

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE  
GUATEMALA**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES**

**MANUAL GENERAL DE OPERACIÓN DE LAS  
ÁREAS DE SECADO,  
ENFRIADO Y EMPACADO PARA EL INGENIO LA  
UNIÓN S.A.**

**ADOLFO LANGE MORALES**

**BIBLIOTECA  
DE LA  
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

**Guatemala  
2002**

**MANUAL GENERAL DE OPERACIÓN DE LAS  
ÁREAS DE SECADO,  
ENFRIADO Y EMPACADO PARA EL INGENIO LA  
UNIÓN S.A.**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE  
GUATEMALA**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES**

**MANUAL GENERAL DE OPERACIÓN DE LAS  
ÁREAS DE SECADO,  
ENFRIADO Y EMPACADO PARA EL INGENIO LA  
UNIÓN S.A.**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PRESENTADO  
PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE  
LICENCIADO EN INGENIERÍA QUÍMICA

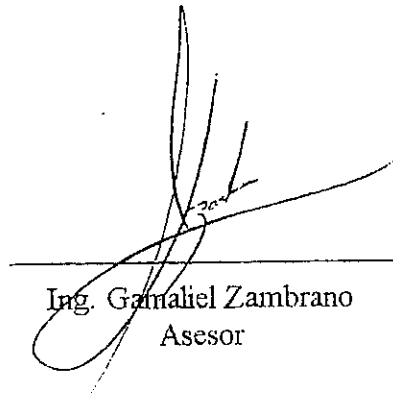
**ADOLFO LANGE MORALES**

BIBLIOTECA  
DE LA  
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

**Guatemala  
2002**

Vo.Bo.:

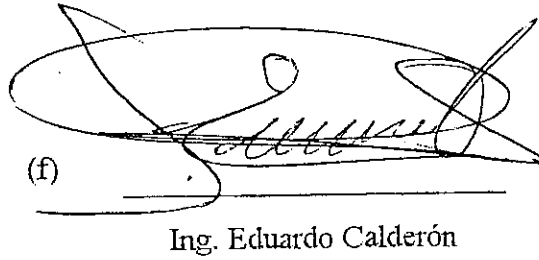
(f)



Ing. Gamaliel Zambrano  
Asesor

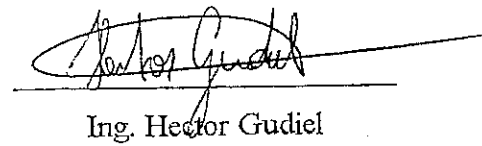
Tribunal:

(f)



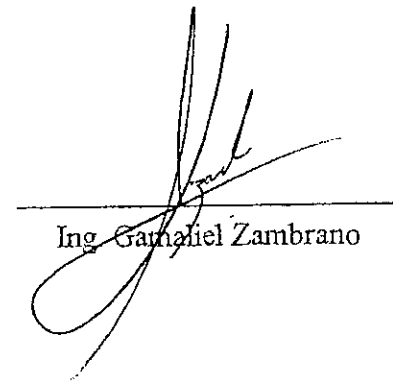
Ing. Eduardo Calderón

(f)



Ing. Hector Gudiel

(f)



Ing. Gamaliel Zambrano

Fecha de aprobación: 25 de octubre del 2002

## RESUMEN

En el Ingenio La Unión se están documentando y actualizando todos los procedimientos, en este trabajo se realizó un manual de operación de las áreas de secado, enfriado y empaçado de los distintos tipos de azúcar que este ingenio produce. Entre las principales razones por las que se realizó este manual, es para obtener las mismas características de producto terminado, en donde se incluye la estandarización de las operaciones que intervienen en dicho proceso. De las características del proceso dependerá la obtención de un buen producto para el que la calidad juega un papel fundamental.

En este manual se encuentra la secuencia de arranque del equipo para la producción de cada tipo de azúcar (crudo a granel, crudo especial, y blanco), los parámetros de operación, así como las actividades diarias del personal que labora en esta área. En la primera parte se detalla el proceso de producción de los tres principales tipos de azúcar producidos durante la zafra. El azúcar crudo a granel, el azúcar crudo especial, que tiene casi las mismas especificaciones que el azúcar crudo general y el azúcar blanco estándar, que está destinado a la venta a distribuidores quienes se encargan de la venta final al consumidor.

En la segunda parte, se presenta una descripción de las actividades diarias del personal operativo y en la tercera se encuentran la descripción de los principales problemas que se pueden presentar durante la producción, así como sus causas y soluciones.

Este manual permitió la revisión, actualización y estandarización del proceso de producción para los diferentes tipos de azúcar producidos en el Ingenio La Unión; este manual también ofrece al usuario la posibilidad de hacer más eficiente su proceso productivo y puede ser una herramienta muy útil para capacitar potenciales ejecutores del proceso.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b>	i
<b>LISTA DE CUADROS</b>	iv
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	iv
<b>LISTA DE GRÁFICAS</b>	iv
<b>Capítulos</b>	
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. ANTECEDENTES</b>	3
A. EXTRACCIÓN DE JUGO	5
B. CLARIFICACIÓN DEL JUGO	5
C. EVAPORACIÓN	5
D. CRISTALIZACIÓN	6
E. CENTRIFUGACIÓN O PURGA	6
<b>III. JUSTIFICACIÓN</b>	8
<b>IV. OBJETIVOS</b>	9
A. OBJETIVOS GENERALES	9
B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
<b>V. PROBLEMA A RESOLVER</b>	10
<b>VI. METODOLOGÍA</b>	11
A. REVISIÓN GENERAL DEL PROCESO	11
B. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	11
C. CREACIÓN DE UN BORRADOR DEL MANUAL DE OPERACIÓN	11
D. REVISIÓN Y CORRECCIÓN DEL BORRADOR	11
E. CREACIÓN DEL MANUAL DE OPERACIÓN	11
F. PRESENTACIÓN DEL MANUAL	11
<b>VII. RESULTADOS</b>	12
<b>MANUAL GENERAL DE OPERACIÓN</b>	13
A. INTRODUCCIÓN	14
B. SECUENCIA DE ARRANQUE Y PRODUCCIÓN	17
1. SECUENCIA DE ARRANQUE	17
2. AZÚCAR CRUDO A GRANEL	17
3. AZÚCAR CRUDO ESPECIAL	19

4. AZÚCAR BLANCO ESTANDAR	21
C. PRINCIPALES CAUSAS DE INTERRUPCIONES	25
1. INTERRUPCIONES DE LA LÍNEA (DISPAROS)	25
2. INTERRUPCIONES MANUALES.	26
D. ACTIVIDADES DEL OPERADOR DE TURNO	26
VIII. DISCUSIÓN	28
IX. CONCLUSIONES	31
X. RECOMENDACIONES	32
XI. BIBLIOGRAFÍA	33
XII. ANEXOS	34
A. GLOSARIO	34

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro</b>		<b>Página</b>
1.	Comparación entre situación actual y los beneficios de la implementación	29

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1.	Secado y enfriado	15
2.	Almacenado y empacado	16
3.	Secuencia de actividades. Azúcar crudo	20
4.	Secuencia de actividades. Azúcar blanco	24

## LISTA DE GRÁFICAS

<b>Gráfica</b>		<b>Página</b>
1.	Recuperación de sacarosa	4

# I. INTRODUCCIÓN

En general, un manual de operación es necesario por varias razones, entre ellas, la documentación de los procedimientos de la operación, cuyo objetivo es tener una referencia. Es una herramienta para la inducción de empleados nuevos, un punto de medición para auditorías o inspecciones y muchos otros. En el manual se describe de una manera sencilla la forma en que actualmente se está trabajando en el Ingenio La Unión. Básicamente se describe el proceso actual, asegurándose de esta manera una evaluación de la forma en que se cumplen los procesos y lineamientos establecidos.

Las áreas que se describen en el manual son: secado, enfriado y empacado. El secado consiste en separar pequeñas cantidades de agua del azúcar, con el fin de reducir el contenido de líquido residual hasta un valor aceptablemente bajo. Ésta constituye una de las etapas finales de la serie de operaciones que se realizan en la fabricación de azúcar. El agua se empieza a separar en la centrifugación, pero el producto de esta separación mecánica es una miel bastante espesa, por lo que se pasa al secador para continuar con una separación térmica.

El secador consiste en un adiabático en contracorriente en donde el azúcar se calienta rápidamente. El medio de calor es el vapor que entra con poca humedad, que luego se enfría rápidamente al principio y después más lentamente a medida que disminuye la diferencia de temperaturas; su humedad aumenta continuamente a medida que se va evaporando el agua contenida en el azúcar. Al eliminar el agua de los cristales de sacarosa se logran niveles de polarización adecuados.

El enfriado se realiza en una carcasa giratoria cilíndrica, ligeramente inclinada hacia la salida, unas pestañas levantan el azúcar para caer después en forma de lluvia a través del interior de la carcasa; en un proceso análogo al secado. El enfriado ayuda a reducir la temperatura del azúcar hasta una temperatura aceptable, evitando el sobrecalentamiento, la fusión del azúcar y la formación de granos demasiado grandes. El azúcar viene del secador a temperaturas relativamente altas, luego se hace pasar aire en contracorriente que absorbe a su paso el calor contenido en los granos de azúcar, llevando a una temperatura y contenido de humedad adecuado para su almacenaje, con una temperatura máxima de 38 ° C (debajo de este valor la tendencia al endurecimiento es mínima).

El tipo de empaçado varía para los tipos de azúcar producido; al salir del enfriador el azúcar es transportada a las bodegas donde se almacena descargando directamente de las bandas formando pilas cónicas, donde es recogida directamente por los camiones. El azúcar blanco es llevado a una serie de empacadoras donde se cosen y empacan sacos de 50 kg; que luego son pesados y contados antes de llevarse a la bodega.

En un futuro, es muy probable que la actual línea de producción se cambie, pero la existencia de un manual servirá como punto de referencia para futuros cambios.

