

## CAPITULO III

### PROCESOS DE LA INDUSTRIA AZUCARERA

#### 3.1. ANTECEDENTES

Al hablar de procesos de la industria azucarera debemos considerar dos elementos importantes, la caña de azúcar (*Saccharum officinarum L*) y la remolacha (*Beta vulgaris L*), en base a los cuales podemos obtener azúcar refinada, pero para ello se debe seguir un proceso delicado y minucioso.

En nuestro país la materia prima que utilizamos para obtener el azúcar es la caña de azúcar debido a nuestra diversidad de climas y a que este producto se acopla cien por ciento a nuestra zona.

Los procesos que se deben seguir de manera general para la obtención del azúcar son:

- ✓ Módulo de Alimentación y Molienda.
- ✓ Módulo de Purificación Y Clarificación.
- ✓ Módulo de Evaporación y Cristalización de azúcar.
- ✓ Centrifugación Secado y Envase.

Aunque, para su obtención se requiere de un largo proceso, desde que la semilla de caña germina hasta que el azúcar se comercializa nacional e internacionalmente.

En nuestro país encontramos industrias azucareras localizadas en diferentes partes del país, como podemos observar en la figura

Ingenios	Provincia
La Troncal	Cañar
San Carlos	Guayas
Valdez	Guayas
Inés María	Los Ríos
IANCEM	Imbabura
Monterrey	Loja

*Tabla # 3.1 Empresas Productoras Nacionales*

<sup>1</sup>“La producción de azúcar es realizada por 6 Ingenios azucareros: La troncal, San Carlos, Valdez, Isabel María, IANCEM y Monterrey, siendo los tres primeros los que producen el 90% de la producción nacional, estos ingenios conjuntamente con el Isabel María se ubican en el Litoral Ecuatoriano, cuya zafra se inicia en el mes de julio y termina en diciembre, con procesos de molienda de 24 horas en tres turnos y un período de interzafra (destinado a reparación de maquinaria) entre enero – junio. Los ingenios IANCEM y Monterrey se encuentran localizados en la Región Sierra la producción de azúcar se da todo el año, trabajando seis días a la semana, el período interzafra lo realizan entre enero – febrero. A partir del año 1995 el Ingenio La Troncal comenzó la producción de azúcar de refino, estando en capacidad de producirse de acuerdo con los requerimientos de la industria”.

### **El Sector Azucarero Ecuatoriano**

El azúcar tiene una importante participación en la economía nacional, su contribución al PIB es del 1.4% y con relación al PIB agrícola es del 12%, es una de las agroindustrias más importantes del país.

En los seis ingenios azucareros laboran en época de zafra, 30000 personas directamente y 80000 indirectamente, que representan el 9% de la población

---

<sup>1</sup> **Tomado de:** Servicio de Información agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador

económicamente activa del sector agropecuario. En la zafra azucarera 2002 – 2003 se cosechó alrededor de 70000 has, en las provincias del Guayas, Cañar, Los Ríos Imbabura y Loja; la producción de azúcar obtenida fue de 9' 300 000 sacos de 50 kgs.

### **3.2. TIPOS DE AZÚCAR**

El azúcar se clasifica dependiendo de los procesos aplicados a la extracción y el gusto del consumidor.

#### **Crudo, Mascabado o Morena.**

Se produce en cristales de mayor tamaño y conserva una película de melaza que envuelve cada cristal. El azúcar crudo es el producto cristalizado obtenido del cocimiento del jugo de la caña de azúcar o de la remolacha azucarera.

#### **Blanco Directo y Directo Especial**

Se producen por procesos de clarificación y su producción final se logra en una sola etapa de clarificación. El azúcar blanco es el producto cristalizado obtenido del cocimiento del jugo de la caña de azúcar o de la remolacha azucarera, constituido esencialmente por cristales sueltos de sacarosa obtenidos mediante procedimientos industriales apropiados y que no han sido sometidos a proceso de refinación.

#### **Refinamiento.**

Se cristaliza dos veces con el fin de lograr su máxima pureza. El azúcar refinado es el producto cristalizado constituido esencialmente por cristales sueltos de sacarosa obtenidos a partir de la fundición de azúcares crudo o blanco y mediante los procedimientos industriales apropiados.

#### **Miel Final o Melaza de Caña.**

Líquido denso y viscoso obtenido de la centrifugación de la masa cocida final y del cual no es posible recuperar, económicamente más sacarosa por los métodos usuales.

### **3.3. ETAPAS DE PROCESOS DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN.**

Para el estudio realizado se considera al proceso desde la molienda hasta el secado del producto, pero para poder involucrarnos en el proceso se explicará desde la preparación de la caña hasta el envasado del producto.

#### **Preparación De La Caña.**

La caña antes de ingresar al molino pasa por un juego de niveladora y dos picadoras con el objeto de prepararla adecuadamente para la extracción de jugo en los molinos.

