



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA MEDIANTE CÍRCULOS DE CALIDAD  
PARA EL REPLANTEAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO EN EL  
ÁREA DE TACHOS DE UN INGENIO AZUCARERO**

**TESIS**

**PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
INGENIERÍA POR**

**JUAN FRANCISCO DE LEÓN RÍOS**

**AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE**

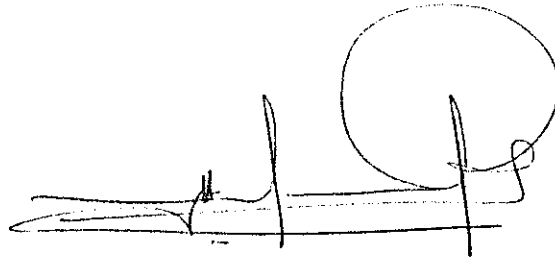
**INGENIERO INDUSTRIAL**

**GUATEMALA, ABRIL DE 1999**

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la Ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

**PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA MEDIANTE CÍRCULOS DE CALIDAD PARA EL REPLANTEAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO EN EL ÁREA DE TACHOS DE UN INGENIO AZUCARERO**, tema que fuera aprobado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Mecánica-Industrial con fecha 20 de marzo de 1998.

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a large circle, positioned above a horizontal line.

Juan Francisco de León Ríos

# UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



## FACULTAD DE INGENIERÍA

### NÓMINA DE LA JUNTA DIRECTIVA

<b>Decano:</b>	Ing. Herbert René Miranda Barrios
<b>Vocal 1º:</b>	Ing. José Francisco Gómez Rivera
<b>Vocal 2º:</b>	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
<b>Vocal 3º:</b>	Ing. Jorge Benjamín Gutiérrez Quintana
<b>Vocal 4º:</b>	Br. Dimas Alfredo Carranza Barrera
<b>Vocal 5º:</b>	Br. José Enrique López Barrios
<b>Secretaría:</b>	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

### TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

<b>Decano:</b>	Ing. Herbert René Miranda Barrios
<b>Examinador:</b>	Ing. José Luis Valdeavellano Ardón
<b>Examinador:</b>	Ing. Carlos Alex Olivares Ortiz
<b>Examinador:</b>	Ing. Carlos Enrique Ponce Villela
<b>Secretaría:</b>	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

## **ACTO QUE DEDICO**

### **A DIOS**

Quien es la luz que me acompaña y el compañero inseparable

### **A MIS PADRES**

Juan Francisco De León Sierra  
Aura Alejandrina Ríos de De León

Sin su esfuerzo, amor y sacrificio, la culminación de esta meta hubiera sido imposible

### **A MI NOVIA**

Martha María Solís Del Valle

Quien es el pilar de mi vida, por su apoyo incondicional, por su amor y por su comprensión

### **A MIS HERMANOS**

Bertha Ligia, Claudia María y Manuel Alejandro

Quienes son parte de mi triunfo

### **A MIS ABUELOS**

Victor Manuel De León Gómez (Q.E.P.D.)  
Bertha Sierra de De León  
Susana Castillo vda. de Ríos

Con mucho amor

### **A MI FAMILIA**

Con mucho cariño

### **A MIS SUEGROS**

Dr. Carlos Antonio Solís Guerra  
Sra. Marta Del Valle de Solís

Por sus consejos, apoyo y cariño

### **A MIS AMIGOS**

Con mucho aprecio

## **AGRADECIMIENTO**

Deseo expresar mi agradecimiento al Ing. Edgar René Quevec Robles, por su amistad, interés y asesoría en el presente trabajo de tesis. Al señor Juan de Paz por su ayuda y recomendaciones al realizar este trabajo.

Guatemala 09 de noviembre de 1998


Ingeniero  
José Francisco Gómez  
Director de Escuela  
Ingeniería Mecánica Industrial  
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Señor Director.

Atendiendo a la solicitud del estudiante Juan Francisco de León Ríos como asesor del trabajo de tesis planificación estratégica mediante círculos de calidad para el replanteamiento del proceso productivo en el área de tachos de un ingenio azucarero, previo a optar al título de INGENIERO INDUSTRIAL y, luego de la revisión de su contenido, me permito informarle que el trabajo desarrollado satisface el protocolo propuesto y que éste puede ser de gran utilidad para la Industria Azucarera.

Basado en lo anterior, recomiendo que el presente trabajo de tesis sea aprobado, del cual el autor y el asesor se hacen responsables de su contenido.