## II. ANTECEDENTES

Azúcar, es el nombre común del disacárido de sacarosa refinado, ésta es una de las sustancias más puras entre todas las producidas en gran volumen. Se compone aproximadamente un 99.9 % de sacarosa. Sus orígenes industriales provienen del azúcar de caña y el azúcar de remolacha. Cuando están bien refinados, los productos de estos orígenes, son para todos los fines prácticos, idénticos en pureza y en caracteres físicos (Bautista, 2001:18). En las regiones tropicales, como Guatemala, donde se cultiva la caña, se produce un azúcar crudo con aproximadamente 95% de sacarosa, el cual suele refinarse en los países en que se consumen grandes cantidades de azúcar (Barrera, 2001: 5).

El azúcar se emplea, en primer lugar, como alimento y es uno de los más baratos por caloría de energía suministrada. Tiene algunas aplicaciones industriales, principalmente en la industria tabacalera y en la manufactura de derivados. Muchos trabajos de investigación se hacen en el campo de los derivados con el fin de descubrir nuevas aplicaciones del azúcar, pues la capacidad productiva del mundo es superior a la demanda actual (Kirk, Othmer, 1961:101).

El origen de la caña aún es materia de investigación. Se considera que puede ser originaria del archipiélago de Melanesia en Nueva Guinea, aproximadamente 15,000 años A. C.; habiéndose difundido hacia las islas vecinas, China e India. Posteriormente se diseminó hacia otros países, hasta llegar a las Islas Canarias. Cristóbal Colón la trajo a América en su segundo viaje el año de 1493. Se sembró en la isla "La Española", actualmente República Dominicana, de donde se difundió al resto de América. En el año de 1,500 los portugueses la llevaron a Brasil (Barrera, 2001:7).

La caña pertenece a la familia de las gramíneas y al género *Saccharum*. Se considera que existen seis especies, dos silvestres y cuatro domesticadas.

1. Silvestres:

- a. *Saccharum spontaneum*
- b. *Saccharum robustum*

2. Domesticadas:

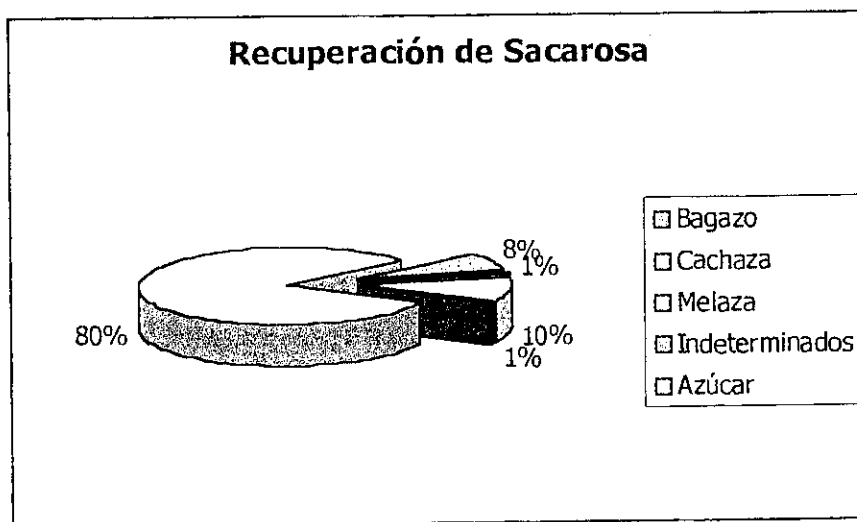
- a. *Saccharum edule*
- b. *Saccharum barberi*
- c. *Saccharum Sinensi*
- d. *Saccharum officinarum*

De todas las anteriores, la *saccharum officinarum* ha sido incluida en la mayoría de los programas de mejoramiento de variedades. Se considera que fue domesticada a partir de la *Saccharum robustum*, siendo la caña cultivada en la actualidad. La caña por su morfología y fisiología, almacena energía por períodos largos por lo que es considerada como uno de los cultivos más eficientes en el aprovechamiento de la energía solar (fotosíntesis). La eficiencia fotosintética es

la relación entre la cantidad de carbohidratos producida y la cantidad total de energía solar disponible para la planta. En igualdad de condiciones ambientales la eficiencia fotosintética varía considerablemente de una especie a otra. La caña de azúcar, junto con el maíz y el girasol, son de los cultivos más eficientes de términos de fotosíntesis (Barrera, 2001:8).

La manufactura de azúcar crudo a partir de la caña (una planta gramínea del genero *Saccharum Officinarum*) se realiza en el sur de la república, especialmente en el municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, donde se encuentran los principales ingenios azucareros del país. La producción de azúcar a partir de caña de azúcar, es básicamente un proceso de separación que consta de cuatro etapas: Separación de fibra (material sólido insoluble), estabilización y separación de impurezas en suspensión, separación de agua (evaporadores, tachos y secadora) cristalización y separación del grano de azúcar de la miel. Estos cuatro procesos se realizan consecutivamente y en cada uno ocurre una pérdida de sacarosa, mezclada en los materiales separados. La recuperación de sacarosa normalmente se describe en el siguiente diagrama, partiendo del 100% en la caña de azúcar (Barrera, 2001:11).

**GRÁFICA No. 1 Recuperación de Sacarosa**



Cada una de las etapas se efectúa con equipo especialmente diseñado para el efecto, buscando en cada etapa una separación máxima de la sacarosa del material que se desea eliminar, y una pérdida mínima por motivos de proceso. También se busca una buena calidad de los materiales producidos, para las otras etapas y especialmente para lograr un proceso estable.

Históricamente el proceso de producción de azúcar ha mejorado continuamente en calidad, eficiencia y capacidad pero no siempre se ha encontrado en las plantas productoras el necesario balance entre todas las etapas y este es un factor de vital importancia durante el desarrollo de la operación completa. El ingenio debe tener todas sus etapas de proceso balanceadas para poder

procesar óptimamente el tipo de caña que le corresponda y producir la calidad de azúcar deseada (Barrera, 2001:13).

### **A. Extracción de jugo**

Primero la caña se prepara para la molienda mediante cuchillas giratorias que cortan los tallos en pedazos pequeños, pero que no extraen el jugo, después la caña picada pasa por los molinos. El molino o trapiche consta de seis unidades múltiples, que utilizan en combinación tres o cuatro rodillos, a través de los cuales pasan sucesivamente la caña exprimida o bagazo. Para ayudar a la extracción del jugo se aplican aspersiones de agua o guarapo diluido sobre la capa de bagazo según sale de cada unidad de molienda; lo anterior contribuye a extraer por lixiviación el azúcar, este proceso es comúnmente conocido como imbibición.

Durante este proceso las fábricas eficientes logran una extracción de sacarosa del 95 % y el bagazo que sale del último molino contiene sacarosa, fibra leñosa y alrededor de un 50 % de agua.

### **B. Clarificación del jugo**

El jugo procedente de los molinos es ácido y de color verde oscuro, primero se le disuelve  $\text{SO}_2$  gaseoso, el cual reacciona con los principales colorantes del jugo. Después se neutraliza por medio de una suspensión de cal  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Este proceso forma sales insolubles de calcio, principalmente fosfatos de calcio y además sulfatos insolubles. Se calienta el jugo alcalizado hasta  $105^\circ \text{C}$ , esto coagula la albúmina y algunas grasas, ceras y gomas. Con la ayuda de un polímero poli electrolítico se forma un precipitado que atrapa los sólidos en suspensión y las partículas mas finas.

Los lodos se separan del jugo clarificado por sedimentación y se filtran en filtros rotativos al vacío. El jugo filtrado se regresa al tanque de jugo alcalizado.

### **C. Evaporación**

El jugo clarificado tiene más o menos la misma composición que el jugo crudo extraído, excepto las impurezas extraídas por el tratamiento con cal, contiene alrededor del 85% de agua. Dos terceras partes de esta agua se evaporan en evaporadores al vacío de múltiple efecto, normalmente de cuatro a cinco efectos, esto consiste en una sucesión de cuerpos dispuestos en serie de manera que cada cuerpo subsiguiente tiene un vacío más alto y por lo tanto una temperatura de ebullición más baja. El vapor del último cuerpo llega a un condensador. El jugo entra y sale del sistema en forma continua. El jarabe que sale del último efecto (meladura) lleva una concentración aproximada de 60 a 65% de sólidos en peso.

## D. Cristalización

La cristalización tiene lugar en tachos al vacío de simple efecto, donde el jarabe se evapora hasta quedar saturado de azúcar. En este momento se añaden semillas a fin de que sirvan de núcleos para los cristales de azúcar, y se va añadiendo más jarabe según se evapora el agua. El crecimiento de los cristales continúa hasta que se llena el tacho, durante este proceso no se debe permitir la formación de cristales adicionales, de tal manera que cuando el tacho está totalmente lleno todos los cristales tienen el tamaño deseado. Los cristales y el jarabe forman una masa densa llamada masa cocida.

## E. Centrifugación o purga

La masa cocida proveniente del cristalizador se carga a máquinas giratorias de alta velocidad, conocidas como centrífugas. Es un tambor cilíndrico suspendido de un eje, dicho tambor tiene paredes laterales perforadas forradas en el interior con un juego de una tela metálica y dos mallas metálicas de ocho y cinco mesh respectivamente. El revestimiento perforado retiene los cristales de azúcar lavada, la miel pasa a través de las telas debido a la fuerza centrífuga.

Se emplea, actualmente, un sistema de tres masas, la cual produce masas de tercera, que se purgan y producen miel final para la venta y magma de tercera.

El magma de tercera sirve de semilla para producir masas de segunda, la cual al purgarse produce miel B que se reprocesa y produce magma de segunda. El magma de segunda sirve de semilla para las masas de primera las cuales se purgan y producen azúcar para la venta y para miel A, la cual se reprocesa.