Las picadoras son unos ejes colocados sobre los conductores accionados por turbinas, dotadas de cuchillas que giran a una velocidad aproximada de 650 r.p.m., que cortan los tallos y los convierten en astillas, dándoles un tamaño mas uniforme para facilitar así la extracción del jugo en los molinos.

Los conductores están provistos de sensores de nivel que forman parte de un sistema automático de control de carga que regula la alimentación a las picadoras y molinos,.

#### **Molienda.**

La caña preparada por las picadoras llega a un tandem de molinos, constituido cada uno de ellos por tres o cuatro mazas metálicas y mediante presión extrae el jugo de la caña.

La caña al pasar por el primer molino, después de haber sido preparada por las picadoras, pierde aproximadamente entre 70 a 80% de su peso en jugo. Para lograr una buena extracción se lava el bagazo con agua o jugo pobre en sacarosa, esto se hace al salir de cada molino para diluir la sacarosa que aún está contenida en el bagazo y así aumentar la extracción para alcanzar más del 85% del azúcar que contenía la caña.

Cada molino está equipado con una turbina de alta presión. En el recorrido de la caña por el molino se agrega agua, generalmente caliente, y jugo pobre en sacarosa para extraer al máximo la cantidad de sacarosa que contiene el material fibroso, a este procedimiento se le llama sistema de imbibición compuesta. En cambio, al proceso de extracción del jugo se le denomina *maceración*. El bagazo que sale de la última unidad de molienda se conduce a una bagacera (lugar de almacenamiento del bagazo) y luego se alimenta a las calderas como combustible, produciendo el vapor de alta presión que se emplea en las turbinas de los molinos.

El bagazo que sale de los molinos tiene aproximadamente 50% de humedad, 2 - 3% de sacarosa y 47% de fibra.

El vapor de escape de las turbinas se emplea en las operaciones de evaporación y cocimiento de los jugos azucarados. El bagazo se puede emplear adicionalmente para las fábricas de papel o de tableros aglomerados.

### **Jugo Mixto O Pesado**

El jugo que se obtiene del proceso de maceración pasa por filtros estáticos para retirar partículas de bagacillo y no interferir en la lectura registrada del medidor de flujo electrónico.

### **Purificación-Sulfitación**

<sup>2</sup>“El objetivo principal de esta etapa es producir anhídrido sulfuroso  $SO_2$ , evitando la sublimación del azufre y mezclarlo con el jugo de caña para eliminar materiales colorantes y transformar a las sales férricas que se forman en tanques y tuberías en compuestos ferrosos incoloros”.

Para lograr la sulfitación del jugo mixto, se debe originar un efecto de vacío lo que ayudará a producir la absorción del anhídrido sulfuroso ingresado por la parte inferior con el jugo mixto depositado por la parte superior de torre, para

---

<sup>2</sup> Instructivo para operaciones y procesos

favorecer a la reacción - reducción de óxidos, eliminación de materiales colorantes y transformación de las sales férricas en compuestos ferrosos incoloros.

### **Purificación-Encalado**

En este proceso se eliminan los ácidos orgánicos del jugo y permite elevar el pH a un valor aproximado entre 5.1 a 5.5 con el objetivo de minimizar las posibles pérdidas de sacarosa.

Para la obtención del jugo encalado se debe mezclar en un tanque, jugo sulfitado con lechada de cal (cal con agua) y dejar que el agitador mecánico que se encuentra en parte interior del tanque remueva las dos sustancias para formar sales insolubles, coagular a las materias albuminoides y eliminar una parte de los materiales pépticos y materiales colorantes.

### **Clarificación**

El objetivo de este proceso es obtener un jugo claro de color amarillo brillante, transparente y sedimentar todos los precipitados (cachaza) formados en el encalado para producir un jugo cristalino

Antes de ingresar al tanque de clarificación el jugo encalado pasa por varios calentadores, para aumentar su temperatura a un valor aproximado de 92–100 °C. Cuando el jugo encalado obtiene la temperatura apta, se mezcla con un compuesto preparado denominado floculante, al clarificador, por un tiempo de 1 a 3 horas de retención.

El clarificador está compuesto por un agitador mecánico que sirve para retirar los sólidos, no azúcares precipitados en forma de lodo llamados cachaza producido por la sedimentación del jugo, mientras tanto el jugo claro queda en la parte superior del tanque. Éste jugo claro con valor de pH entre 6.6 – 7.2, pasa por calentadores para elevar su temperatura y enviarlo a los evaporadores; la cachaza sedimentada que todavía contiene sacarosa pasa a un proceso de filtración antes de ser desechada al campo para el mejoramiento de los suelos.

## Clarificación - Filtro de Cachaza

La cachaza sedimentada del proceso de clarificación se debe tratar con agua caliente en una filtro rotativo al vacío para extraer la mayor cantidad de sacarosa posible y reenviarlo al proceso de encalado para ser tratado nuevamente, mientras que la materia sólida resultante de este proceso se conduce a unas tolvas, donde se mezcla con la ceniza que sale de las calderas. Esta mezcla se utiliza en el campo, en la adecuación de suelos pobres en materia orgánica.

