido a partir de julio de 1989, en donde también se puede observar, la proporción que han tenido los paros por fallas mecánicas y por servicios.

Mes.	Eficiencia.	Paros por servicios y fallas mecánicas.	
Julio.	38.49	12.3	1989
Agosto	55.11	10.5	
Septiembre	77.43	3.5	
Octubre	58.25	9.1	
Noviembre	62.68	3.6	
Diciembre	46.12	3.4	
Enero	60.99	7.9	1990
Febrero	46.46	11.2	
Marzo	28.41	15.6	
Abril	18.50	26.2	
Mayo	40.65	11.0	
Junio	43.10	9.8	
Julio	52.86	10.5	
Agosto	39.04	14.0	
Septiembre	69.03	6.5	
Octubre	67.60	6.8	
Noviembre	80.82	2.1	
Diciembre	47.95	4.5	
Enero	63.24	8.7	1991
Febrero	79.74	5.2	
Marzo	66.12	6.6	
Abril	62.94	8.0	
Mayo	67.50	10.1	
Junio	45.65	12.5	
Julio	83.01	1.1	
Agosto	79.92	3.0	

Tabla 3.3.2. Eficiencia del secador.

En la tabla anterior se puede observar la eficiencia que ha tenido la planta secadora de jabón (*), en donde es muy importante considerar que esta eficiencia se ha medido de acuerdo al tiempo efectivo de producción y el tiempo disponible para operar, que se considera como 24 horas al día. Sin embargo, debe saberse que existen diversos factores conocidos e incluso de carácter intencional que disminuyen esta eficiencia. Estos factores son paros planeados por: cambios de marca, en los cuales es necesario hacer ajustes y limpieza, alto inventario de fideos de jabón y paros por mantenimiento preventivo. Estos paros planeados constituyen la diferencia para el 100%

Además, es muy importante recalcar que en la tabla anterior, sólo se están midiendo los paros por fallas mecánicas y servicio, lo cual no garantiza en ningún momento que la calidad del producto que se obtenga en la operación esté dentro de las normas o especificaciones establecidas para poder aprobar el producto.

Por otra parte, se debe saber que debido a políticas de la empresa y estructura organizacional, los mantenimientos preventivos se efectúan cuando hay días festivos, ya sean por ley, por algún premio o por algún tipo de prestación y por lo cual es necesario parar la planta. Esta política tiene como objetivo aprovechar todo el tiempo disponible para producir.

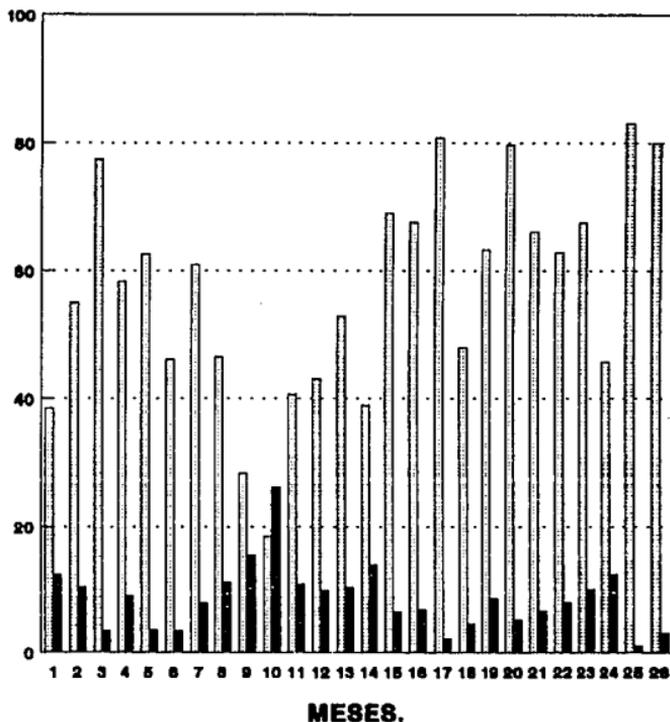
En la gráfica 3.4.1 se muestra la relación y porcentaje que existe entre, tiempo de operación y fallas mecánicas en cada mes.

* Los datos de esta tabla se obtuvieron con base en los reportes diarios de los operadores de la planta y de los cuales se hace un acumulado mensual para obtener la eficiencia y paros de la planta.

Asimismo se muestra, en la gráficas 3.4.2 (puntos duros y puntos negros), 3.4.3 (humedad y PH), y 3.4.4, (concentración de activos y otros defectos), el porcentaje de producto que se obtuvo fuera de calidad durante el período de operación en estudio, considerando al 100 % como el total de producto obtenido en el tiempo real de operación. En estas gráficas los porcentajes muestran exclusivamente la cantidad de producto rechazado por esa causa, evitando así la posibilidad de que alguno de esos defectos esté incluido en otro o que el defecto se contabilice dos veces.

EFICIENCIA VS. FALLAS.

% DE EFICIENCIA Y DE FALLAS.



Efficiencia.

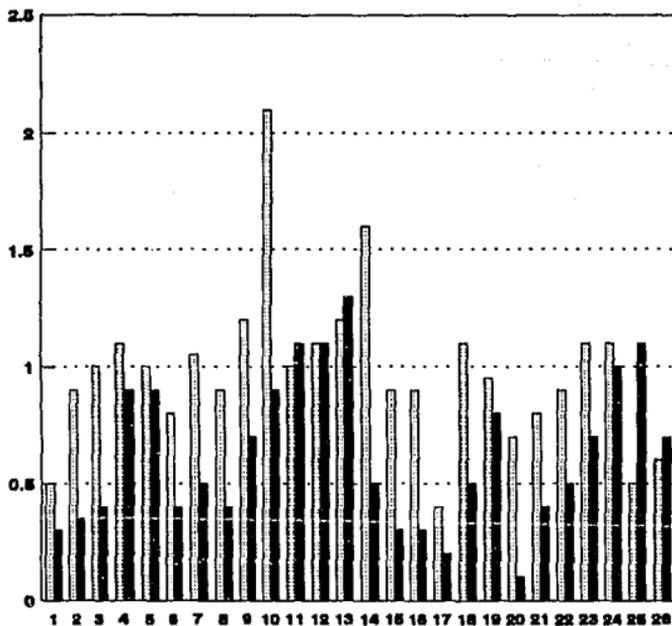


Fallas.

Gráfica 3.4.1 Eficiencia vs. Fallas en el secador.

PUNTOS DUROS Y NEGROS.

% DE PUNTOS DUROS Y NEGROS.



MESES.