Respetuosamente,  
Id y enseñad a todos,


  
Ing. Edgar René Quevec Robles  
Colegiado No. 4583  
Asesor



FACULTAD DE INGENIERIA

Como Catedrático Revisor de esta Tesis de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor de Tesis al trabajo de tesis titulado **PLANIFICACION ESTRATEGICA MEDIANTE CIRCULOS DE CALIDAD PARA EL REPLANTAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO EN EL AREA DE TACHOS DE UN INGENIO AZUCARERO**, presentado por el estudiante universitario **Juan Francisco De León Ríos**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez  
Director de la Escuela de  
Ingeniería Mecánica

Guatemala, abril de 1999.

ends



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Revisor de Tesis y del Licenciado en Letras, al trabajo de tesis titulado **PLANIFICACION ESTRATEGICA MEDIANTE CIRCULOS DE CALIDAD PARA EL REPLANTAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO EN EL AREA DE TACHOS DE UN INGENIO AZUCARERO**, presentado por el estudiante universitario Juan Francisco De León Ríos, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAR A TODOS

Ing. Francisco Gómez Rivera  
DIRECTOR  
INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL

Guatemala, abril de 1999.

ends





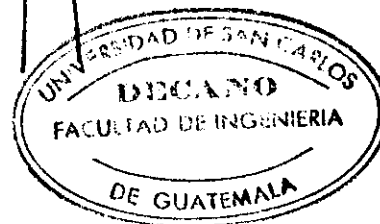
FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de tesis titulado **PLANIFICACION ESTRATEGICA MEDIANTE CIRCULOS DE CALIDAD PARA EL REPLANTAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO EN EL AREA DE TACHOS DE UN INGENIO AZUCARERO**, presentado por el estudiante universitario Juan Francisco De León Ríos, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE

  
Ing. Herbert René Miranda Barrios  
DECANO

Guatemala, abril de 1999



ends

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	iv
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	v
<b>OBJETIVOS</b>	vi
<b>GLOSARIO</b>	viii
<b>ABREVIATURAS</b>	xi
<b>INTRODUCCIÓN</b>	xii
<b>1. ASPECTOS GENERALES DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN</b>	
1.1.1 Conceptos preliminares	04
1.1.2 Características de la caña de azúcar	08
1.1.3 Molienda	12
1.1.4 Sulfitación	16
1.1.4 Clarificación	19
1.1.5 Evaporación	23
1.1.6 Cristalización	33
1.1.7 Centrifugado	49
1.1.8 Secado	55
<b>2. EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES ACTUALES DEL SISTEMA PRODUCTIVO</b>	
2.1 Diagrama de operaciones de la producción de azúcar	61
2.2 El proceso de fabricación de los tachos y su ambiente externo	64

2.3 Diagrama de flujo del área de tachos	74
2.4 Concepto de Círculos de calidad y su aplicación en el proceso productivo	76
2.5 Análisis del recurso humano	95
2.5.1 Proceso de desarrollo del recurso humano	95
2.5.2 Solución participativa de problemas de relaciones laborales	104
2.6 Análisis del proceso de producción	106
2.6.1 Problemas existentes	107
2.6.2 Lluvia de ideas	111
2.6.3 Diagrama causa-efecto	115
<b>3. SOLUCIONES PROPUESTAS A LOS PROBLEMAS DEL SISTEMA PRODUCTIVO</b>	
3.1 Programa de concientización del personal	119
3.2 Plan de reconocimiento del programa	134
3.3 Implementación y operación del sistema de calidad	138
3.4 Soluciones propuestas	143
3.5 Planificación de la producción del sistema de tachos	147
3.5.1 Balance de materiales	147
3.5.2 Diagrama de flujo del Proceso de producción del Sistema de tachos nuevos	162
3.5.3 Controles de producción del área de tachos	163
3.5.4 Planificación de la Reparación 1998-1999 para el área de tachos con participación activa del personal operativo	168

<b>4. RESULTADOS OBTENIDOS DEL REPLANTEAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO</b>	
4.1 Producción	189
4.1.1 Resultados	189
4.1.2 Puntos críticos pendientes	193
4.2 Tamaño de grano (Granulometría)	194
4.2.1 Resultados	200
4.2.2 Puntos críticos pendientes	207
4.3 Rendimiento	210
4.3.1 Resultados	210
4.3.2 Puntos críticos pendientes	217
4.4 Producción pies cúbicos de masa por tonelada de caña	218
4.4.1 Resultados	219
4.4.2 Puntos críticos pendientes	220
4.5 Retroalimentación	222
<b>5. CONCLUSIONES</b>	224
<b>6. RECOMENDACIONES</b>	229
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b>	232
<b>8. APÉNDICES</b>	234