### Problemas que se presentan en la Clarificación

- Baja temperatura del jugo encalado
- Valores del pH del jugo claro fuera del rango
- Falta de brillantez en el jugo clarificado.
- Presencia de la Cachaza en el Jugo clarificado.

## Evaporación.

<sup>3</sup>“El objetivo de este proceso es concentrar el jugo claro proveniente del clarificador, para obtener un jarabe de 60 –65 °Brix de concentración”.

La estación de evaporación consta de un evaporador principal que recibe el nombre de preevaporador y cuatro líneas de evaporadores en arreglo de cuádruple, cada línea de evaporación está provista de instrumentación y equipos de control.

El jugo clarificado se recibe en los evaporadores con un contenido de sólidos de 15 °Brix, se concentra por evaporación de múltiple efecto y se entrega con una concentración aproximada de 60-65 °Brix. Este jugo concentrado se denomina jarabe o meladura. En este proceso se comienza a evaporar el agua

---

<sup>3</sup> Instructivo para Operación y Procesos

del jugo. El jugo claro posee casi la misma composición del jugo crudo extraído (con la excepción de las impurezas eliminadas en la cachaza).

Éste proceso se da en evaporadores de múltiples efectos al vacío, que consisten en una solución de celdas de ebullición dispuestas en serie. El jugo entra primero en el preevaporador y se calienta hasta el punto de ebullición. Al comenzar a ebullicir se generan vapores los cuales sirven para calentar el jugo en el siguiente efecto, logrando así un menor punto de ebullición en cada evaporador. En el proceso de evaporación se obtiene el jarabe o meladura. La meladura es purificada en un clarificador. La operación es similar a la anterior para clarificar el jugo filtrado.

**Problemas que se pueden presentar en la evaporación**

- ✓ Presencia de fugas en el sistema
- ✓ Cantidad de agua que entra al condensador.
- ✓ Evaporadores Incrustados.
- ✓ Niveles de jugo en las calandrias.
- ✓ Tubos rotos o flojos en la calandria.
- ✓ Extracción de gases incondensables.
- ✓ Drenaje de condensados.
- ✓ Temperatura del jugo claro.
- ✓ Exceso de molienda o de imbibición.

**Clarificación De Meladura.**

La meladura sufre un nuevo proceso de purificación en un clarificador por flotación con el objeto de remover impurezas, para asegurar que en el producto final no haya presencia de sólidos extraños.

La meladura que sale de los evaporadores se clarifica para obtener un material más claro y brillante. Esto se obtiene en la estación de clarificación donde la meladura se sulfita, se mezcla con ácido fosfórico, cal y floculante para luego ser enviada al clarificador de meladura, donde se le inyecta aire en pequeñas



partículas que hacen flotar los sólidos en forma de espuma, esta se retira y se mezcla con la cachaza que sale de los clarificador, algunas veces va al tanque de jugo mixto.

### **Cristalización**

La cristalización tiene como objetivo <sup>4</sup>“almacenar las masas cocidas y pasar con la consistencia debida a centrifugación y controlar agotamiento de masas”.

La cristalización se realiza en los tachos, que son recipientes al vacío de un solo efecto. El material resultante que contiene líquido (miel) y cristales (azúcar) se denomina masa cocida. El trabajo de cristalización se lleva a cabo empleando el sistema de tres cocimientos o templas para lograr la mayor concentración de sacarosa.

La meladura concentrada inicia el proceso de evapo-cristalización en la estación de tachos. El sistema empleado para el agotamiento de la meladura es el de tres templas modificado de forma tal que la semilla cristal para masa cocida B y C es diferente y el cristal para estas semillas se hace con slurry ó polvillo de azúcar en alcohol.

La masa cocida A se fabrica con meladura virgen y semilla ó magma B, la masa B en las porciones adecuadas para mejorar agotamiento de la meladura. La masa cocida C se fabrica con semilla cristal para masa C y miel B. Todo el azúcar de C ó magma C se disuelve con jugo clarificado y se retorna al tandem de evaporadores.

---

<sup>4</sup> Instructivo para Operaciones y Procesos

<b>Problemas que se presentan en los tachos</b>	<b>Problemas que se presentan en los cristalizadores.</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Vacío Bajo.</li> <li>✓ Tiempos de evaporación en los tachos altos.</li> <li>✓ Presencia de grano falso.</li> <li>✓ Alta pureza de la miel final y/o cantidad de miel final por ton caña molida.</li> <li>✓ Caídas de pureza bajas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Masas demasiado viscosas</li> <li>✓ Demoras en pasar las masas.</li> <li>✓ Agotamiento de las masas terceras.</li> </ul>

Tabla #3. 2 Problemas tachos y cristalizadores

### **Centrifugación.**

La centrifuga permite <sup>5</sup>“separar la sacarosa cristalizada de la miel”

La masa pasa por las centrífugas, máquinas giratorias en las cuales los cristales se separan del licor madre por medio de una masa centrífuga aplicada a tambores rotatorios que contienen mallas interiores, durante el proceso de centrifugado, el azúcar se lava con agua caliente para eliminar la película de miel que recubre los cristales residuos de miel. La miel que sale de las centrífugas se bombea a tanques de almacenamiento para luego someterla a superiores evaporaciones y cristalizaciones en los tachos. Al cabo de tres cristalizaciones sucesivas en los tachos se obtiene una miel final que se retira del proceso y se comercializa para la alimentación de ganado o como materia prima para la elaboración de alcoholes.