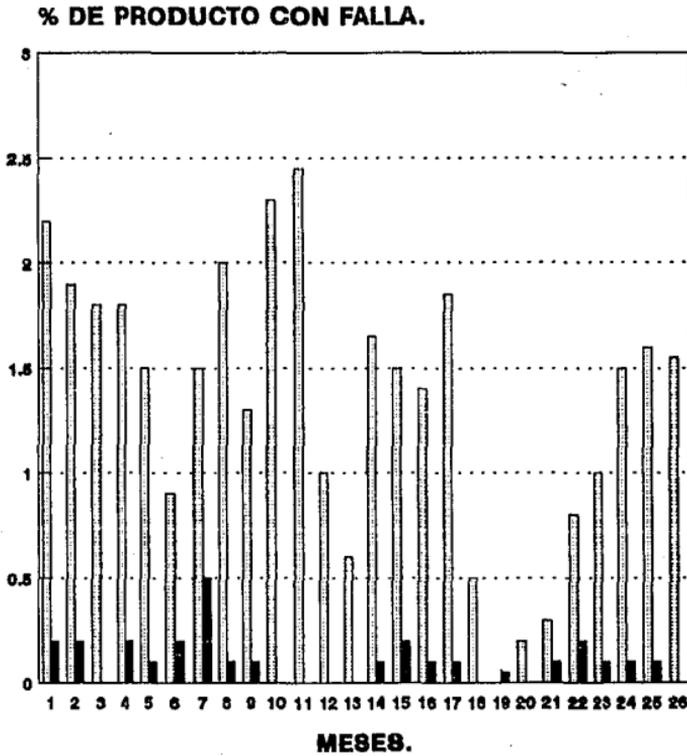
% de la Producción

Puntos duros.

Puntos negros.

Gráfica 3.4.2 Puntos duros y puntos negros

HUMEDAD Y PH

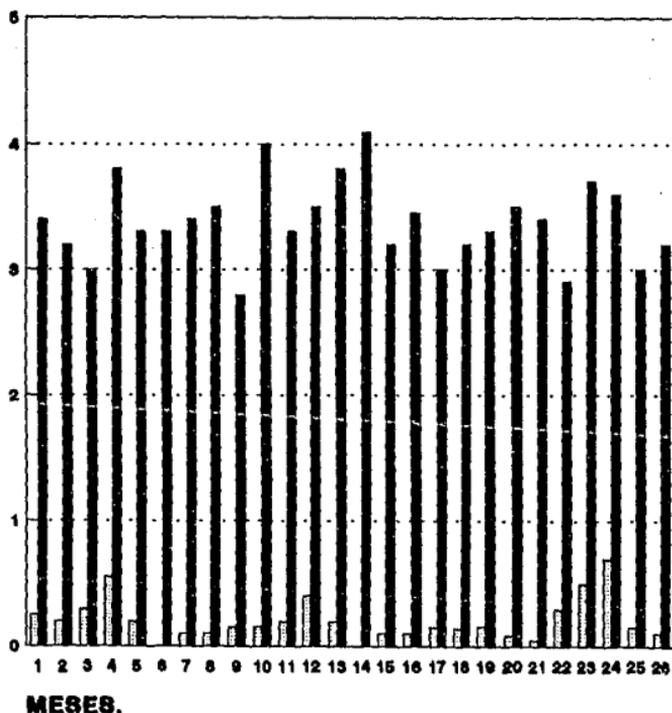


 **Humedad**  **PH**

Gráfico 3.4.3 Humedad y PH de los fideos de jabón.

ACTIVOS Y OTROS.

% DE PRODUCTO FUERA DE ESPECIFICACION.



Activos.



Otros.

Gráfica 3.4.4 Concentración de activos y otros defectos

Después de observar las gráficas, se puede ver que las fallas promedio en el producto son:

Humedad fuera de especificación.	1.35 %
Inadecuada concentración de activos.	0.21 %
PH fuera de rango.	0.11 %
Jabón con puntos duros o negros.	1.60 %
Otros. (incluye combinaciones)	3.38 %

El total de producto rechazado por estas causas es en promedio 6.65 % mensual.

Los equipos que más fallas mecánicas tienen, en cualquiera de sus partes o equipos auxiliares son: la budinadora, el tanque batidor y la cámara de vacío, los cuales han presentado problemas, por lo menos cada mes, mientras que los demás equipos presentan problemas en periodos de más de 30 días.

El siguiente capítulo se avocará al estudio de cómo resolver estos problemas para dar soluciones alternativas.

CAPITULO 4.

SOLUCIONES PROPUESTAS.

Una vez que se conocen cuáles son los problemas que se generan en el secador de jabón y dónde se generan éstos, se pueden ya definir las que en teoría, deben ser las condiciones óptimas de operación, para posteriormente, establecer cuáles deberán ser los tiempos de operación y servicio del equipo, de acuerdo a las necesidades de la planta.

4.1 Nuevas condiciones de operación.

Debido a que el papel fundamental dentro de la planta secadora lo juegan los intercambiadores de calor, el tanque flash atmosférico y la cámara de vacío, este estudio se centrará en estos tres equipos, los cuales además concentran el manejo de dichas condiciones de operación.

4.1.1 Tanque flash atmosférico. Como ya ha sido mencionado con anterioridad, este tanque opera bajo presión atmosférica y

con un flujo de jabón de 4,500 libras/hora, al cual se le debe extraer un 15 % de humedad.

Como se conoce, las ecuaciones de balance de energía para un tanque flash son (1^o):

$$F = V + L \quad (1) \quad \text{Balance de energía.}$$

$$Fz_i = Vy_i + Lx_i \quad (2) \quad \text{Balance por componente.}$$

donde:

F.- Flujo de la mezcla de jabón que se alimenta.

V.- Flujo de vapor que se le extrae a la carga.

L.- Flujo de jabón que se obtiene.

z_i.- Composición de cada uno de los compuestos del flujo.

y_i.- Composición de cada uno de los compuestos de vapor.

x_i.- Composición de cada uno de los compuestos del líquido.

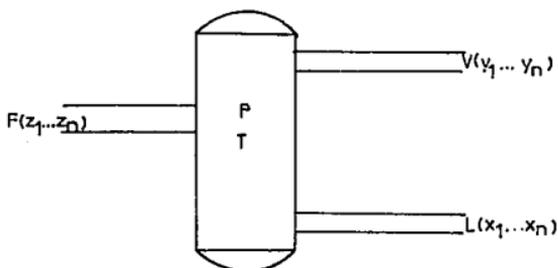


Figura 4.1. Esquema del balance de energía para un tanque flash.

¹⁰ ZEMANSKY, Mark W, y DITTMAN Richard H, Calor y termodinámica, Sexta edición, Mc Graw Hill, México D.F., 1986.

Para el caso de esta planta secadora, se tienen ya dadas muchas condiciones para el tanque flash atmosférico, ya que la temperatura y la presión del jabón son dadas por el intercambiador de primera fase y la presión del tanque es atmosférica. De este modo, la única variable que queda por determinar y optimizar es la temperatura que debe tener la mezcla de jabón, la cual determina la temperatura del tanque flash.

Suponiendo $F = 4500 \text{ lb/hr} = 100 \%$, se tiene que las ecuaciones de balance de energía para este tanque son:

$$\begin{aligned} .15 V + .85 L &= 1 && \text{y} \\ .45z1 &= .15y1 + .85x1 && \text{por componente.} \end{aligned}$$

Debe considerarse que lo único que se busca separar en esta etapa es el vapor de agua por lo que $y1 = 15 \%$ y por lo tanto $x1 = 85 \%$. Las composiciones de los demás elementos no son relevantes, debido a que, a las condiciones de operación del tanque flash, la estructura de éstas no cambia de manera importante y no afecta la calidad final de los fideos de jabón.