Las operaciones y trabajos que se efectúan pero no procesan la totalidad del producto o se realizan para hacer posible el conjunto son:

- Generación de vapor, en calderas para alimentar los motores de movimiento de todas las máquinas accionadas por vapor, como turbogeneradores, molinos y picadoras (generalmente, aunque en algunas instalaciones puede darse que existan accionamientos eléctricos para algunos de estos equipos, especialmente picadoras).
- Filtrado de cachaza para disminuir la pérdida de sacarosa en este subproducto, resultado de la sedimentación del jugo alcalizado.
- Filtrado del jugo, para eliminar pequeñas partículas de fibra (bagacillo) que hayan sido arrastradas y evitar su llegada al proceso.
- Generación eléctrica en turbogeneradores para alumbrado y operación de motores y equipos eléctricos

- Control de calidad de todos los materiales para control, seguimiento y optimización del proceso.
- Mantenimiento de equipos, preventivo y correctivo para evitar o remediar fallas en el equipo mecánico, eléctrico, móvil o de control.
- Administración de recursos para conseguir una mejor integración y coordinación de las personas, equipos, métodos y materiales empleados (Barrera, 2001:20).

### III. JUSTIFICACIÓN

Este manual debe realizarse para obtener las mismas características de producto terminado, en donde se incluye la estandarización de las operaciones que intervienen en dicho proceso. De las características del proceso dependerá la obtención de un buen producto para el que la calidad juega un papel fundamental. La efectividad, involucra el compromiso con una gama de estándares y procedimientos, que la organización define basándose en sus procesos.

En la actualidad los procesos que se realizan en el área de fabricación de azúcar de caña del Ingenio La Unión no se encuentran propiamente documentados. La razón está en la continua remodelación que ha sufrido el Ingenio en los últimos años. Esta remodelación no ha llegado a su final, ya que ésta se encuentra en función de la producción del producto que tenga mayor demanda en el mercado. Sin embargo, toda la información de cómo se realizan estos procesos, al no estar bien documentada, se encuentra en la memoria de los operarios que llevan años trabajando en ésta. Ésta varía de acuerdo al criterio y la experiencia de cada uno. Consecuentemente, se obtiene una variación del procedimiento con cada turno, y un proceso de inducción al operario nuevo complicado. Lo que pueda parecer conveniente para un operario puede no serlo para otro.

Los objetivos generales del proceso de fabricación de azúcar apuntan hacia la realización de una operación uniforme y estable para garantizar la continuidad de proceso. Siguiendo lineamientos establecidos se evitan pérdidas de sacarosa en el campo.

Para garantizar esta continuidad es necesario recopilar la información existente y definir un estándar que sea el punto de referencia para futuros cambios, inspecciones o auditorias.

Un cambio en el proceso actual de producción es inminente, pero esto no implica que la existencia de un punto de partida no sea necesaria.

## **IV. OBJETIVOS**

### **A. OBJETIVOS GENERALES**

- Elaborar un manual general de procedimientos para el área de secado, enfriado y empacado de la fabricación de azúcar proveniente de la caña de azúcar. Los tipos de productos estudiados fueron crudo, crudo especial y blanco. El estudio fue realizado en las instalaciones del Ingenio La Unión.
- Revisar y estandarizar las prácticas de producción para el área de secado, enfriado y empacado de azúcar crudo, crudo especial y blanco producido en el Ingenio La Unión.
- Hacer más eficientes los procesos de secado, enfriado y empacado del azúcar de caña tipo crudo, crudo especial y blanco a través de la revisión detallada de cada uno.

### **B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Facilitar la capacitación de nuevos operarios definiendo en el manual general los procedimientos aprobados por el Ingenio.
- Facilitar, a través del manual, una evaluación más objetiva de la eficiencia del proceso, y proveer un punto de inicio hacia futuras optimizaciones.
- Recopilar toda la información necesaria de cómo se llevan a cabo actualmente estos procedimientos.
- Otorgar al operario una herramienta útil para su trabajo, al mismo tiempo que se hacen más eficientes los procesos al estandarizarlos.

## **V. PROBLEMA A RESOLVER**

Los procesos de secado, enfriado y empacado en el área de fabricación de azúcar en el Ingenio La Unión están pasando por una etapa de actualización y documentación, esto es debido a que no se encuentran debidamente documentados. Actualmente, la información de cómo se realizan estos procesos se encuentra en la memoria de los operarios, lo que conlleva a una variación del procedimiento de acuerdo al criterio de cada operario; dificulta un proceso de inducción a un operario nuevo.

La creación de un manual de operación puede parecer inútil para el proceso, pero la ausencia del mismo representa perder la oportunidad de crear en el personal operario la motivación de mejorar su trabajo, al conocer la razón de los estándares y de los procedimientos. Un manual ofrece la posibilidad de conocer el procedimiento anterior y posterior, lo que fomenta el trabajo en equipo. Como consecuencia, la ausencia del manual impide lograr una mejor productividad del flujo de la operación.

## **VI. METODOLOGÍA**

### **A. Revisión general del proceso**

Para poder tener una mejor comprensión del proceso y de la interacción de todas las etapas de la operación, se realiza una revisión general de la fabricación de azúcar, desde el momento de que la caña de azúcar llega al Ingenio hasta que el azúcar se almacena en las bodegas.

### **B. Recopilación de Información**

La información de cómo se realizan estos procesos se encuentra en la memoria de los operarios, por lo que se reunieron a los operarios de los tres turnos (aprovechando que no es tiempo de zafra) para que entre los tres se pueda consolidar toda la información necesaria para establecer un estándar del proceso.

### **C. Creación de un borrador del manual de operación**

Con la información proporcionada por los operarios, se creó un borrador del manual, que describe detalladamente el proceso del secado, enfriado y empacado del azúcar.

### **D. Revisión y corrección del borrador**

El borrador se presentó a los operarios nuevamente para que éstos den sus opiniones y sugerencias. Luego se revisó con el supervisor del área y con el Gerente de Fabricación para definir los estándares necesarios de operación y realizar las correcciones necesarias.

### **E. Creación del manual de operación**

De acuerdo a las correcciones que sean necesarias al borrador, se redactó un manual de operación, velando por que cumpla con los objetivos planteados anteriormente.

### **F. Presentación del manual**

Luego de redactado y aprobado por la gerencia del Ingenio La Unión, se presentó a los operarios el manual, y se discutieron los cambios que se hayan hecho al procedimiento original.

## **VII. RESULTADOS**

MANUAL GENERAL DE OPERACIÓN  
PARA LAS ÁREAS DE ENFRIADO,  
SECADO Y EMPACADO

## A. INTRODUCCIÓN

En este manual se encontrará la secuencia de arranque del equipo para la producción de cada tipo de azúcar (crudo a granel, crudo especial, y blanco), los parámetros de operación, así como las actividades diarias del personal que labora en esta área.

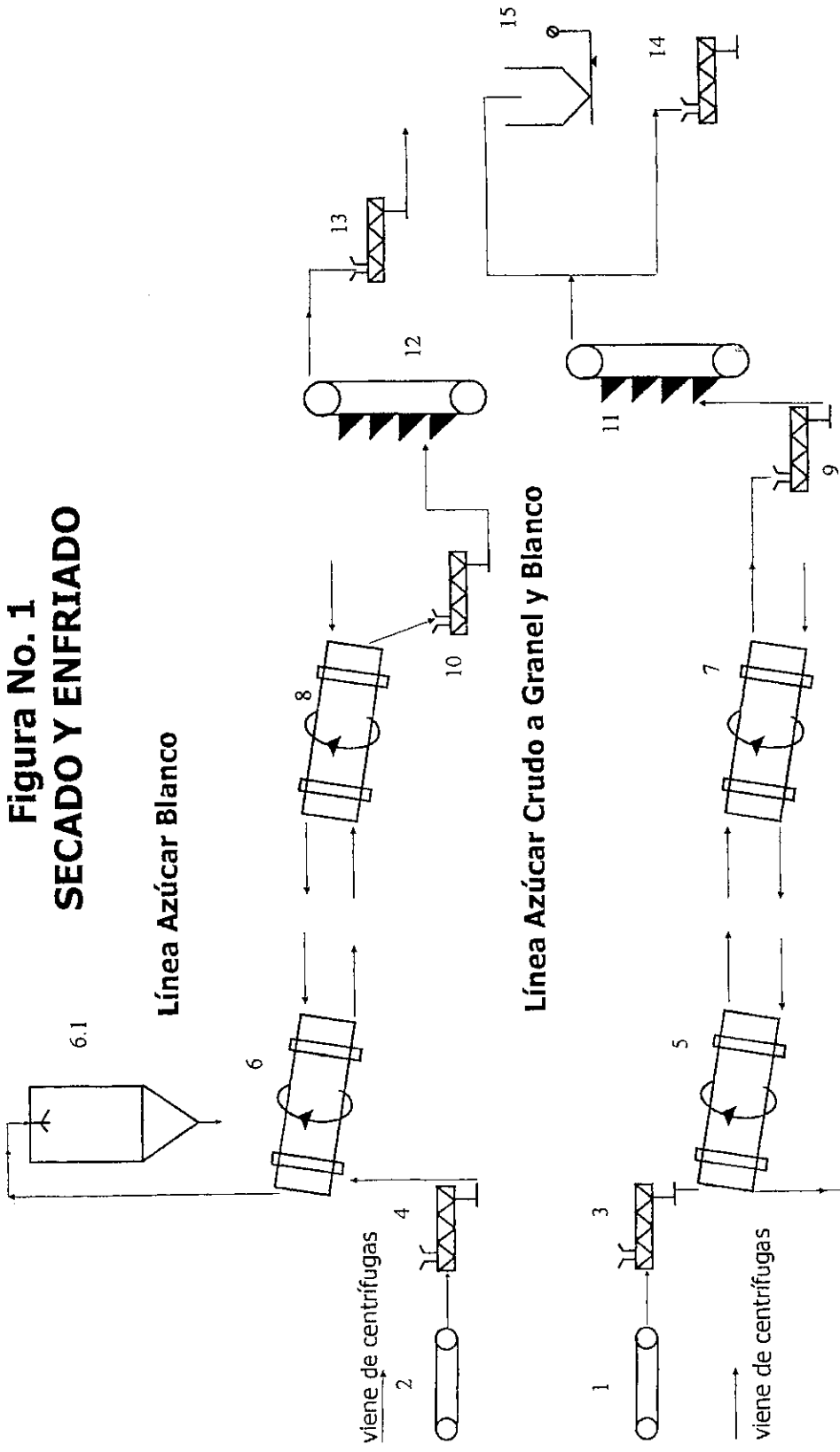
El área de secado y enfriado tiene dos líneas, una especial para azúcar blanco y una para azúcar crudo a granel. La línea de azúcar blanco está compuesta por un conductor de azúcar húmeda que desemboca en un tornillo sin fin (gusano) que alimenta a la secadora. El azúcar pasa de la secadora a la enfriadora por gravedad, luego cae a un gusano de azúcar seca, que lo lleva hacia un elevador de cangilones. La romana es alimentada por el elevador de cangilones y descarga en un sistema de conductores de banda para crudo pesado, los cuales se encargan de transportar el azúcar hacia las bodegas dos y cuatro, donde éste es almacenado a granel. Esta línea también puede manejar la producción de azúcar blanco; para manejar este azúcar es necesario activar el disolutor de terrones que tiene la línea, conectar los ventiladores y activar un gusano en la descarga del elevador de cangilones. Se une a la línea de producción de azúcar blanco, en las tolvas de las envasadoras que son alimentadas por este gusano. En el gusano que recibe el azúcar blanco que es descargado de la enfriadora se aplica la vitamina A, por un dosificador directamente en el gusano (ver figura 1).