Cuando se está produciendo azúcar doblemente cristalizado, el azúcar obtenido en las centrífugas se disuelve con agua caliente en un disolutor de azúcar, para luego ser enviado al proceso de evapo-cristalización en los tachos con el objeto de remover color y obtener un producto con valores adecuados para producir azúcar.

---

<sup>5</sup> Instructivo para Operaciones y procesos

**Problemas que se presentan en la centrifugación**

- ✓ Azúcar con varios colores en la misma masa.
- ✓ Exceso de mieles.
- ✓ Flujo continuo de alimentación de masa a las centrifugas continuas.
- ✓ Cristales de azúcar en la miel.

**Secado, Enfriamiento Y Envase.**

El azúcar húmeda se transporta por elevadores y bandas para alimentar las secadoras que son elevadores rotatorios en los cuales el azúcar se coloca en contacto con el aire caliente que entra en contracorriente. El azúcar debe tener baja humedad, aproximadamente 0,05%, para evitar la formación de terrones.

El azúcar se seca con temperatura cercana a 60°C, se pasa por los enfriadores rotatorios inclinados que llevan el aire frío en contracorriente, en donde se disminuye su temperatura hasta aproximadamente 40-45°C para conducir al envasado.

El azúcar seca y fría se empaca en sacos de diferentes pesos y presentaciones dependiendo del mercado y se despacha a la bodega de producto terminado para su posterior venta y comercio.

**3.4. PROCESOS CRÍTICOS DE LA PRODUCCIÓN AZUCARERA.**

En el proceso de elaboración de azúcar existen operaciones unitarias que afectan directamente al rendimiento final de la producción de azúcar entre las de mayor importancia tenemos las siguientes:

**Molienda:** Cuando existe un daño en molinos el caldero no recibe bagazo, utiliza el almacenado. El proceso de elaboración de azúcar no se detiene hasta que el Jugo almacenado se consuma o el Supervisor decida almacenar el Jugo

con pH alto, esto es lo que sucede cuando se liquida la planta para realizar la limpieza semanal de los evaporadores y mantenimiento de equipos. La paralización de la Planta depende del tiempo que demora reparar los molinos que por lo general es alto.

**Producción de vapor en el caldero:** El caldero es el alma de la planta. Distribuye el vapor para Producción y para generación eléctrica. Si el caldero deja de funcionar las operaciones totales de la planta se paralizan.

**Generación de electricidad:** Si se trabaja con bajas eficiencias como sucede en IANCEM, los turbogeneradores consumen vapor en exceso, dejando poco vapor para movimiento de turbinas en molinos creando dificultades en molienda y problemas de déficit de vapor para el proceso de evaporación.

**Clarificación:** Permite la obtención de jugo limpio para evaporación, si no se lo efectúa bien, la incrustación de contaminantes en los evaporadores aumenta.

**Evaporación:** Falta de control en las temperaturas en especial en el Primer Evaporador (Preevaporador para el caso del IANCEM) incrementa la inversión de la sacarosa.

**Evapocrystalización:** Proceso donde se efectúa la elaboración del azúcar. Si no se maneja muy bien el rendimiento de producción de azúcar disminuye.

**Cristalización:** Se refiere al proceso en el que una vez obtenida la masa cocida esta pasa a un cristalizador para desarrollar el cristal. Se debe controlar el tiempo en el cual una masa permanece en el cristalizador, para garantizar un mayor depósito de azúcar sobre el cristal formado.

### **3.5. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCIÓN.**

En la producción de azúcar encontramos variables que influyen directa e indirectamente en el rendimiento del producto final, así tenemos:

**Tiempo de almacenamiento de la caña en el patio y campo:** Mientras mayor es el tiempo de almacenamiento de la caña en el patio luego de ser quemada, existe mayor inversión de la sacarosa, por lo tanto mayores pérdidas de azúcar y menor recuperación en el proceso.

**Flujo de imbibición:** Contribuye a mejorar la recuperación del azúcar en la molienda. A mayor flujo menor es la Pol de bagazo.

**Pol del Bagazo:** A mayor pol del bagazo, mas azúcar perdida porque el azúcar se quema en el caldero

**Pureza y Pol de Caña:** A mayor pureza de la caña mayor porcentaje de recuperación de azúcar en el proceso.

**Jugo Claro:** Mientras mayor es la pureza, menor es el aumento del punto de ebullición en evaporación y menores son las posibilidades que se invierta la sacarosa.