Conociendo lo anterior, puede utilizarse la constante de equilibrio físico K_i , definida como $k_i = y_i / x_i \dots (3)$.

$$\text{De donde } k_1 = .15 / .85 = 0.1764705$$

Con el resultado anterior y conociendo el valor de la presión de 0.820 kg/cm^2 (presión atmosférica), puede hallarse a través de un nomograma de Priest el valor óptimo de la temperatura a la que debe operar el tanque flash. La temperatura óptima para este caso es 110°C , temperatura que debe ser

proporcionada a la mezcla de jabón por el intercambiador de calor de primera fase.

4.1.2. Intercambiador de calor de primera fase.

Para analizar bajo que condiciones debe operar éste, es necesario utilizar algunas ecuaciones de la ley de Fourier:

$$Q = U \cdot A \cdot \text{LMTD} \dots\dots (4).$$

donde

A.- Es el área del intercambiador en ft².

$$\text{LMTD} = (a^* - b^*) / \ln(a^* / b^*).$$

U.- Es la constante de transferencia de calor, la cual es función de las resistencias térmicas.

a*.- Es la diferencia de las dos temperaturas más calientes.

b*.- Es la diferencia de las dos temperaturas más frías.

De manera que existen cuatro corrientes o flujos. Dos que entran al cambiador, una de vapor y una de jabón y dos que salen del intercambiador, igualmente una de jabón y una de vapor.

Gráficamente esto se ilustra en la figura 4.2.

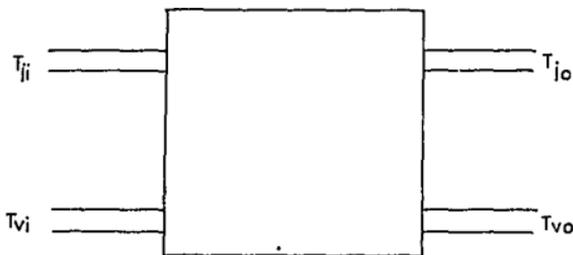


Figura 4.2. Corrientes en un intercambiador de calor.

donde:

TJi.- Temperatura del jabón a la entrada.

TJo.- Temperatura del jabón a la salida.

TVi.- Temperatura del vapor a la entrada.

TVo.- Temperatura del vapor a la salida.

De las temperaturas anteriores se conoce TJo = 110°C que es la temperatura que se desea en el jabón, TJi = 45°C que es la temperatura promedio a la entrada del intercambiador de calor y TVi = 135°C que es la temperatura del vapor que proporciona la caldera.

Haciendo un balance de energía, en el que se considera que el calor cedido es igual al calor ganado se tiene que:

$$Q_j = Q_v \dots\dots\dots (5)$$

o de manera desarrollada:

$$W_v * C_{pv} * DT_v = W_j * C_{pj} * DT_j + l \dots\dots (6)$$

donde:

Wj y Wv.- Son los flujos de jabón y de vapor respectivamente.

Cpv y Cpj.- Son los calores específicos del vapor y del jabón.

DTj y DTv.- Son las diferencias de las temperaturas de entrada y de salida del jabón y del vapor.

l.- Es una pérdida de calor en la transferencia.

De modo que para el jabón se tiene:

$$W_j = 4500 \text{ lb/hr}, \quad C_p = .88, \quad T_{\text{actual}} = 45^\circ\text{C},$$

$$T_{\text{requerida}} = 110^\circ\text{C}.$$

y para el vapor:

$W_v =$ Desconocida, $C_p = .95$, $T_{\text{actual}} = 135^\circ\text{C}$,
 $T_{\text{requerida}} = 115^\circ\text{C}$.

La temperatura requerida en el vapor tiene la finalidad de no ocasionar una transferencia de calor en sentido inverso.

Por lo tanto, el flujo de vapor requerido es de:

$$W_v = (W_j \cdot C_{pj} \cdot \Delta T_j) / (C_{pv} \cdot \Delta T_v) =$$
$$4500 \cdot .88 \cdot 65 / (.95 \cdot 20) = 13550 \text{ lb/hr.}$$

con una presión de 5.5 kg/cm².

Y considerando una constante $U = 500$, dadas las resistencias a la transferencia de calor del jabón, del vapor y de los materiales del intercambiador, se tiene que el área que se requiere para lograr la transferencia es de:

$$A = Q / (U \cdot \text{LMTD})$$

$$\text{donde LMTD} = ((135-115)-(110-45)) / \ln(20 / 65) = 38.179$$

$$\text{y } Q = 4500 \cdot 0.88 \cdot 65 = 257,400$$

por lo que el área óptima es $A = 13.484 \text{ ft}^2$.

4.1.3. Cámara de vacío.

De manera similar al análisis hecho en la sección 4.1.1, se debe considerar que en esta etapa debe extraérsele al jabón el resto de humedad sobrante, para llegar a una humedad final de 8.5 % en el caso de una marca y de 11.5 % para el caso de la otra. Dicho de otro modo, la mezcla que después del tanque flash atmosférico tiene 28 % de agua, debe llegar a las humedades objetivo al salir de la cámara de vacío, por lo que todavía debe perder el 16.5 % y el 19.5 % en cada caso.

Sin embargo, debido a la complejidad que existe para modificar de manera más o menos continua la presión dentro de la cámara de vacío, se tratará de dejar las condiciones de operación de ésta de manera constante y haciendo que la diferencia estribe en la presión y temperaturas de la mezcla dadas por el intercambiador de calor de segunda fase.

Así, considerando las constantes de equilibrio físico para los dos casos se tiene que:

$K_1 = 19.5 / 80.5 = 0.2422$ y $K_1' = 16.5 / 83.5 = 0.1976$ las cuales, suponiendo una presión constante y una temperatura no mayor a 135°C , arrojan como resultado en el nomograma de Priest, una presión de vacío de 59 mm de mercurio o de 0.800 kg/cm^2 y unas temperaturas de $T_1 = 132^{\circ}\text{C}$ y de $T_1' = 128^{\circ}\text{C}$, que son las condiciones óptimas para cada marca.

4.1.4. Intercambiador de calor de segunda fase.

Conocidas las temperaturas óptimas a las que debe estar el jabón al entrar a la cámara de vacío, puede hacerse un análisis similar al de la sección 4.1.2 y hallar el flujo necesario de vapor para cada marca.

Para la marca con humedad final de 8.5 % ⁽¹¹⁾ se tiene:

$W_v = (W_j * C_{pj} * DT_j) / (C_{pv} * DT_j) = 31.950 \text{ lb/hr}$, con una presión de 6.5 kg/cm^2 y considerando que la temperatura mínima del vapor a la salida del intercambiador debe ser 133°C , que T_{Jo}

¹¹ Se considera inicialmente esta marca por ser la que requiere condiciones de operación más extremas.

= 132°C y que $T_{Ji} = 109^{\circ}\text{C}$. De modo que el área requerida para que el intercambio térmico se dé debe ser de 18.55 ft².