La línea de azúcar blanco se compone de un conductor de banda en el que descargan las centrífugas, éste alimenta a un gusano de azúcar húmeda. La secadora es alimentada por este gusano y descarga por gravedad en la enfriadora; esta descarga en un gusano de azúcar seca, que a su vez alimenta un elevador de cangilones, en este gusano se aplica la vitamina A a través de un dosificador de vitamina. El elevador de cangilones transporta el azúcar a un gusano que lo descarga en las tolvas de las empacadoras (ver figura 1).

El área de empacado se compone de cuatro máquinas empacadoras y cosedoras de sacos de 50 kg., los sacos son transportados a bodega mediante un sistema de conductores de faja, donde los sacos son pesados y contados (ver figura 2).

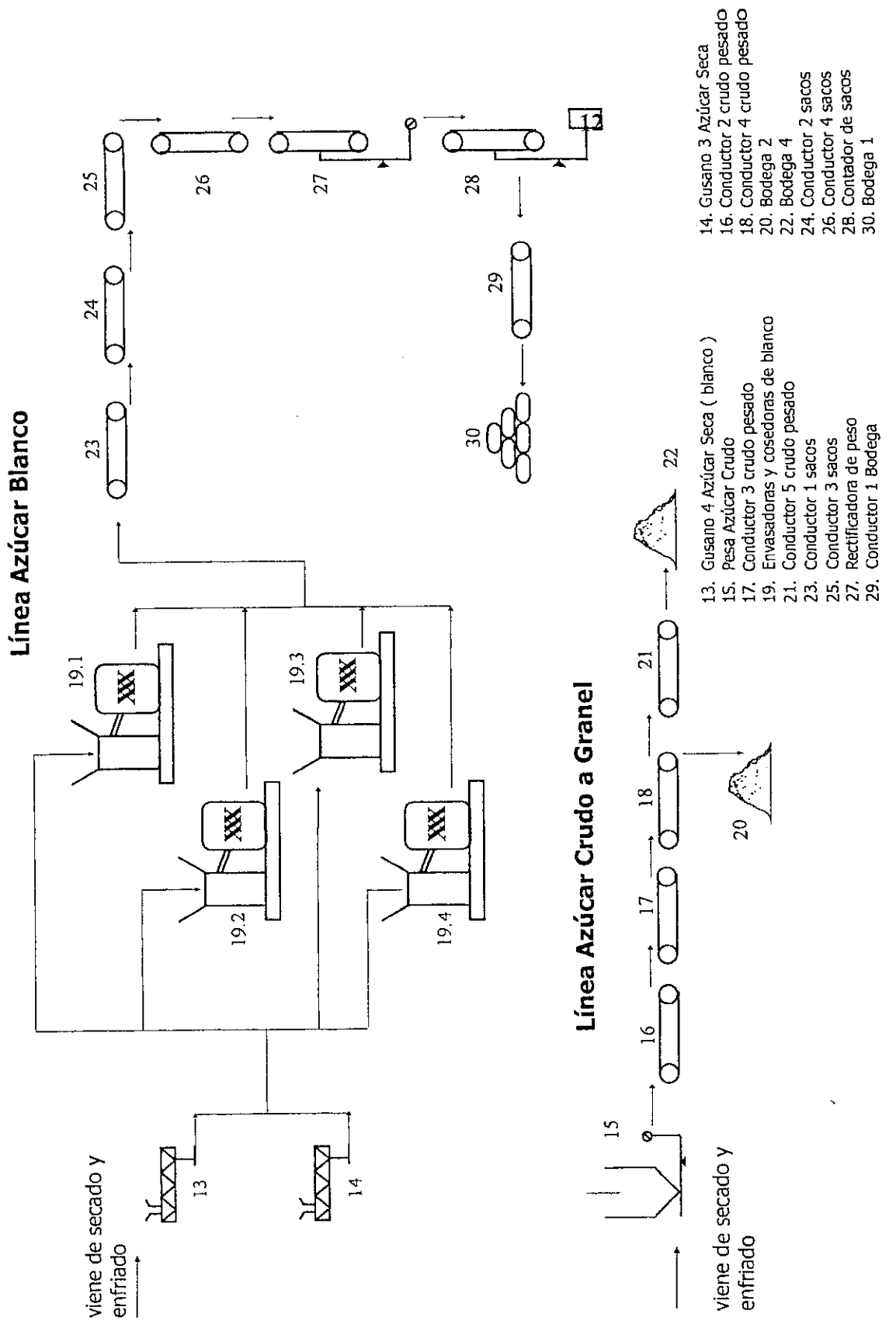
Durante la época de zafra, el ingenio turna el uso de las dos líneas dependiendo de la demanda de cada tipo de azúcar. Normalmente se encuentra produciendo paralelamente azúcar crudo a granel en la línea 1 y azúcar blanco en la línea 2.

**Figura No. 1  
SECADO Y ENFRIADO**



- |                                     |                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Conductor 1 Azúcar Humeda        | 2. Conductor 1 Azúcar Blanco Humedo |
| 3. Gusano 1 Alimentador             | 4. Gusano 1 Alimentador ( Blanco )  |
| 5. Secadora 1                       | 6. Secadora 2                       |
| 5.1 Tanque disolutor terrones 1     | 6.1 Tanque disolutor terrones 2     |
| 7. Enfriadora 1                     | 8. Enfriadora 2                     |
| 9. Gusano 1 Azúcar Seca             | 10. Gusano 2 Azúcar Seca ( blanco ) |
| 11. Elevador 1                      | 12. Elevador 2                      |
| 13. Gusano 4 Azúcar Seca ( blanco ) | 14. Gusano 3 Azúcar Seca            |
| 15. Pesa Azúcar Crudo               |                                     |

**Figura No. 2**  
**ALMACENADO Y EMPACADO**



## B. SECUENCIA DE ARRANQUE Y PRODUCCIÓN

Generalmente el ingenio inicia cada zafra produciendo azúcar crudo a granel, es por ello que la secuencia en el manual se detalla así:

### 1. SECUENCIA DE ARRANQUE

La secuencia de arranque va previo a la producción de cualquier tipo de azúcar a granel, ya sea crudo o crudo especial, esto se puede observar en la figura 3. La interfase con el área de centrifugas es inmediata. Al comenzar a funcionar el conductor de azúcar a granel 1, se puede comenzar con el trabajo de descarga de las centrifugas (purga de masas).

a. **Active el Interlock (switch) del controlador para la bodega designada.** Las bodegas que están designadas para almacenar azúcar crudo a granel son la 2 y la 4, la bodega que más se utiliza es la 2, este interlock activa o desactiva el conductor 5, haciendo que el azúcar sea descargado en la bodega 2 o siga de largo a la bodega 4.

b. **Active el funcionamiento del sistema de fajas (conductores de azúcar), en orden descendente, de la faja 5 a la 2.** El conductor 5 es opcional, se activa solamente si se desea descargar en la bodega 4. Se activan en orden descendente debido a que si el azúcar ya llegó al conductor 2 cuando este se activa, la línea pueda seguir de largo, evitando un estancamiento.

c. **Active el funcionamiento de los cepillos de limpieza de fajas de los conductores de azúcar (de azúcar húmedo o seca respectivamente).** Los cepillos de limpieza de faja se encargan de quitar los terrones que se quedan pegados a la faja del conductor, permitiendo a la faja que mantenga su capacidad de conducción.

d. **Realizar un control y verificación de peso, en las romanas, si existiera una variación contactar al personal de instrumentación.** Este controlador de peso se encarga de verificar si el azúcar contiene la densidad adecuada ( $800$  a  $900 \text{ kg/m}^3$ ); la verificación del correcto funcionamiento de este controlador se realiza al cambio de cada turno.