**Meladura o Jarabe:** A mayor pureza mejor cristalización y mayor uniformidad del cristal.

**Masas Cocidas:** Si la pureza se ha elevado por recirculación de mieles afecta la calidad del grano formado, disminuye la cantidad de magma formada en cada lote.

**Mieles:** Mientras mayor es su pureza quiere decir que menor cantidad de grano se formó, que el azúcar migró a la miel en vez del magma. Esto ocasiona disminución del Rendimiento. Lo anterior se verifica en especial en la melaza.

**pH y Temperatura del Jugo Claro:** El pH del Jugo Claro debe controlarse (pH bajos hacen que la probabilidad de que la azúcar se invierta aumenta). Si la temperatura no se mantiene por los 92°C el Jugo se “revuelve” y esto implica que no exista clarificación.

**Grado de sobresaturación:** Influye en la cristalización. La determinación de este factor permite obtener un cristal de buena calidad. Se debería optimizar en tachos.

**Viscosidad:** A mayor viscosidad de mieles menor es la difusión de azúcar al grano de azúcar, por lo tanto menor es el rendimiento. Es función de la calidad de la caña.

**Tiempo de cristalización:** A mayor tiempo mayor depósito de azúcar en los cristales.

### **3.6. AUTOMATIZACIÓN DE LA PLANTA.**

La automatización permite controlar las variables críticas del proceso, además garantiza que los valores de las variables se encuentren dentro de un rango aceptable, dando de esta forma continuidad al proceso.

#### **Control de Flujo de Caña**

La automatización de flujo de caña hacia molinos tiene por objetivo mantener un nivel constante de caña en el chute o tanque de almacenamiento para mejorar la extracción, así como proteger a los motores de las picadoras de sobrecarga, y evitar que las cuchillas de las picadoras se atasquen, ver ANEXOS .

#### **Control de Nivel en el Caldero**

El control de nivel permite regular el flujo de agua de alimentación al caldero para que el nivel de agua tratada que se encuentra en la caldera se mantenga en un nivel promedio.

### **Temperaturas del Caldero**

Para monitorear y evaluar el funcionamiento del caldero se utilizan sondas de temperatura colocadas en: el hogar, chimenea del caldero, tubería de ingreso de agua, tubería de salida de vapor. Los mismos que se encuentran conectados a un equipo de adquisición de señales y que está programado para recopilar los datos que proporcionan las sondas y que son enviadas por medio de la red RS485 y el protocolo MODBUS al sistema I/A de Foxboro.

### **Control de Conductividad**

Para un óptimo funcionamiento, el agua que se utiliza en el caldero debe ser tratada; es decir, debe tener valores de pH y sólidos disueltos en rangos adecuados. El valor de conductividad no debe exceder de \*\*\* uS/ cm, de tal forma que no exista incrustación en los tubos del caldero.

### **Control de Flujo de Jugo**

El control de flujo de jugo permite que el jugo que se extrae de los molinos ingrese al proceso de manera estable.

### **Control de pH**

El flujo de jugo controlado en la etapa anterior, ingresa a una torre de sulfitación con la finalidad de mejorar el color. En este proceso el valor del pH desciende a valores comprendidos entre 3 y 5.

Para neutralizar la acidez del jugo se tiene que añadir lechada de cal como elemento básico, una vez añadida la lechada de cal, el pH del jugo encalado varía entre 7.1 y 7.2.

### **Control de Temperación**

El control de temperación tiene como objetivo regular la presión y la temperatura que debe ingresar a los evaporadores, la presión del vapor debe estar en 20 psig y la temperatura 130° C, con la finalidad de que el vapor que ingresa al Preevaporador condense (la condensación entrega la mayor cantidad de calor y facilita la evaporación).

El vapor que sale del caldero con presión de 350 psi y temperatura 320° C se envía a las turbogeneradores para generar energía eléctrica. El vapor que queda después de esta generación es transportado a los evaporadores para su consumo, pero si no se encuentra en el rango establecido de 20 psig, se debe alimentar de otra fuente, que se encuentra conectada directamente de la línea de vapor que sale del caldero, para que de esta forma se encuentre el vapor en los parámetros adecuados.

### **Centrifugación**

Con la finalidad de tener una adecuada separación de mieles con contenido de pureza diferente se controla el tiempo de apertura de la compuerta para la efectiva separación de miel A rica y miel A pobre.

### **3.8. DEPARTAMENTOS QUE INTERVIENEN.**

Los departamentos que intervienen en el proceso de producción son:

- ✓ Departamento de Producción
- ✓ Departamento de Mantenimiento
- ✓ Laboratorio

El departamento de producción es el que controla los procesos de producción y supervisan su buen funcionamiento

El departamento de mantenimiento maneja el área mecánica y eléctrica del proceso de producción.