Para la marca con humedad final de 11.5 % y tomando como fija el área de intercambio térmico, ya que es el mismo intercambiador, se tiene que:

$Q = (W_j + C_{pj} * DT_j) = A * U * LMTD$ y dado que $LMTD = 8.66$, $Q = 80,100$, de donde $W_v = Q / (W_j + C_{pj} * DT_j) = 28,110$ lb/hr, con una presión de vapor de 6.25 kg/cm² y considerando que la mínima $T_{Vo} = 132^{\circ}\text{C}$, que $T_{Jo} = 128^{\circ}\text{C}$ y que $T_{Ji} = 109^{\circ}\text{C}$.

4.2. Tiempos de operación y servicio.

Un aspecto básico dentro de la optimización de la planta secadora de jabón, es el establecimiento de un calendario de tiempos óptimos de operación y servicio, los cuales ayudarán a elevar la productividad de la planta y reducirán las posibilidades de falla en alguno de los equipos.

Para esto, se han considerado datos históricos en los que puede estudiarse en que equipos es donde más fallas se presentan y con que frecuencia, sin considerar en este momento las fallas producto de malas condiciones de operación.

En la tabla 4.1 se muestran los tiempos muertos en la planta a consecuencia de servicios, fallas mecánicas y paros y arranque, durante el año de 1991.

En esta tabla se aprecia la enorme cantidad de tiempo desperdiciado mensualmente por conceptos tales como:

A) Servicios.- Este rubro comprende el tiempo empleado en la limpieza de filtros, válvulas y tanques en general, así como el

engrasado de los mecanismos de transmisión de gusanos, motores y flechas.

B) Fallas Mecánicas.- Este punto abarca el tiempo perdido en la reparación de todo tipo de fallas ocasionadas por desperfectos imprevistos en algún equipo del secador. Aquí se incluyen equipos auxiliares, ductos y en general cualquier equipo cuya falla haga necesario el paro de la planta.

C) Paros y arranque.- Este inciso se refiere al tiempo requerido para que una vez que se ha reparado alguna falla, se ha hecho servicio, se ha cambiado de marca o se ha parado la planta por alto inventario, se requiere para estabilizar la operación, lo cual incluye generación de vacío en la cámara, purga de bombas, precalentado de equipos, alimentación del jabón base y otras.

Mes.	Servicios	Fallas Mecánicas	Paros y arranques
Enero	7.1 hrs	138 hrs	44.5 hrs
Febrero	15.2 hrs	27.5 hrs	3.0 hrs
Marzo	20.3 hrs	15.0 hrs	2.0 hrs
Abril	4.0 hrs	17.0 hrs	2.0 hrs
Mayo	11.9 hrs	29.0 hrs	3.5 hrs
Junio	8.4 hrs	10.4 hrs	21.7 hrs
Julio	15.1 hrs	14.1 hrs	2.5 hrs
Agosto	5.8 hrs	24.0 hrs	15.3 hrs
Septiembre	6.3 hrs	15.0 hrs	11.8 hrs
Octubre	35.6 hrs	22.5 hrs	24.0 hrs
Noviembre	10.6 hrs	17.0 hrs	1.5 hrs
Diciembre	14.3 hrs	18.5 hrs	23.0 hrs

Tabla 4.1 Tiempos muertos en la planta.

Por otra parte, el promedio de la producción de jabón en el secador durante el año 1991 fue a una tasa de 2360 kg/hr, considerando 720 horas al mes que en teoría se tienen disponibles

para operar. En términos mensuales el promedio de la producción fue de 1'700,000 kg/mes.

Esta producción, debe incrementarse en un término de 6 meses, a partir de marzo de 1992, a una tasa de 2900 kg/hr según lo han dispuesto de manera coordinada los departamentos de mercadotecnia y de producción, debido a los constantes incrementos en la demanda y a la instalación de una nueva línea de producción de pastillas de jabón que requiere de los fideos de jabón por parte del secador en estudio. No obstante, la planta secadora tiene una capacidad de diseño de 3500 kg/hr, lo cual es teóricamente posible si la planta opera con un ritmo de 75 cargas diarias y con un promedio de 19.2 minutos por carga durante 6 días a la semana, dejando uno para cambios de marca y para mantenimiento y servicio.

Sin embargo, debido a las condiciones bajo las que se opera actualmente y al nivel de producción alcanzado, es necesario hacer una planeación adecuada del tiempo, para poder cumplir con el objetivo. Debe considerarse que los turnos en esta empresa son de 8 horas completas de trabajo, debido a que existe un sistema de desarrollo organizacional que permite relevar a operadores para comer y realizar otras funciones que se requieran, sin tener que parar la planta.

De esta manera y considerando que los fideos de jabón no pueden ser almacenados más de 24 horas y deben cumplir con los requisitos preestablecidos en los capítulos anteriores, se ha optado como mejor opción el producir a una tasa de 24 cargas por

turno de 1140 kg cada una, lo cual arroja un total de 27,360 kg/turno a 3420 kg/ hr. Esto ha sido posible ya de manera histórica en repetidas ocasiones, con el común denominador de ser al primer o segundo día de arrancar la planta, después de que se ha hecho un servicio y mantenimiento general. El producir esta cantidad hará necesario tener un inventario de 4160 kg/turno que presupone lograr un inventario de un turno cada 5.58 turnos o casi 6 turnos. Este nivel de producción hará posible tener un servicio y mantenimiento general de 8 horas cada 3 días.

El tener un inventario de este tamaño, no representa problemas relevantes, debido a que los 23,200 kg que se tendrán almacenados, requieren del uso de 99 tambos de acero inoxidable, mismos que se encuentran disponibles y que no requieren de un manejo distinto al que se les da actualmente, excepto que sean etiquetados conforme sean producidos, para igualmente ser ocupados de acuerdo al orden en que fueron llenados.

El servicio que se hará cada tres días tiene contemplado incluir:

- * Limpieza de cada uno de los equipos.
- * Desmonte, limpieza e instalación de todos los filtros, incluyendo los de los recuperadores en la cámara de vacío.
- * Revisión y sellado de los puntos críticos expuestos en el capítulo anterior de la cámara de vacío.
- * Revisión y reparación de fugas de vapor en los cambiadores de calor.

* Engrasado de sistemas de transmisión del tanque batidor, cámara de vacío, budinadora y gusanos transportadores.

* Seguimiento de la cédula de mantenimiento (Tratada en el siguiente tema).

Deberá considerarse además, que la calendarización anterior de producción y servicios, dará un margen en producción de 11,575 kg equivalentes a 3.38 hrs o cualquier combinación entre éstas, tomando una tasa de producción de 3420 kg/hora.

La minimización de los inventarios y la posible reducción de servicios, debe hacerse una vez que se conozcan los patrones de demanda en las líneas de producción, en respuesta a los nuevos planes de la compañía y nuevos datos recopilados de la operación del secador bajo este nuevo sistema.

4.3 Mantenimiento.

Una vez que se conocen los tiempos en los que la planta operará y tendrá servicio, es necesario hacer una adecuada cédula de mantenimiento, la cual tiene como finalidad el evitar paros innecesarios por la falla de algún equipo y eliminar o, al menos disminuir sustancialmente los problemas de calidad que pueden generarse a causa de dicho mantenimiento.