### 2. AZÚCAR CRUDO A GRANEL

El azúcar crudo a granel se vende a las refinerías, donde ésta es procesada. Como este producto no se vende directamente al público, tiene unos parámetros de producción diferentes al azúcar blanco que es envasado y vendido directamente a distribuidores. El azúcar crudo a granel constituye el mayor porcentaje de producción del ingenio, se almacena en silos a granel donde su densidad debe de estar comprendida entre  $800$  a  $900 \text{ kg/m}^3$ . En esta línea no se utiliza vapor, por lo que no se utilizan controles de temperatura. El proceso se inicia con la secuencia de arranque detallada anteriormente (pasos a-d)

- e. **Activar el funcionamiento del elevador de azúcar crudo.** El elevador de azúcar crudo es un elevador de cangilones, que lleva el azúcar seco a la romana.
- f. **Activar el funcionamiento del gusano de azúcar crudo.** Los gusanos o transportadores de tornillo sin fin que se utilizan en la operación consisten en una aspa seccional montada sobre un eje, que gira alrededor del mismo.
- g. **Activar el funcionamiento de la enfriadora de línea 2 de crudo.** Para el caso del azúcar crudo, como no se utiliza vapor, no es necesario un enfriamiento posterior a la secadora, el paso del azúcar crudo por la enfriadora consiste en un segundo secado, ya que tiene una corriente de aire a temperatura ambiente (25 – 30 °C con una humedad relativa menor al 65 %) que absorbe el agua todavía presente.
- h. **Activar el funcionamiento de la secadora de línea 2 de crudo.** La secadora consiste en una carcasa cilíndrica giratoria, ligeramente inclinada hacia la salida. Al girar la carcasa unas pestañas levantan los sólidos para caer después en forma de lluvia a través del interior de la carcasa. La alimentación entra por un extremo del cilindro y el producto seco descarga por el otro extremo, el azúcar seco sale a una temperatura aproximada de 40 a 43°C.
- i. **Activar el funcionamiento del gusano alimentador de la secadora.** Este gusano lleva el flujo de azúcar de las bandas que vienen de las centrífugas hacia la secadora.
- j. **Activar el funcionamiento del conductor de azúcar a granel 1.** Este conductor conecta a las centrífugas con el área de secado.

### 3. AZÚCAR CRUDO ESPECIAL

Este tipo de azúcar tiene casi las mismas especificaciones que el azúcar crudo general, con alguna excepción que el cliente exija; dependiendo de ésta se adecua el procedimiento, usualmente el azúcar final es menos húmedo (mas denso). Se sigue el mismo procedimiento de arranque que el de azúcar crudo a granel, con las siguientes variaciones:

- **Es necesario activar el funcionamiento del tanque disolutor de terrones**

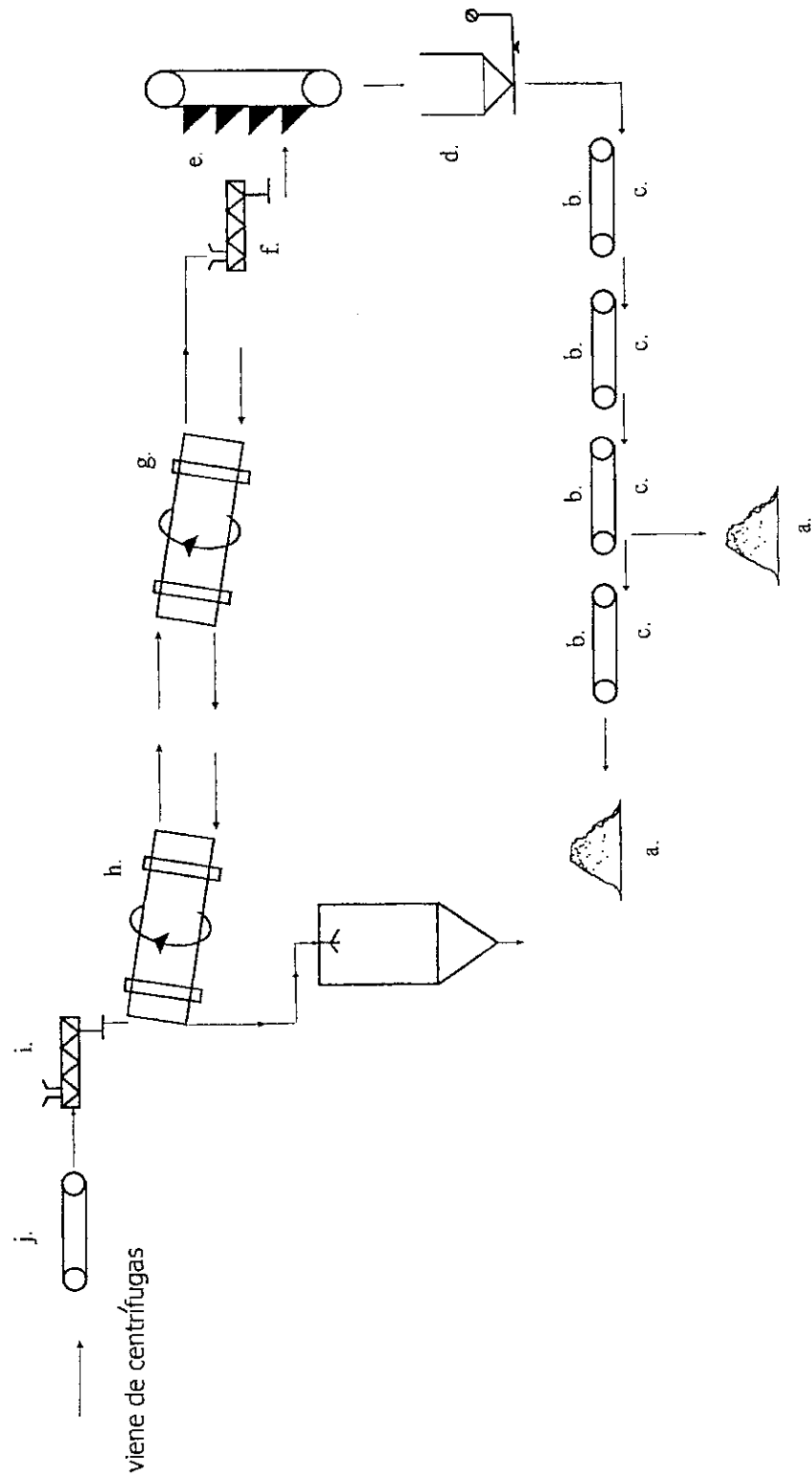
- Activar el funcionamiento del agitador
- Activar el funcionamiento de la bomba de circulación automática, (se controla el mismo por medio de "timer", después de un intervalo determinado la bomba drena el tanque y recircula la solución al proceso). El tanque disolutor de terrones se encarga de recopilar los granos de azúcar que arrastra el ventilador.

- **Se activa el ventilador en la secadora.** El cual se puede activar una vez se haya puesto a funcionar el tanque disolutor de terrones. El propósito del ventilador es generar una corriente de aire (con una humedad relativa menor al 65%) que esté en contacto directo con el granos, en contracorriente con el flujo, para absorber el agua contenida en el azúcar, obteniendo los niveles de humedad adecuados para su preservación en almacenamiento (valores entre 0.02% y 0.5% de humedad).

- **Activar el spray del disolutor de terrones.** El polvillo que se levanta durante el paso del azúcar por la secadora, se detiene por una malla (No. de mesh 6) que se encuentran en los extremos, este cae al tanque del disolutor de terrones donde el agua asienta el polvo y luego recircula la solución al proceso de evaporación.

- **Es necesario tomar la temperatura de entrada del aire, del azúcar en la entrada y en la salida del sistema. (Secadora y enfriadora).** El aire absorbe una mayor cantidad de agua si se encuentra dentro de un rango, que no exceda los 95°C, ya que puede dañar el azúcar por su alta temperatura, y que no disminuya de 70°C para calentar los granos y establecer un intercambio de masa (hacia el aire). Debido a esto es necesario llevar un control de las temperaturas tanto de entrada como de salida del aire. El azúcar sale de la secadora con un rango de temperatura entre 40 a 45°C, luego del proceso de enfriado sale a temperatura aproximada de 38°C para un óptimo almacenamiento; si existe una variación mayor de 5°C en las temperaturas es necesario tomar acción; de ahí la necesidad de llevar un control de temperaturas.

**Figura No.3**  
**SECUENCIA DE ACTIVIDADES**  
**Azúcar Crudo**



#### 4. AZÚCAR BLANCO ESTANDAR

El azúcar blanco estándar, está destinado para venta a distribuidores quienes se encargan de la venta final al consumidor, este tipo de azúcar cumple con los requisitos requeridos por las normas Coguanor, ; el azúcar al salir de las centrifugas tiene un porcentaje de humedad de 0.5-2.0% el cual se lleva a 0.2-0.5% por medio del proceso de secado.

- a. **Activar el interlock (switch) del controlador para la línea.** Este controlador activa la línea de azúcar blanco, para que cuando el azúcar llegue al gusano 4, este dirija el flujo hacia las llenadoras y cosedoras de sacos, en vez de continuar a las romanas y seguir la línea de azúcar crudo.
- b. **Arrancar la rectificadora de pesos.** Ésta se encarga de revisar que los sacos tengan un peso correcto, el saco promedio debe de tener un peso aproximado de 50 kg.
- c. **Arrancar los conductores de sacos.** Se activan, en orden descendente debido a que si el azúcar ya llegó al conductor 2 cuando éste se activa, la línea pueda seguir de largo, evitando un estancamiento, del 4 al 1.
- d. **Revisar los flipones de las envasadoras.** Éstos deben encontrarse en buenas condiciones, para evitar un golpe de voltaje en las envasadoras y así asegurarse de que al haber un problema eléctrico se dispare la línea.
- e. **Colocar el imán detector de metales en el gusano alimentador de las tolvas de azúcar blanco.** Éste se encarga de detectar y detener cualquier tipo de metal que se encuentre presente en el azúcar que pasa a través del gusano hacia las tolvas.
- f. **Activar el funcionamiento de los extractores de polvillo del edificio.** Los extractores de polvillo mantienen el ambiente en el área con una concentración de partículas de azúcar por debajo de  $60 \text{ g/m}^3$  (si la nube de polvo es visible, la concentración de polvillo se encuentra por encima del máximo). Arriba de esta concentración es posible la explosión por polvos, ya que el polvillo de azúcar es explosivo cuando es muy fino.
- g. **Colocar las mallas de la secadora 1.** Estas mallas evitan que cuando se activa el ventilador de aire las partículas de azúcar salgan del secador, el polvillo recolectado cae al disolutor de terrones.
- h. **Activar el funcionamiento del gusano 3 de azúcar seco.** Este gusano transporta el azúcar proveniente del elevador de cangilones, y lo lleva hacia los silos que alimentan las secadoras.
- i. **Activar el funcionamiento del elevador de azúcar blanco.** El elevador de azúcar blanco es un elevador de cangilones, que lleva el azúcar seco del área de secado hacia el área de empaçado.
- j. **Activar el funcionamiento del gusano que alimenta el elevador de azúcar.** Transporta el azúcar proveniente de la enfriadora hacia el elevador de cangilones.