El laboratorio mediante pequeñas muestras permite controlar los rangos de los parámetros del proceso, mediante experimentos químicos.



### 3.9. PERSONAL INVOLUCRADO.

En la tabla No. Se muestra la distribución de personal de la planta tomando como ejemplo IANCEM.

<b>RECEPCIÓN Y PREP. CAÑA</b>	<b>MOLINOS</b>	<b>CALDERO</b>
Jefe de patio	Operador de molinos	Operador de caldero
Operador de grúa	Lubricador ayudante de molin.	Ayud. Operación caldero
Amarrador	Conductor de caña	Bagacero
Amarrador	Operador alimentador de caña	Bagacero
Amarrador	Operador de bombas de jugo	Bagacero
Amarrador	Virador de trapiche	Bagacero
		Operador bombas de agua
<b>CENTRIFUGAS</b>	<b>CLARIFICACIÓN</b>	<b>CRISTALIZACIÓN</b>
Jefe de centrifugas	Operador de evaporadores	Tachero de primera
Ayud. De centrifugas	Operador de bombas y p. H.	Tachero de segunda
Centrifugero	Operador de filtros	Operador de cristalizadores
Operador secadora	Operad. Azuf. Lechador de cal	
<b>LABORATORIO</b>	<b>MANTENIMIENTO ELÉCTRICO</b>	<b>MECÁNICOS DE PLANTA y LUBRICACIÓN</b>
Analista de lab. Principal	Maestro electricista	Mecánico de fabrica
Analista de lab. Campo	Ayud. De mantenimiento elect.	> <
Ayud. Analista de laboratorio	Oper. Planta elec. Y turbos	Lubricador de fabrica
Muestrero de lab. Principal		

Tabla # 3.3 personal de la planta de producción del IANCEM

### 3.10. MATERIA PRIMA.

La materia prima empleada en el Ecuador para la elaboración del azúcar es la caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*). El azúcar que se encierra en los tallos de la caña es la sacarosa, la cual es uno de los productos de la Fotosíntesis (transformación de la energía luminosa en energía química). La caña acumula esta azúcar en los tallos como reserva energética.

La cantidad de sacarosa contenida en la caña varía entre el 12 y el 15 %. Para extraer y concentrar esta azúcar, la caña debe ser sometida a un tratamiento que sea relacionado con el tiempo. Hoy en día, el proceso es altamente mecanizado y permite obtener un producto de una gran pureza.

<b>Contenido de la caña de azúcar</b>	
Agua	70 %
Fibras leñosas	14 %
Sacarosa	14 %
Impurezas	2 %

*Tabla # 3.4. Contenido de la Caña de azúcar*

### **Producto Final**

El azúcar común es un producto que contiene alrededor del 99% de sacarosa y se obtiene industrialmente de la caña de azúcar y de la remolacha azucarera. También existen otras plantas sacarinas como el maíz dulce, sorgo azucarero y palmera datilera. La sacarosa se encuentra extraordinariamente difundida en la naturaleza, sobre todo en las plantas verdes, hojas y tallos (caña de azúcar, maíz dulce...), en frutos y semillas (frutas frescas, calabaza, algarroba, piña, coco, castañas...) y en raíces y rizomas (boniato, cebolla, remolacha azucarera, patata...). La sacarosa se destaca por su sabor agradable, aún a altas concentraciones y se utiliza como edulcorante de infusiones, bebidas refrescantes, caramelos y pastelería en general.

### **3.11. ESQUEMAS Y FLUJO GRAMAS.**

A continuación se detalla un esquema del Proceso Azucarero y un flujo grama de contexto.