Como ya ha sido tradicional, debe hacerse la distinción entre mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo (¹²).

A) El mantenimiento preventivo es aquel que se hace para evitar que se generen fallas en los equipos, tratando de

¹² Definiciones adaptadas de: SCHROEDER, Roger G, Administración de operaciones, Mc Graw Hill, México D.F., 1991.

anticipar lo que por razones naturales o propias de la operación de la planta, ocasiona algún desperfecto.

B) El mantenimiento correctivo en cambio, se avoca a la reparación de algún tipo de falla que por alguna razón se ha presentado ya. Es más o menos natural, pensar que este tipo de mantenimiento es mucho más costoso que el mantenimiento preventivo, dado que no puede conocerse la gravedad del daño, ni se conoce de antemano el tiempo desperdiciado en producción con todas las consecuencias que de aquí se generan.

El mantenimiento que aquí se trata, debe distinguirse de los servicios generales mencionados anteriormente en que el primero incluye además, el reemplazo de piezas que por desgaste así lo ameritan, como pueden ser: rodamientos, baleros, juntas, empaques, carbones de los motores, conexiones eléctricas y otras. Además claro, de la reparación de algún equipo cuando se presenta una falla imprevista.

Para hacer el análisis de los tiempos en los que debe hacerse el mantenimiento preventivo, conviene mencionar que por políticas de la empresa existen 3 periodos en el año que se utilizan para hacer un mantenimiento general y completo de toda la planta. Este tipo de mantenimiento se denominará en lo sucesivo como mantenimiento A, mientras que al mantenimiento preventivo que aquí se sugiere se denominará mantenimiento B.

El mantenimiento A incluye el desmantelamiento completo de los equipos de la planta, para reparar o sustituir aquellas partes que lo requieran. Este tipo de mantenimiento puede durar varios

días, por lo que se han escogido fechas en las que por razones sociales y legales es difícil operar a un 100% de capacidad y con alta eficiencia, razón por la que se ha decidido no producir en estas fechas y realizar el mantenimiento. Este mantenimiento se hace tres veces al año en las siguientes fechas:

A) Mantenimiento de semana santa (jueves, viernes, sábado y domingo).

B) Mantenimiento de Septiembre (14, 15 y 16 del mes)

C) Mantenimiento de Diciembre (del 24 de diciembre al 3 de enero del siguiente año).

El mantenimiento B deberá hacerse de manera periódica y sistemática en los intervalos de tiempo que existen entre los mantenimientos A.

Para lograr una coordinación adecuada de los mantenimientos, se ha decidido, escoger un mínimo y común período que favorezca la realización de los mantenimientos correspondientes a cada equipo. La metodología que se usará para lograr esto está basada en los datos históricos registrados para cada uno de los equipos. En estos datos se ha calculado una media de la frecuencia con la que las fallas ocurren, así como su desviación estándar, de modo que para que se tenga más de un 96 % de seguridad de que el equipo no fallará en el período en el que operará sin mantenimiento y considerando una distribución normal, se ha elegido utilizar un tiempo mínimo para realizar estos igual a la media de la frecuencia con que se repite la falla más tres veces la desviación estándar, lo cual hará posible la operación

continúa de la planta de manera tal y como se había establecido en la sección anterior.

En la tabla 4.2 se muestra para cada equipo la media, desviación estándar, período óptimo para mantenimiento y porcentaje de seguridad que se tiene en dicho período. Este porcentaje de seguridad puede obtenerse de tablas para curvas de distribución normal [0,1], haciendo para cada dato, que éstos estén dentro de este rango. Esto se hace restando a cada dato la media de éstos y dividiendo el resultado entre la desviación estándar de los mismos. Si se considera a X_i como el i -ésimo dato, a X_m como la media de éstos y a S como la desviación estándar, se tiene:

$$X_i' = (X_i - X_m) / S.$$

Todos los datos de esta tabla se han considerado en días y redondeando algunos de estos en la tabla 4.3 al período inmediato menor entero, con la finalidad de facilitar el proceso operativo de hacer el mantenimiento cada determinado número de días. Asimismo, se consideran únicamente las fallas que de acuerdo a las características del mantenimiento "B" pueden ser evitadas o al menos disminuídas sustancialmente.

Equipo.	X_m	S	Período	% de Seguridad
1) Motor del tanque batidor	33.13	5.52	16.55	99
2) Bomba batidor-tanque intermedio	51.00	6.41	31.75	99
3) Bomba de primera fase.	55.25	6.31	36.31	99

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

4) Línea de servicio.	73.00	5.29	62.41	97
5) Línea de producto.	75.80	7.39	61.01	97
6) Válvulas.	131.33	30.00	71.33	97
7) Atomizador del tanque flash.	20.60	1.79	15.23	99
8) Motor de los gusanos.	39.00	2.75	30.74	99
9) Transmisión de los gusanos.	45.90	15.29	15.31	97
10) Bomba de segunda fase.	52.87	6.45	33.49	99
11) Línea de servicio (2).	62.33	9.19	34.71	99
12) Línea de producto (2).	75.5	5.04	60.37	99
13) Válvulas.	134.83	15.61	87.99	99
14) Bomba de vacío.	22.90	3.34	16.22	97
15) Fugas de vacío generales.	22.77	3.19	16.39	97
16) Motor de los raspadores.	40.58	3.44	30.23	99
17) Raspadores.	77.86	5.46	61.47	99
18) Atomizador.	32.66	7.28	18.09	97
19) Condensador barométrico.	93.8	14.82	64.15	97
20) Motor de la budinadora.	38.2	5.31	22.27	99
21) Transmisión de la budinadora.	19.3	2.08	15.14	97
22) Cortadores.	7.23	0.56	6.11	97

Tabla 4.2 Periodos de mantenimiento para cada equipo.

De los resultados anteriores, se tiene que el mínimo común periodo en el que se debe hacer el mantenimiento es de 3 días, dentro del mismo lapso empleado para hacer el servicio, dado que el trabajo que se requiere para hacer el mantenimiento, en ningún caso ha excedido las 8 horas programadas y a que además de los operadores que trabajan en el secador, se cuenta con dos mecánicos por cada línea, lo cual posibilita la realización de estos mantenimientos "B". De esta forma los periodos en que se llevará a cabo el mantenimiento son el entero menor inmediato y múltiplo de 3 siguiente al periodo indicado en la tabla 4.2.

La cédula de mantenimiento "B", quedará estructurada como se muestra en la tabla 4.3.

En esta cédula no se muestran de manera detallada las partes que requieren ser revisadas, debido a que existen auditorías para cada uno de los 6 equipos principales (tanque batidor, tanque intermedio, primera fase, tanque flash, segunda fase, cámara de vacío y budinadora) y sus equipos auxiliares, en las que el responsable del mantenimiento, debe indicar si se revisó, se cambió y/o reparó alguna parte de un equipo específico. Estas auditorías deben ser firmadas para su aprobación por el supervisor en turno.