**k. Activar el funcionamiento de la enfriadora 1.** La enfriadora consiste en una carcasa cilíndrica giratoria, ligeramente inclinada hacia la salida. Al girar la carcasa unas pestañas levantan los sólidos para caer después en forma de lluvia a través del interior de la carcasa. La alimentación entra por un extremo del cilindro y el producto seco descarga por el otro. El proceso de enfriado es recomendado para reducir la temperatura final del azúcar de 45°C, temperatura a la que sale de la secadora, a 38°C. Esto se lleva a cabo utilizando aire con una humedad relativa menor de 65%.

**l. Activar el funcionamiento de la secadora 1.** La secadora consiste en una carcasa cilíndrica giratoria, ligeramente inclinada hacia la salida. Al girar la carcasa unas pestañas levantan los sólidos para caer después en forma de lluvia a través del interior de la carcasa. La alimentación entra por un extremo del cilindro y el producto seco descarga por el otro. La temperatura de los granos aumenta rápidamente desde su valor inicial hasta la temperatura de vaporización (40-45°C), mientras que la temperatura del aire disminuye proporcionalmente, el aire se calienta hasta aproximadamente 90°C y sale entre 40 – 50°C, realizándose una transferencia de calor y de masa.

**m. Revisar la presión y temperatura del vapor.** El aire absorbe una mayor cantidad de agua si se encuentra dentro de un rango, que no exceda los 95°C, ya que puede dañar el azúcar por su alta temperatura, y que no disminuya de 70°C para calentar los granos y establecer un intercambio de masa (hacia el aire). Debido a esto es necesario llevar un control de las temperaturas tanto de entrada como de salida del aire. El azúcar debe de salir a una temperatura aproximada de 38°C para un óptimo almacenamiento, si existe una variación mayor a 5°C en la temperatura es necesario tomar acción; de ahí la necesidad de llevar un control de temperaturas.

**n. Activar el funcionamiento del tanque disolutor de terrones.**

➤ Activar el funcionamiento del agitador

➤ Activar el funcionamiento de la bomba de circulación automática, (se controla el mismo por medio de timer, después de un intervalo determinado la bomba drena el tanque y recircula la solución al proceso). El tanque disolutor de terrones se encarga de recopilar los granos de azúcar que arrastra el ventilador.

**o. Activar el funcionamiento de los ventiladores de las secadoras y enfriadoras.** Los ventiladores generan una corriente de aire que se dirige en dirección contraria al flujo de azúcar. En el caso de la secadora también se enciende la línea de vapor para calentar esta corriente de aire y realizar la acción de secado.

**p. Activar el funcionamiento del gusano alimentador de azúcar de secadora 1.** Este gusano lleva el flujo de azúcar de las bandas que vienen de las centrífugas hacia la secadora.

**q. Activar el funcionamiento del conductor de azúcar blanco de las centrífugas.** Este conductor conecta a las centrífugas con el área de secado.

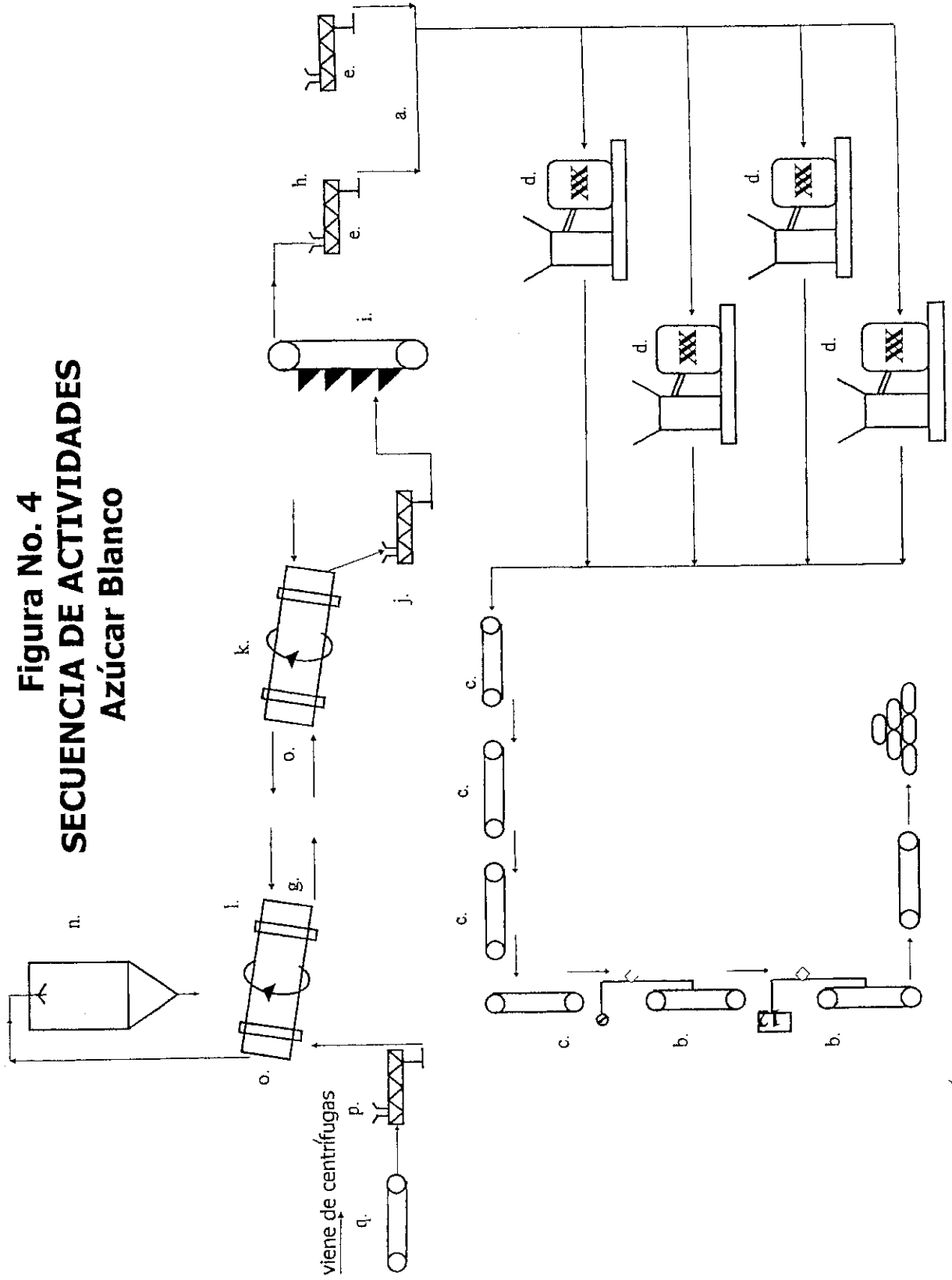
Para poder comenzar el envasado de azúcar blanco es necesario realizar primero un lote de prueba, el fin de realizar dicha prueba es para:

- Limpiar todos los conductores, y equipos del envasado.
- Realizar pruebas de peso, chequeo de maquinas cosedoras, del sistema neumático del envasado (llenado de sacos), líneas de transportación y de conteo de sacos, entre otros.

Dicha prueba se deja de realizar hasta estar completamente seguro de que el sistema de envasado esta listo para operar, esto incluye datos que proporciona el personal del laboratorio en el control que se le tiene al azúcar blanco los cuales deberán estar adentro de los parámetros requeridos por las normas Coguanor para esta calidad de azúcar.

Cuando el azúcar y el sistema está en los parámetros de calidad aceptados se activa el funcionamiento del dosificador de vitamina "A", el cual debe ser previamente calibrado con base a la cantidad de la producción (normalmente se dosifica 1 saco de premezcla de Vitamina "A", por cada 550 sacos de azúcar).

**Figura No. 4**  
**SECUENCIA DE ACTIVIDADES**  
**Azúcar Blanco**



## C. PRINCIPALES CAUSAS DE INTERRUPCIONES

### 1. Interrupciones de la línea (disparos)

a. *Ubicación:* Romana de control de pesos.

*Línea:* Azúcar crudo y crudo especial.

*Descripción:* Problemas con la tara, azúcar se pega a las paredes de la tolva.

*Solución:* Limpiar las paredes, quitar el exceso de azúcar pegada a las paredes de la tolva y de los sensores, si persiste el problema contactar a personal de instrumentación

b. *Ubicación:* Motores y fajas

*Línea:* Azúcar crudo, especial y azúcar blanco

*Descripción:* Se detiene la línea en un motor específico, éste tiene una temperatura más alta que la normal.