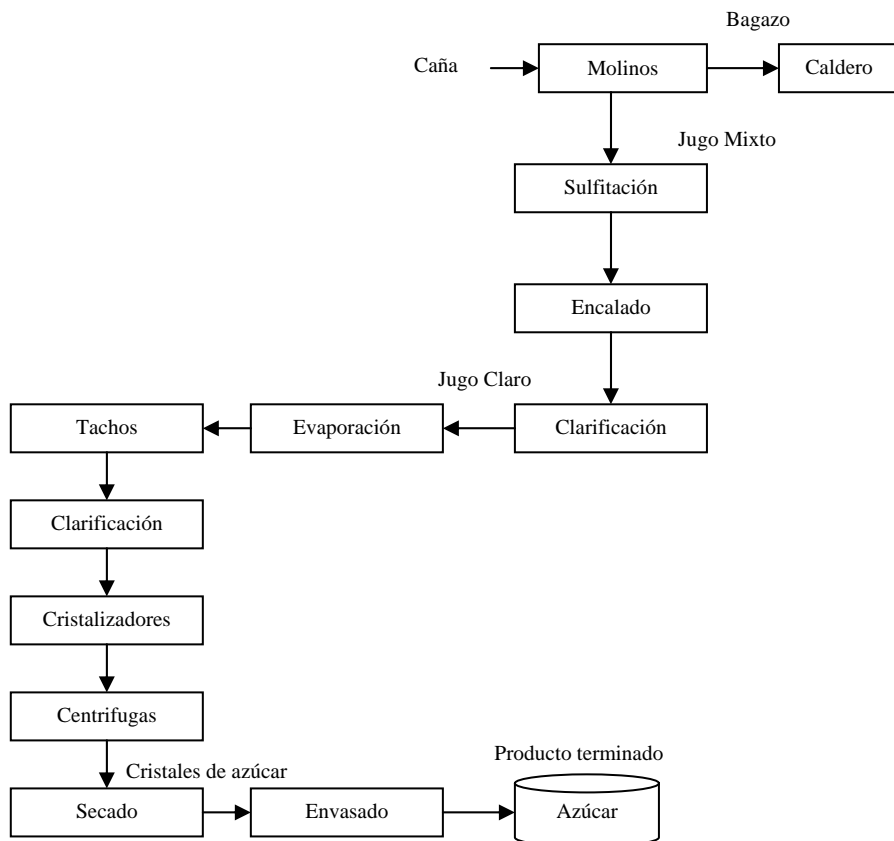


Gráfico # Esquema del proceso azucarero

**Diagrama de flujo de datos a nivel contexto para el proceso de producción azucarera.**

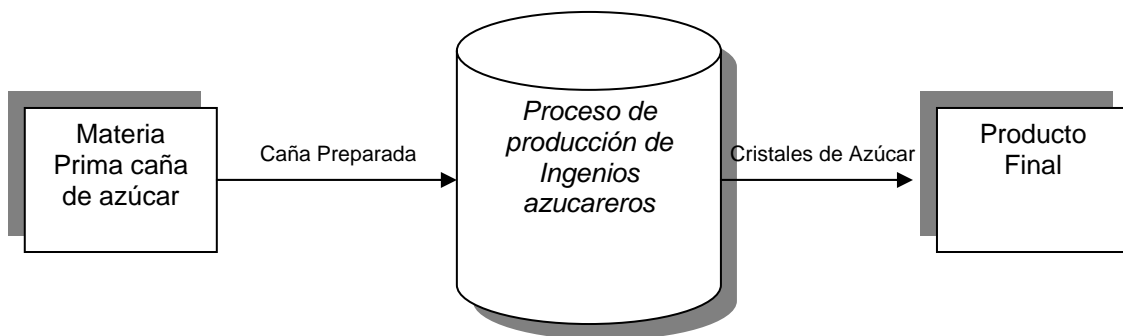


Gráfico # Diagrama de Contexto

### 3.12. PARÁMETROS QUE SE ENMARCAN.

En los diferentes procesos de producción existen varios puntos en los que es necesario que los valores de los parámetros se enmarquen en los siguientes rangos, para que la eficiencia del proceso se encuentre estable y no afecte al producto final.

PROCESO	PARÁMETRO	RANGO	FRECUENCIA
Sulfitación	pH jugo sulfitado	3.5 a 5.0	Cada hora
	Temperatura sulfitado	50 a 60 C	Cada hora
Cristalización	pH jugo encalado	7 a 7.4	Cada hora
	Baumé lechada	6 a 8	Cada preparado
Clarificación	pH jugo claro	6.5 a 7.2	Cada hora
	temperatura mezcla	mayor 85	Cada hora
	turbiedad jugo claro	menor a 370	Cada hora
Evaporación	Temperatura precalentado	97 a 106	Cada hora
	Brix jugo claro	14 a 20	Cada hora
	Vacío	Superior a 17	Cada hora
	Brix meladura	56 a 71	Cada hora
Cocimiento Masa A	Vació Tacho 1	Superior a 17	Cada masa
	Temperatura cocimiento	Inferior a 65 C	Cada masa
	Brix Masa A	86 a 93	Cada masa
	Pza Masa A	Superior a 80	Cada masa
Centrifugación	pH Agua centrífuga	5.5 a 8	Cada masa
	STD Agua centrífuga	hasta 200 ppm	Cada masa
Secado	Temperatura secado	Superior a 40	Cada masa
	Humedad azúcar	Inferior a 0.075	Cada masa
	Color azúcar	Inferior a 350	Cada masa

Tabla # 3.5 Parámetros del IANCEM del proceso de producción

### 3.13. SISTEMAS PARA EL CONTROL DE LA PRODUCCIÓN EN IANCEM

El sistema que utilizan para el control de la producción es FOXBORO, es un sistema de control distribuido que permite captar el flujo de datos de las áreas automatizadas, este sistema contiene los siguientes módulos:

### **I/A Series Software Programador**

Este módulo permite definir los equipos que se utilizarán, definir la configuración de los equipos instalados físicamente, además definir la conexión entre los equipos.

La programación se la divide en secuencial (lotes o batch) y continua.

### **I/A Series Software FoxDraw**

Permite dibujar las partes automatizadas del proceso, para poder monitorear el flujo de cada área, además los controles que maneja este módulo son programables, es decir; podemos leer o insertar datos en el sistema.