Por otra parte, debe señalarse que por políticas de seguridad y control de la empresa, aquellos mantenimientos que son considerados de alto riesgo o que representan un costo muy elevado, deberán también ser aprobados por el supervisor.

Tabla 4.3. Cédula de mantenimiento.

Equipos a revisar y/o reparar.	Número de días intermedios entre cada mantenimiento.
Motor del tanque batidor, transmisiones de los gusanos y la budinadora, bomba de vacío, atomizador del tanque flash y fugas generales.	15
Válvulas y líneas, Bombas del tanque batidor de primera fase, motor de los gusanos y de los raspadores	30
Bomba de segunda fase y línea de servicio (2)	33
Líneas de servicio y de producto (1), línea de producto (2), raspadores y condensador barométrico.	60
Cortadores	6
Atomizador de cámara de vacío	18
Motor de la budinadora	21
Válvulas primera fase	69
Válvulas segunda fase	87

Una vez que se implemente esta cédula de mantenimiento, deberán ser monitoreados cada uno de ellos, para recopilar nuevos datos que permitan disminuir, o en caso de ser necesario, aumentar el número de mantenimientos que se requieran. De este modo se podrá elevar aún más la productividad y efectividad de la planta secadora de jabón.

4.4 Control.

En esta sección, se pretende hacer un redondeo a las soluciones propuestas a la problemática que existe en el secador. Para esto es necesario considerar que las tres secciones

anteriores se avocaron principalmente a evitar paros innecesarios de la planta y a optimizar el modo de operación de ésta, por lo cual es necesario ahora, implementar mecanismos que ayuden a obtener la mejor calidad posible dentro de los fideos de jabón y así ahorrar también en pérdida de materiales y de tiempo empleado en reproceso y producción deficiente.

Se consideran entonces dos aspectos principales que deben controlarse para garantizar la calidad. Estos son:

A) Que las condiciones de operación durante el proceso permanezcan constantes.

B) Que los materiales empleados sean mezclados en las proporciones exactas y de manera adecuada.

No se considera la calidad de las materias primas, debido a que éstas son utilizadas sólo cuando el departamento de control de calidad así lo aprueba.

4.4.1. Sistema de llenado del tanque batidor.

Como ya ha sido estudiado, la adición de materiales constituye una de las principales fuentes de la mala calidad en los fideos de jabón cuando ésta existe, razón por la cual es conveniente adicionar cada una de las materias primas empleadas de manera perfectamente controlada y semiautomática. Para ello es necesaria, la instalación de tanques auxiliares al tanque batidor, para cada una de las materias primas ⁽¹³⁾. Estos tanques deberán tener en su parte inferior un segundo tanque de

¹³ Esta forma de control ha demostrado ser muy eficiente y de bajo costo. SCHROEDER. Roger G. Administración de operaciones. Mc Graw Hill, 1991.

la capacidad exacta requerida para cada carga, de modo que la adición de materiales se haga únicamente al accionar dos válvulas de paso, una que abra y cierre el tanque inferior, dando acceso al tanque batidor a través de una tubería de acero inoxidable de 2 pulgadas de diámetro y una segunda válvula que abra y cierre el tanque auxiliar principal, cuando deba llenarse el tanque inferior. Estas válvulas estarán provistas de un circuito eléctrico de aviso, a través del cual se encenderá un foco de color cuando las válvulas estén abiertas. Los tanques, válvulas y focos deben estar instalados en el orden que corresponde a la adición de cada ingrediente, para que el operador tenga un mejor control sobre el proceso.

Por otra parte, el tiempo en el que se agregan los materiales, aún cuando no influye de manera importante en la calidad de los fideos de jabón, debe sistematizarse para evitar retrasos en el tiempo en que una carga debe ser secada y así garantizar la producción requerida por turno. Para esto, deberá usarse el cronómetro digital con que está provisto el tablero de control. El tiempo necesario entre cada materia prima para hacer una carga en 19.2 minutos es de un minuto entre el vaciado de un tanque y el vaciado de otro, considerando como tiempo cero el momento de abrir la válvula y con excepción del ácido cítrico, el cual debe dejarse batir por un espacio de cinco minutos. De este modo el tiempo sobrante deberá emplearse en batir la mezcla ya preparada para lograr que ésta sea totalmente homogénea.

El sistema anterior, aunque simple (¹⁴), es un elemento que puede garantizar la preparación adecuada de la mezcla y por tanto esperar una disminución e incluso la eliminación de problemas relacionados con la mala calidad en los parámetros más importantes que se miden en los fideos de jabón y que fueron descritos en el capítulo dos.

La figura 4.1 muestra la manera en que estarán arreglados los tanque auxiliares, aunque la construcción e instalación de éstos estará a cargo de una empresa subcontratada.

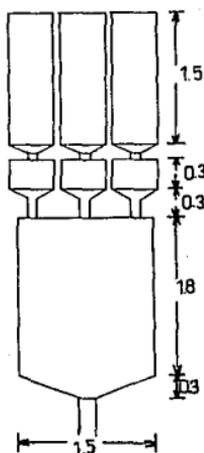


Figura 4.1. Arreglo de tanques auxiliares del tanque batidor.

¹⁴ DIXON, Jhon R., Diseño en ingeniería inventiva, análisis y toma de decisiones, Primera edición corregida, Limusa, México D.F., 1979.

Todas las materias primas empleadas tendrán un tanque auxiliar con excepción de la sal epsom, la cual será agregada como se hace actualmente, es decir, de manera manual. Esto se debe, por una parte a que este ingrediente está empacado en costales de 50 kg y por otra, a que es el segundo componente más importante de la mezcla, razón que haría difícil e inútil hacer un tanque de esta capacidad.

La capacidad de los tanques auxiliares principales debe ser de 30 kilos como máximo, para hacer más viable su arreglo y el manejo de materiales para su llenado, el cual se hará manualmente dado que no representan una cantidad en peso difícil de manejar.

4.4.2. Condiciones de operación de la planta.

Para poder asegurar que las condiciones a las que se ha establecido que debe trabajar la planta sean constantes, se tiene que considerar que la variación de estas puede ser ocasionada por:

A) Fallas mecánicas en algún equipo.

B) Fallas en el suministro de servicios como son: vapor, agua de enfriamiento y energía eléctrica.

En lo que se refiere al inciso A), éste pretende resolverse con lo establecido en las secciones 4.2 y 4.3, y con un sistema de monitoreo por medio del cual se coloquen los termómetros y manómetros existentes dentro de la planta en un tablero dentro del panel de control, con la finalidad de que el operador pueda ver, reportar y corregir algún problema.

Actualmente, los operadores llenan un registro de las condiciones de operación a las que se elabora cada carga. Estos registros se pasan al final de cada turno a un libro de récords, para que en caso de que surga algún problema posterior, pueda investigarse de manera más o menos rápida las posibles causas.

Para poder evitar los problemas relacionados con el inciso B), se cuenta actualmente con equipos y programas auxiliares. Dentro del primer rubro, se tienen una planta eléctrica auxiliar que enciende automáticamente y un sistema con una cisterna y bomba que proporcionan agua de manera ininterrumpida. Mientras que en lo que se refiere a rubro de desarrollo de nuevos programas, se ha diseñado ya un programa de mantenimiento a la caldera, para garantizar el suministro de vapor con temperatura y presión adecuadas.