*Solución:* Localizar el motor que originó la falla, verificar la causa del calentamiento, revisando fajas, sobrecargas, atoramientos, entre otros. Rompimiento de una faja: usualmente se rompe por desgaste o quemadura, contactar al personal mecánico del área de fabrica. Sobrecarga: limpiar el gusano alimentador del elevador de azúcar, y avisar al personal mecánico encargado y notificar a los jefes de la causa del disparo y de ser posible bajar la purga en las centrífugas.

c. *Ubicación:* Línea completa

*Línea:* Azúcar crudo, especial y blanco

*Descripción:* Falla de la corriente eléctrica

*Solución:* Arrancar de nuevo la línea utilizando la secuencia de arranque.

d. *Ubicación:* Tolvas de la línea 1 del área de envasado

*Línea:* Azúcar blanco

*Descripción:* Las tolvas no descargan y se llenan debido a problemas con las cosedoras de sacos, envasadoras o en ocasiones por problemas en Bodega de azúcar, esto origina llenarse las tolvas.

*Solución:* Localizar el área que ocasionó el problema, si el problema es de las cosedoras o envasadoras contactar al personal mecánico o de instrumentación, y si el problema en Bodega de azúcar localizar al encargado de turno para que juntos con los jefes de fabrica solucionen el problema. Con el llenado de tolvas es necesario detener la purga para vaciarlas reiniciar la misma hasta que se considera resuelto el problema.

## 2. Interrupciones manuales.

Son generadas por el operador cuando en sus revisiones periódicas detecta un problema.

a. *Ubicación:* Caída de azúcar (chifle), de la secadora a la enfriadora

*Línea:* Azúcar crudo, especial y blanco

*Descripción:* Existe una aglomeración de azúcar en la conexión de la secadora y la enfriadora, hay fugas de azúcar en la conexión.

*Solución:* Coordinar con el personal de fábrica para detener el proceso y realizar una limpieza del área.

b. *Ubicación:* Malla de la secadora

*Línea:* Azúcar blanco

*Descripción:* La malla de la secadora se encuentra demasiado saturada de azúcar.

*Solución:* Detener la línea para limpiar o cambiar la malla.

c. *Ubicación:* Línea 2 completa

*Línea:* Azúcar blanco

*Descripción:* Existe una baja de presión en el vapor.

*Solución:* Detener la línea y esperar que se normalice el flujo de vapor.

d. *Ubicación:* Secadora de azúcar.

*Línea:* Azúcar blanco

*Descripción:* Las mallas que se encuentran entre los serpentines de vapor y la secadora se tapan por suciedad del ambiente, esto hace que se trabaje inadecuadamente.

*Solución:* Detener la línea para realizar limpieza de la misma, esto permitirá que los controles hagan automáticamente bien su trabajo, en base al set point establecido en los rangos de operación de la misma.

## D. ACTIVIDADES DEL OPERADOR DE TURNO

1. Llenar una bitácora por turno, para informar al personal que releva los problemas que se suscitaron.
2. Realizar una verificación de las taras de la romana, revisar promedio con el turno anterior para encontrar variaciones. Asegurándose de esta forma se mantengan las taras dentro de un margen aceptable.

3. Revisar con frecuencia del ventilador, y el porcentaje de abertura de las válvulas de ventilación, comparando con los parámetros establecidos para el lote.
4. Verificación periódica de equipos para prevenir disparos en las líneas de azúcar ya sea Crudo o Blanco Estándar:
  - Revisar temperaturas de los motores
  - Condición de fajas de motores y conductores
  - Objetos extraños en la línea
  - Revisar la unión entre enfriadora y secadora
5. Realizar una limpieza periódica del imán del gusano, ya que puede saturarse de basura impidiendo que siga cumpliendo su función.
6. Revisar las costuras de los sacos y las condiciones de estos, para descartar los que se encuentren rotos y/o sucios.
7. Llevar en hoja de control los datos de temperatura al envasar, los pesos y el tiempo perdido en el envasado por problemas. Este control se lleva para poder detectar una falla recurrente y actuar antes de que esta falla sea más grave.
8. Verificación constante de las taras de peso, del conteo de sacos y del dosificador de vitamina A.
9. Revisión constantemente de la limpieza del área de envasado, removiendo basura y el azúcar que cae al suelo, con el fin de mantener el área de producción limpia y evitar contaminaciones al producto.
10. Monitoreo constante de equipos, temperaturas de motores, en manómetros, variables de control, total de sacos comparando el conteo, revisión de los Spray en el sistema del tanque disolutor de terrones, entre otras cosas.
11. Verificación y limpieza de malla de serpentines de vapor, secadora de azúcar blanco.

Además del encargado de turno en el área de envase laboran 6 personas más, de las cuales tres son para cada línea de envasado. En cuanto la producción en azúcar blanco disminuye o no se tiene nada en las tolvas para envasar, el encargado del área distribuye el trabajo a las personas restantes en las siguientes actividades:

- a. Revisión y limpieza del dosificador de Vitamina "A".
- b. Limpieza del imán.
- c. Limpieza de mallas.
- d. Limpieza general del área.
- e. Limpieza de romanas de azúcar crudo.
- f. Reenvasado de azúcar. (cuando se tienen que cambiar de saco ya sea por rotos o descosidos).
- g. Limpieza de caída de azúcar (chifle), de sacadora a enfriadora azúcar blanco.

## VIII. DISCUSIÓN

El propósito de este trabajo fue recopilar toda la información existente de cómo se realiza actualmente el proceso de secado, enfriado y empacado en el Ingenio La Unión S.A., con la intención de poder definir un estándar de operación, explicar más detalladamente cada paso y su secuencia, definir las actividades diarias del personal operativo y sobretodo, crear una valiosa herramienta para los empleados nuevos y actuales, que puede ser utilizada diariamente en su trabajo para hacerlo más eficiente.

El presente manual se divide en tres partes, en la primera parte se detalla el proceso de producción de los tres principales tipos de azúcar producidos durante la zafra. El azúcar crudo a granel se vende a las refinерías, donde éste es procesado. Como este producto no se vende directamente al público, tiene unos parámetros de producción diferentes al azúcar blanco que es envasado y vendido directamente a distribuidores. El azúcar crudo a granel constituye el mayor porcentaje de producción del ingenio, se almacena en silos a granel donde su densidad debe de estar comprendida entre 800 a 900 kg/m<sup>3</sup>. Este tipo de azúcar tiene casi las mismas especificaciones que el azúcar crudo general, con alguna excepción que el cliente exija; dependiendo de esta se adecua el procedimiento, usualmente el azúcar final es menos húmedo (más denso). Se sigue el mismo procedimiento de arranque que el de azúcar crudo a granel, con algunas variaciones. El azúcar blanco estándar, que está destinado a la venta a distribuidores quienes se encargan de la venta final al consumidor, este tipo de azúcar cumple con los requisitos requeridos por las normas Coguanor; el azúcar al salir de las centrífugas tiene un porcentaje de humedad de 0.5-2.0% el cual se lleva a 0.02-0.5% por medio del proceso de secado.

En la segunda parte, se presenta una descripción de las actividades diarias del personal operativo. Entre estas actividades se encuentra detallado el procedimiento de cambio de turno, que es muy importante, ya que durante la zafra, en un cambio de turno eficiente se evitan problemas de falta de seguimiento, que pueden traer consigo la pérdida de tiempo y/o de sacarosa.

En la tercera parte se encuentran la descripción de los problemas más frecuentes que se pueden presentar durante la producción, así como sus causas y soluciones. Se separan en interrupciones manuales y automáticas, las interrupciones manuales las realiza el operario al notar que una parte del sistema no se encuentra operando en las condiciones optimas establecidas, y las interrupciones automáticas las realiza el sistema, cuando uno de los elementos que lo componen se encuentra trabajando afuera de sus especificaciones.

Durante el proceso de secado y enfriado, los controles más críticos son: la temperatura de salida del azúcar, la temperatura y presión del vapor, si se reduce su contenido de humedad se evita su deterioración. Se ha encontrado que el rango más adecuado para calentar el aire, se encuentra entre 70 – 95° C, si se calienta por encima de esta temperatura se puede dañar el

azúcar, y si el aire se encuentra por debajo de esta temperatura no podrá absorber la suficiente agua del azúcar para reducir su humedad hasta un rango de 0.02 a 0.5%. De este riesgo surge la necesidad de un control constante en estas variables, las cuales no pueden ser delegadas al criterio del operario. En el proceso de empaquetado y almacenado, los puntos críticos de control son: el control de pesos y el control de la densidad. Una variación en la densidad puede significar la presencia de un porcentaje de humedad muy alto, lo que afecta en la calidad del almacenaje y en la polarización del azúcar, ya que si se encuentra el azúcar con poca humedad la polarización aumenta de 97.8 a 98.2°; el beneficio económico es mayor que la pérdida de peso por el agua evaporada. El peso de los sacos debe de ser exacto (máximo una variación de  $\pm 1.0$  Kg) ya que puede acarrear serios problemas con los distribuidores y el consumidor final.

La creación de un manual de operación establece un estándar, lo que garantiza una mayor continuidad y eficiencia en el proceso. La introducción de este manual facilita la inducción de nuevo personal, y establece un punto de referencia para futuras auditorías o inspecciones. El proceso de presentación del manual al personal se hizo enfocando al proceso como un todo, para que los operarios comprendan que su labor es esencial en la fabricación eficiente del azúcar, al ver que todos los procesos están conectados. El personal al comprender el proceso completo y el por qué de las actividades que realiza, tiene un criterio más amplio que puede aplicar a la hora de encontrar soluciones para los distintos problemas que se puedan suscitar. Esta actitud beneficia de sobremano a la eficiencia del proceso. El propósito principal de la implementación del manual se resume en el siguiente cuadro.

**Cuadro No. 1.** Comparación entre situación actual y los beneficios de la implementación.

Situación actual	Beneficios de la implementación
1. La operación se hace subjetivamente, de acuerdo a la opinión del operario.	La operación se realiza de acuerdo a lo indicado en el Manual de operaciones.
2. No hay estandarización en los procedimientos.	El Manual de operación estandariza los procedimientos.
3. La inducción de nuevos empleados se da de acuerdo a lo que el empleado entrenador percibe de la operación que realiza.	La inducción se hará de acuerdo a los procedimientos establecidos.
4. El riesgo, como consecuencia de la falta de estandarización en los procesos, es potencial.	El riesgo por la falta de estandarización de los procesos es reducido al mínimo.