### **AIM AT**

Este módulo permite obtener la tendencia de los históricos, graba los valores de una variable en instante de tiempo mediante gráficas permite ver los cambios.

### **I/A Series Software FoxAlert**

Este módulo recoge los datos de las alarmas que suceden en el sistema, configuración que debe realizarse en el módulo de FOXDRAW.

### **I/A Series Software FoxView**

Este modulo permite el despliegue dinámico de las operaciones o flujos de datos de sistema a través de los gráficos creados en y programados en Foxdraw.

### **System Managent Display Handler**

La función de este módulo es la estructuración de la red del sistema automatizado, esta red se la conoce RS485 y utiliza el protocolo Modbus PLC.

El sistema Foxboro esta diseñado para las plataformas UNÍX y WINDOWS NT, las características básicas del hardware es, Pentium III, de 166 Mhz, Disco de 2 Gb, Memoria 64 Mb.

### **Ventajas del sistema FOXBORO**

- ✓ Los procesos son eficientes, el control depende del operador.
- ✓ Controla de que las variables que participan en el proceso estén dentro de un rango aceptable.
- ✓ Brinda Seguridad
- ✓ Permite monitorear el flujo de información de los procesos automatizados, a través de una estación de trabajo o varias estaciones de trabajo conectadas al sistema.
- ✓ Toma de decisiones
- ✓ En la plataforma Windows se presenta una interfaz amigable.
- ✓ La programación es dirigida y puntual

### **3.14. FACTORES INVOLUCRADOS EN EL PROCESO.**

En la siguiente tabla se puede establecer los factores que se involucran en el proceso

<b>Factor Involucrado en producción</b>	<b>Factor Involucrado en el Proceso</b>
Humedad del Bagazo	A mayor humedad menor la eficiencia, demora en prenderse, el caldero no trabaja bien
Pol del bagazo	Flujo de Imbibición,
Vapor a alta Presión y Temperatura	Humedad del Bagazo Buena Eficiencia Control Temperatura y pH
Inversión de sacarosa	Arrastres de sacarosa
Viscosidad, Tiempo	Control de Vacío, Sobresaturación
Vacío en los tachos	Mientras mejor es el vacío, menor es la elevación del Punto de ebullición

*Tabla # Factores del proceso del IANCEM*

### **3.15. EVALUAR LAS ÁREAS QUE NECESITAN DE UNA HERRAMIENTA PREDICTIVA.**

Cada uno de los procesos deben ser controlados por una herramienta predictiva, ya que si varía o se salen las variables de sus rangos establecidos, el proceso varía y produce pérdidas en la producción.

Debido a que no se puede alterar los valores de las variables y observar el comportamiento del proceso de forma real, se debe desarrollar un modelo, que se comporte como el proceso real de producción y nos permita realizar experimentos o pruebas; para poder tomar decisiones en base a la información de salida de dicho modelo.

Datos o información que estará sujeta a varias corridas y a supuestos aplicados a cada uno de los procesos, para poder evaluar y utilizar los datos en el sistema real.

### **3.16. FACTIBILIDAD DE APLICAR MODELOS DE SIMULACIÓN EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN AZUCARERA.**

Los modelos de simulación aplicados al proceso de producción azucarera con lleva grandes beneficios, si se enfoca de forma operacional, el sistema servirá de apoyo a las decisiones de los técnicos especialistas ya que el modelo deberá sujetarse o ir íntimamente relacionado con la realidad de los ingenios azucareros, además es muy importante que se pueda pronosticar o predecir información de las partes críticas del proceso bajo ciertos parámetros que en cualquier momento pueden presentarse, entonces; el modelo ayudará a predecir, pronosticar y capacitar al personal involucrado en el proceso de producción e inclusive a los directivos de la empresa.

Para el desarrollo del modelo se necesitará equipos tradicionales como son las pcs normales y software que no tiene un costo muy elevado y son de fácil adquisición en el mercado.

Dentro de los beneficios que el modelo podría brindar tenemos:

- ✓ Obtención de información no disponible actualmente
- ✓ Elaboración más oportuna de la información
- ✓ Mejoras en las operaciones de la organización
- ✓ Posibilidades de efectuar cálculos o estimaciones que actualmente no es posible a tiempo
- ✓ Reducción de costo
- ✓ Mejoras en la toma de decisiones.

El modelo de simulación debe ajustarse a la realidad pero dentro del marco Complejidad vs. Simplicidad, ya que debe tener un punto de equilibrio para que no resulte imposible la resolución del modelo. Y como podemos darnos cuenta que el modelo representa un herramienta importante en cualquier empresa, podríamos adelantarnos a una confirmación de la hipótesis que dice: que los modelos de simulación responden a las necesidades de los ingenios azucareros, pero para poder confirmar este supuesto con bases en el capítulo 4 se demostrará con datos reales la validación del modelo de simulación con los datos del proceso del ingenio azucarero en estudio.