De esta manera, puede suponerse que el nivel de productividad y de efectividad de la planta aumentarán de manera considerable y que se lograrán grandes ahorros económicos.

CAPITULO 5.

FACTIBILIDAD DE LAS SOLUCIONES PROPUESTAS.

Después de haber propuesto como soluciones alternativas, las mencionadas en el capítulo anterior, es necesario conocer que tan factible puede ser el llevar a cabo lo que se propone. Para esto es conveniente hacer una subdivisión de este estudio en dos categorías: una que contempla factores operacionales y factores económicos y otra que se avoca a una justificación basada en ahorros previstos con los nuevos índices de producción estimada.

5.1. Factores operacionales y económicos.

Tomando en cuenta que los principales criterios para la toma de decisiones operativas prestan especial atención a cuatro objetivos principales que son ⁽¹⁹⁾: costo, calidad, confiabilidad y flexibilidad, se mostrará que las soluciones aquí propuestas, cumplen con dichos objetivos.

¹⁹ SCHROEDER, Roger G., Administración de operaciones Toma de decisiones en la función de operaciones, Mc Graw Hill, México D. F., 1991.

A) Costo. Para hablar de los costos ocasionados por la implementación de tanques auxiliares, programas de servicio, de mantenimiento, de control, de entrenamiento a operadores y mecánicos y todos aquellos ocasionados por la optimización de la planta, deben identificarse en éstos, los que sean relevantes, para de esta forma poder compararlos después con los beneficios que se pretenden obtener. Por esta razón debe conocerse que en la planta secadora trabajan tres operadores, los cuales están entrenados y capacitados para preparar la mezcla, manejar el equipo y hacer la limpieza del mismo. Ellos mismos serán los encargados de hacer los servicios que a partir del segundo semestre del año en curso se requieran. Adicionalmente, existen dos mecánicos por cada línea (hay un total de 6 líneas), que pueden auxiliar la realización de los servicios y deben dar seguimiento a la cédula de mantenimiento. Dicho de otro modo, el hacer los servicios no requiere de la contratación de personal extra, aunque sí del entrenamiento a los operadores del secador. Este entrenamiento puede ser proporcionado por los mecánicos, supervisor en turno y en general por las personas encargadas del proyecto de implementación. El costo de este entrenamiento no debe ser alto debido a que será dado por trabajadores de la planta. Sin embargo, existen otros costos asociados a este proyecto que si son relevantes. Estos son: la construcción de los tanques auxiliares, instalación de tubería y sistemas de control. El costo aproximado de esto está calculado en 65 millones de pesos.

B) Calidad. Este punto es actualmente en el medio empresarial, uno de los más importantes factores de competitividad, razón por la cual, la empresa le ha prestado especial importancia. De hecho, una de las principales razones para la elaboración de este trabajo son los problemas de calidad que se han presentado en el secador.

Las soluciones que se propusieron en el capítulo anterior están muy enfocadas precisamente a evitar la mala calidad en los fideos de jabón y por tanto a aumentar el prestigio de la compañía y ganar participación en el mercado. Aún cuando es prematuro pronosticar de manera exacta el nivel de calidad que puede obtenerse al implementar estos cambios, puede decirse, en base a la metodología utilizada que existe un poco más de 99 % de seguridad de tener la aceptación de calidad.

C) Confiabilidad. En este rubro, se trata de garantizar la operación continua de la planta con un alto grado de rendimiento y eficiencia. De manera similar al inciso anterior, puede decirse que las soluciones propuestas van encaminadas también a elevar la confiabilidad de la planta. Pues se espera que con los nuevos programas de servicio, control y cédula de mantenimiento preventivo, se logre evitar paros imprevistos de la planta y se obtenga un alto nivel de productividad.

D) Flexibilidad. El proceso de secado de jabón, es una combinación de proceso batch con proceso en línea, motivo por el cual la flexibilidad de éste, es menor en comparación con otro tipo de procesos. Sin embargo, en el caso de este estudio, la

flexibilidad que puede requerirse en el corto plazo, sólo es aquella requerida para la fabricación de diferentes tipos o marcas de jabón. Esto ha sido contemplado ya en el cálculo de las condiciones de operación requeridas y en el programa de servicios a la planta. El cambiar la producción de un tipo de jabón a otro, requiere de tres pasos que son: limpieza del equipo, cambio de boquillas y cambio de temperatura y presión en segunda fase. El tiempo necesario para realizar estos cambios es a lo sumo de 4 horas, motivo por el cual puede ser incluido en el período correspondiente a algún servicio, lo cual de no cumplirse podrá ser bien ajustado, ya que existe cierto grado de libertad en la producción que se requiere entre dos servicios, pues, como se mencionó en el capítulo anterior, existe un período de más o menos 3.5 horas libres.

Con lo visto en los incisos anteriores, es congruente, pensar que los cambios que se proponen no constituyen un problema en su implementación desde el punto de vista operacional. Por otra parte, en lo que se refiere al aspecto económico, el monto estimado de los costos no representa en sí mismo un problema debido a que se cuenta con los recursos necesarios y a que como se verá, estos costos quedarán totalmente cubiertos por los beneficios que se obtendrán.

Asimismo existe en el proceso de implementación, otro factor importante y que es la adecuada coordinación entre el producto y el proceso, es decir existe una coordinación entre los cambios en los tipos de jabón y la tecnología del proceso dentro del ámbito

operativo, puesto que la implementación de los cambios integrarán de manera conjunta el proceso y el mejoramiento en el producto.

El tiempo necesario para realizar e implementar los cambios, no debe ser mayor de 6 meses a partir de marzo de 1992. Sin embargo, es posible estimar que el tiempo que en realidad tomará hacer dichos cambios es de aproximadamente dos meses, considerando la construcción de los tanques auxiliares al tanque batidor, la instalación de tuberías y sistemas de medición y control, entrenamiento a operadores y mecánicos y aplicación de los programas de mantenimiento y servicio.

De esta forma se hace claro, que los cambios necesarios en la planta secadora de jabón son convenientes y factibles de realizarse desde el punto de vista operacional y económico.

La construcción de los tanque auxiliares y equipos de control se hará por medio de la contratación de una empresa externa que garantice la buena calidad en la construcción y su funcionamiento. Esta construcción es posible dentro de la planta secadora de jabón, desde el punto de vista práctico, debido a que existe el espacio necesario para hacerlo y a que en general, la planta está construida sobre una estructura de acero en herrería, lo cual facilita que la construcción de los tanques auxiliares pueda unirse simplemente al resto de la estructura.

5.2. Producción estimada y ahorros esperados.

En base a lo estudiado en el capítulo anterior, se tiene un pronóstico de producción, una vez que se hayan implementado los cambios de aproximadamente 3420 kg/ hora o 27,360 kg/turno,

mismos que serán producto de 24 cargas de 1140 kg cada una, en comparación con los 2600 kg/hr o 20,800 kg/turno que en promedio se produjeron durante 1991.