Si en la siguiente época de zafra es necesario cambiar el proceso, el hecho de que el personal operativo haya aprendido a usar el manual, facilitará el aprendizaje del nuevo procedimiento, de igual forma, si este personal es transferido de área o si opera un equipo nuevo.

La introducción de los manuales de operación, puede traer grandes beneficios a la continuidad de la operación; pero para mantener esta continuidad es necesario un compromiso tanto del personal operativo como de los supervisores, que se manifiesta en el cumplimiento de los procedimientos y en la actualización de los mismos al haber un cambio.

## IX. CONCLUSIONES

- Mediante la información recopilada se pudo elaborar un Manual de Operación para las áreas de secado, enfriado y envasado de fabricación de azúcar, proveniente de la caña de azúcar *Saccharum Officinarum*.
- Dicho manual permitió la revisión y estandarización del proceso de producción para los diferentes tipos de azúcar producidos en el Ingenio La Unión. La utilización del manual ofrece al usuario la posibilidad de hacer más eficiente el proceso productivo.
- El Manual de Operación ofrece ser una herramienta para capacitar potenciales ejecutores del proceso
- La eficiencia del proceso podrá hacerse de forma objetiva, una vez éste se lleve a cabo bajo el lineamiento de los procesos definidos por el Manual de Operación

## X. RECOMENDACIONES

- El aumento en la producción, que permitirá una eventual alza en la utilidad del ingenio, relacionada con el proceso de secado, enfriado y empaçado, dependerá del compromiso por parte del personal de supervisión y operativo a la correcta utilización del Manual de Operación.
- Se recomienda señalar los componentes físicos del proceso en el área del trabajo. Con ello se facilita el entendimiento del Manual por parte de los usuarios.
- Revisiones constantes, al inicio y finalización de la época de zafra, así como cuando se adquiera un nuevo equipo o se presente algún cambio en el flujo del proceso, son de vital importancia para mantener la eficiencia del Manual de Operación.
- Asignar a una persona encargada del manual para poder garantizar la constante actualización y uso del manual.
- El manual será utilizado por el operador como la mejor herramienta para mantener en pie una operación objetiva y exitosa.

## XI. BIBLIOGRAFÍA

1. Barrera, H. 2001. *Manual de Procedimientos de Operación de Evaporadores*. Santa Lucía Cotzumalguapa. Ingenio La Unión S.A. 51pp.
2. Bautista, E. A. 2001. *Manual de Operación del área de Clarificación*. Santa Lucia Cotzumalguapa. Ingenio La Unión S.A. 117pp.
3. Guzmán, S. A. 1990. *IV Curso de Especialización en Ingeniería Azucarera*. Guatemala. Tayasal.
4. Kirk, R. Othmer, D. 1961. *Enciclopedia de Tecnología Química Tomo II*. México D.F. Editorial Hispanoamericano.
5. McCabe, W. 1991. *Operaciones Básicas de Ingeniería Química*. México D. F. Mc Graw Hill 1112pp.
6. Nicholls State University. 1998. *Storage, affination, and clarification*. Louisiana. Cane Sugar Refiner's Institute.
7. Perry, J.H. 1963. *Chemical Engineer's Handbook*. Tokyo. Mc Graw Hill.
8. Stamatis, P.H. 1995. *Understanding ISO 9000 and implementing the basics to quality*. New York. Mc Graw Hill 260pp.

## XII. ANEXOS

### A. GLOSARIO

1. **Agua de lavado:** agua caliente que se aplica a los filtros rotativos para bajar la concentración de sacarosa en la cachaza residual.
2. **Azúcar seca:** sacarosa cristalizada a la que se le ha eliminado la mayor parte del agua presente en la superficie. El agua de cristalización, la que pueda estar ocluida en la estructura del cristal y una pequeña fracción de la humedad superficial van a encontrarse siempre presentes.
3. **Azufre:** sólido cristalino de color amarillo que funde a 115.2 C (119 C para el grado técnico). Dando un líquido de color amarillo claro que aumenta la viscosidad y cambia a color rojizo a 190 C. Peso atómico 32.06 g/mol; símbolos químicos. El sólido es soluble en disulfuro de carbono.
4. **Bagacillo:** bagazo fino de fibra corta que se separa del bagazo en la salida de los molinos para servir como ayuda filtrante en la torta de cachaza sobre los filtros (se utiliza entre 7 y 14 Lb/TC pero este valor cambia para adaptarse a las condiciones de filtrabilidad de la cachaza, dándose valores tan altos como 32 Lb/TC).
5. **Bagazo:** es el producto sólido resultado de la extracción de por lo menos una parte del jugo de la caña original, aunque el término se aplica mayormente al sólido fibroso obtenido al final de toda la operación de la molienda.
6. **Basura:** se considera basura las hojas, puntas (hasta 1 ½ canutos abajo del último canuto anillado), raíces, tallos jóvenes (mamones) y residuos de otras plantas.
7. **Brix:** es el porcentaje en peso (contra solución total) de sólidos solubles disueltos presentes en una solución. Solamente es estrictamente válido y exacto para el caso de que una solución acuosa de sacarosa pura.
8. **Caña:** corresponde a la materia prima picada y limpia pero completa en el sentido de que no se le ha extraído ninguno de sus componentes.
9. **Coagulación:** proceso de desnaturalización que sufren las proteínas al ser sometidas al calor y perder su estructura secundaria.
10. **Conductor de bagacillo:** sistema anexo del filtrado de los jugos intermedios, destinados a separar el bagazo presente en jugo y evitar su paso al proceso o a las bombas de maceración.
11. **Fibra:** todo el material sólido leñoso presente en la caña. Para fines de cálculo se evita la restricción de leñoso a fin de incluir todos los sólidos no solubles ni suspendibles presentes (residuos de suelo especialmente).
12. **Floculante:** material que fomenta la formación de flóculos o aglomeraciones de sólidos de pequeño tamaño. Los más usados en el proceso del azúcar son poliacrilamidas parcialmente

hidrolizadas con un peso molecular generalmente superior a  $10^6$ . Sus características cambian dependiendo de su peso molecular, el grado de hidrólisis y su estructura secundaria.

13. **Imbibición:** alimentación del agua caliente al último o dos últimos molinos para mejorar la extracción de sacarosa por medio de mecanismos de intercambio y osmosis. El control de la temperatura es importante para evitar disoluciones innecesarias.

14. **Intercambio de calor:** proceso de paso o transferencia de energía térmica de un medio de temperatura superior a otro (vapor a jugo en el caso de evaporación en la industria de azúcar).

15. **Jugo:** es la mezcla en una sola fase de agua, sólidos solubles disueltos y sólidos en suspensión.

16. **Jugo clarificado:** producto final del proceso de defecación (clarificación con cal y calor). Tiene similares características que el jugo mixto pero es traslúcido y de un color que va de amarillo claro a café claro.

17. **Jugos intermedios:** mezcla de agua, sólidos solubles disueltos y sólidos en suspensión que se extrae de un molino individual (se forma del jugo extraído por la comprensión maza cañera-superior y maza bagacera-superior, para el caso de molinos de tres mazas).

18. **Jugo mezclado:** es la mezcla de agua, sólidos solubles disueltos y algunos sólidos en suspensión que se extrae de la caña y va al proceso. Resulta que la mezcla de todos los jugos intermedios extraídos por cada molino individual.

19. **Lechada de cal:** dispersión de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  industrial en agua se utiliza para aumentar el pH del jugo y proporcionar el calcio necesario para la precipitación del fosfato presente en el jugo. Su concentración se evalúa a través de la densidad y cambio dependiendo del equipo de aplicación.

20. **Picadora:** máquina que pica la caña al golpearla y cortarla con machetes colocados en sus brazos. No extrae jugo en general.

21. **Polvillo:** cristales de sacarosa resultantes de rotura mecánica o formaciones de falso grano en tachos, cuya característica principal es su pequeño tamaño (se miden como la fracción de muestra que es capaz de pasar una malla de 100 mesh) y la facilidad con que son arrastrados por el flujo de aire en la secadora (en general existirán dispositivos para evitar su pérdida al ambiente tales como ciclones secos o húmedos y filtros de bolsa).

22. **Sobresaturación:** medición de la cantidad de soluto que se encuentra en exceso en una solución a cierta temperatura y composición de la misma. A una sobresaturación superior a 1 ya no es posible disolver ninguna cantidad de soluto adicional en el sistema.

23. **Tacho:** equipo de transferencia de calor orientado a la cristalización de soluciones azucaradas y al posterior desarrollo de los granos formados. Existen básicamente dos tipos: de serpentín y de calandria, siendo más comunes los últimos ya que permiten el uso de vapores de menor presión como medio de calentamiento (básicamente por disponer de una mayor área de transferencia) y por ello se han diseñado múltiples tipos de tachos: de bajada central, de bajada perimetral, de

calandria flotante, de baja cabeza hidrostática, con agitador, horizontales, de fondo curvo y continuos.

24. **Terrones:** aglomeraciones de granos originados al secar residuos de masa (todavía la mezcla de azúcar y miel) o conglomerados producidos en la operación de tachos. Manifiestan un fuerte color, estructura en donde son distinguibles múltiples granos pegados y en general son retenidos por mallas de 10 o 12 mesh debido a su gran tamaño.

25. **Vapor directo:** es el vapor de agua directamente producido por las calderas y se puede decir de el que en un ingenio es el que tiene la mayor presión y temperatura. Se utiliza en los siguientes puntos: accionamiento mecánico de máquinas (molinos, picadoras, turbogeneradores, bombas de agua de alimentación, ventiladores y algunos otros menos frecuentes), suministro de vapor de escape faltante a través de una válvula de inyección o relleno, accionamiento de eyectores de vapor (equipos de vacío), calentamiento de aire en secadora y algunas veces limpieza de tachos y evaporadores.