Este aumento en la producción de fideos de jabón, los cuales serán obtenidos con buena calidad, obedece principalmente a un aumento en el número de líneas de producción, las cuales cambiaron de cinco a seis y a un exceso de demanda de pastillas de jabón en el mercado. Esto sustenta la posibilidad de considerar que el aumento en producción, reedituará directamente en un aumento de ingresos para la compañía. Asimismo, debe considerarse que los desperdicios de materiales serán disminuidos y que la pérdida de tiempo de operación será mínima, por lo cual la empresa obtendrá mayores beneficios.

Con los cambios propuestos, podrán ser obtenidos 13,000 kg más por día aproximadamente, lo cual significa la producción y venta de 87,400 pastillas más en promedio por cada día. Esto significa para la compañía un incremento en utilidades de poco más de 5 millones por día, por lo que en un período de un mes, los costos ocasionados por los cambios realizados serán cubiertos y superados.

En términos económicos, el ahorro de tiempo de operación de la planta y de materiales empleados en la elaboración de fideos de jabón pueden ser incluso suficientes, para justificar la inversión necesaria para modificar la planta, debido a que como se mencionó en el capítulo 3, existe más de un 5 % de la producción total que tiene que reprocesarse debido a diversos

problemas de calidad o a problemas producto de fallas mecánicas de algún equipo. Muchas de estas fallas producen que en ocasiones, las materias primas utilizadas se pierdan totalmente, ya que el reproceso se realiza desde la producción del jabón base, planta a la que se envían las cargas fuera de especificación o que así lo requieren por algún motivo. Asimismo debe considerarse que existirá un ahorro de energía, al evitar que aproximadamente el 5 % del tiempo empleado en producir sea inútil. En estos ahorros deben incluir la energía eléctrica empleada, el agua y el vapor. Conjuntamente, se tiene que hacer notar que el ahorro en tiempo de operación proporciona mayor flexibilidad a la planta en aspectos tales como producción, mantenimiento y servicios.

Este ahorro, al mismo tiempo representa un incremento en la productividad y efectividad de la planta, la cual participa a su vez en incrementar el nivel de competitividad de la empresa al evitar que el proceso de secado de jabón se siga convirtiendo en un cuello de botella de toda la planta.

5.3. Resultados.

De esta forma, considerando todos los aspectos en los que la planta debe ser modificada y las consecuencias propias de estos cambios, puede hacerse una comparación en la que los costos de implementar los cambios propuestos es muy inferior a la cantidad de beneficios que pueden obtenerse en el corto, mediano y largo plazo implementando de la mejor manera posible dichos cambios.

Esto sin embargo, no quiere decir que la planta no puede mejorarse en un futuro, al hacer un nuevo estudio con la metodología aquí empleada, que a su vez sirva como monitoreo a los resultados obtenidos y que ayude a decidir si nuevos cambios son necesarios en el futuro, en materia de tecnología o de operación.

CONCLUSIONES.

Como se ha tratado de mostrar, el método más eficiente para la producción de pastillas de jabón es el que aquí se ha tratado, dadas sus características de eficiencia y productividad, sin embargo, como se mencionó en un principio, resulta cada vez más importante el desarrollar técnicas o métodos adecuados que permitan la creación de ventajas competitivas a la compañía y que eleven la productividad de la empresa. En este caso particular, es de esperarse que con los cambios aquí propuestos para el secador de jabón y los que la compañía está desarrollando para incrementar la capacidad de la planta y por consiguiente el número de líneas de producción, se logre hacer frente de manera eficiente y competitiva a la creciente demanda de pastillas de jabón y a la inminente competencia que en este sector industrial se tendrá con la apertura comercial que enfrenta el país.

Para esto resulta importante recordar lo que se describió en el capítulo uno, en donde se hizo una descripción del proceso y

del producto, así como de los principales problemas que se enfrentan.

En el capítulo dos se explicó más específicamente, el funcionamiento de un secador de jabón, de manera que se pudiera apreciar fácilmente la dimensión y el porqué de lo que se estaba estudiando. Así, se puede conocer la importancia que tiene cada equipo dentro del secador y dentro de la producción en general.

Se analizó posteriormente en este trabajo para continuar con el estudio, cuáles han sido las principales fallas que se han presentado de manera consistente en el secador, a través del análisis de diversos registros históricos obtenidos durante la operación del secador en los últimos 18 meses. De esta forma pudo obtenerse para cada equipo y para el producto del secador, (los fideos de jabón), las causas principales de que las mencionadas fallas y problemas se presentaran de esa manera y con determinada frecuencia.

Posteriormente, al analizar los resultados obtenidos con la información dada, se aplicaron algunos conceptos ingenieriles que permitieran el optimizar la planta secadora de jabón. Se llegó a la conclusión de que los aspectos generales, pero más importantes para lograr esto, eran el establecer condiciones de operación adecuadas al equipo y a las necesidades de producción de la planta, a su vez determinadas por el mercado, que permitieran de manera conjunta el establecer una cédula de producción más eficiente, en la que se contemplen de forma más rigurosa los tiempos de operación y los tiempos de servicio que hacen más

eficiente y productivo al secador. Con esto se consideró posible el aumentar de manera importante la calidad del producto y la reducción de reprocesos y desperdicios.

Similarmente, se encontró necesario el establecer una cédula de mantenimiento de la planta en general, con la finalidad de evitar que por fallas en los equipos, tanto la calidad como los niveles de producción requeridos se vieran afectados y/o disminuidos.

Adicionalmente se consideró necesario el establecer elementos de control para garantizar el adecuado funcionamiento del sistema.

Finalmente, se obtuvo como resultado que el proyecto de implementar los elementos y sistemas que aquí se trataron, es factible tanto a nivel operacional como económico, debido a lo relativamente sencillo de cambiar de los sistemas anteriores a los sistemas que se pretende a partir de este estudio.

Con lo expuesto anteriormente y en general en todo el trabajo, es muy posible el lograr las condiciones adecuadas y necesarias para la obtención de nuevos y más altos niveles de producción y de calidad, así como la reducción importante de los defectos y fallas que se presentaban en el sistema, con la lógica consecuencia de una reducción importante en los costos e igualmente un incremento valioso del nivel competitivo de la compañía a nivel nacional e internacional.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- SCHROEDER, Roger G., Administración de operaciones, Mc Graw hill, México, 1991.
- 2.- DIXON, John R., Diseño en ingeniería inventiva, análisis y toma de decisiones, Limusa, México, 1979.
- 3.- VELAZQUEZ, G. Mastretta., Administración de los sistemas de producción, (5a edición), Noriega Limusa, México, 1990.
- 4.- HOLMAN, Jack P., Métodos experimentales para ingenieros, (4a edición), Mc Graw Hill, México, 1984.
- 5.- SCHONBERGER, Richard J., World Class Manufacturing: The lessons of simplicity applied, New York, 1986.

6.- KAPLAN, I. Robert S., Measures for manufacturing excellence, Harvard Business School, Boston, Mass., 1990.

7.- ZEMANSKY, Mark W. DITTMAN, Richard H., Calor y termodinámica, (6a edición), Mc Graw Hill, México, 1986.