## ÍNDICE DE FIGURAS

No.	TÍTULO	PAG
1	Valores de BPR de soluciones de sacarosa a diferentes purzas y temperaturas de la masa	41
2	Curva de sobresaturación para sacarosa	43
3	Diagrama de Operaciones para la producción de azúcar	63
4	Diagrama de flujo de materiales (tres masas y doble agotamiento)	76
5	Desarrollo integral del trabajador	101
6	Etapas del proceso del desarrollo del recurso humano	103
7	Diagrama causa y efecto: definición de categoría y efecto	116
8	Diagrama causa y efecto: causas de niveles inferiores y superiores	116
9	Diagrama causa y efecto: retraso en la sección de tachos	118
10	Comparativo Templas masa "A" Zafras 96/97-97/98	192
11	Comparativo Templas masa "B" Zafras 96/97-97/98	192
12	Comparativo Templas masa "C" Zafras 96/97-97/98	193
13	Comparativo Brix Templas "A" Zafras 96/97-97/98	213
14	Comparativo Brix Templas "B" Zafras 96/97-97/98	213
15	Comparativo Brix Templas "C" Zafras 96/97-97/98	213
16	Comparativo Pol Templas "A" Zafras 96/97-97/98	216
17	Comparativo Pol Templas "B" Zafras 96/97-97/98	216
18	Comparativo Pol Templas "C" Zafras 96/97-97/98	216
19	Producción Pies <sup>3</sup> /Tonelada Molida	220

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
<b>1</b>	Valores aceptables de retención y temperatura para conseguir una coloración de jugos de caña	33
<b>2</b>	Resultado de la lluvia de ideas: atraso en la sección de tachos	113
<b>3</b>	Costo de implementación de las soluciones propuestas	145
<b>4</b>	Caída de pureza de la relación masa cocida-miel	153
<b>5</b>	Parámetros de valores de brix para masas cocidas	154
<b>6</b>	Presupuesto de mano de obra de reparación 1998-1999	179
<b>7</b>	Producción templas año 1998	190
<b>8</b>	Producción templas año 1997	191
<b>9</b>	Dispersión del tamaño de grano de azúcar	195
<b>10</b>	Criterios de aceptación sugeridos en la dispersión del tamaño de grano por tipo de azúcar	196
<b>11</b>	Tamaño de grano de azúcar estándar a 50% en micrómetros	201
<b>12</b>	Coefficiente de dispersión de azúcar estándar (%)	201
<b>13</b>	Tamaño de grano de azúcar refino local a 50% en micrómetros	202

<b>14</b>	<b>Coefficiente de dispersión de azúcar refino local (%)</b>	<b>202</b>
<b>15</b>	<b>Análisis de varianza de grano de azúcar estándar</b>	<b>203</b>
<b>16</b>	<b>Análisis de varianza coeficiente de dispersión azúcar estándar</b>	<b>203</b>
<b>17</b>	<b>Análisis de varianza de tamaño de grano azúcar refino local</b>	<b>204</b>
<b>18</b>	<b>Análisis de varianza coeficiente de dispersión azúcar refino local</b>	<b>204</b>
<b>19</b>	<b>Resultados brix zafra 1997-1998</b>	<b>211</b>
<b>20</b>	<b>Resultados brix zafra 1996-1997</b>	<b>212</b>
<b>21</b>	<b>Resultados pol zafra 1997-1998</b>	<b>214</b>
<b>22</b>	<b>Resultados pol zafra 1996-1997</b>	<b>215</b>

## **OBJETIVOS**

### ***GENERAL***

Crear un nuevo sistema de producción en el área de tachos de un ingenio azucarero, basado en la planificación estratégica mediante círculos de calidad.

### ***ESPECÍFICOS***

- a) Proporcionar un medio propicio para la superación de los trabajadores, a corto plazo, para que disfruten de un mejor nivel de vida.
- b) Integrar, efectivamente a los trabajadores, al cuerpo de la empresa a través de su participación en la solución de problemas de su área, logrando, así, incrementar la Calidad de los productos para elevar la productividad de la empresa.
- c) Servir de marco para sustentar el trabajo en equipo a los otros elementos de la Calidad Total.
- d) Realizar la evaluación actual del sistema productivo en el área de tachos para replantear los procesos, con el fin de detectar los problemas que se han dado y atacarlos para medir puntos que queden pendientes de solucionar.



## GLOSARIO

<b>Agitador mecánico</b>	Equipo para forzar la circulación en el interior de un tacho, utilizando una propela movida por un arreglo de motor eléctrico y reductor.
<b>Agua de imbibición</b>	Agua de saturación o maceración aplicada al tandem de molinos.
<b>Apriete o punteo</b>	Proceso final del desarrollo de una templa en el que se aumenta su concentración a fin de disminuir la cantidad de miel y aumentar la recuperación de sacarosa.
<b>Azúcar</b>	Sustancia formada por un hidrato de carbono, blanca, sólida, cristalizable, muy dulce, que se encuentra en el jugo de muchas plantas (nombre científico <i>saccharosa</i> ); se extrae especialmente de la caña de azúcar y de la remolacha.
<b>Bagazo</b>	Residuo fibroso que se obtiene al moler caña, referido al que sale del último molino.
<b>Brix</b>	Es el porcentaje de sólidos totales (azúcares y no azúcares) disueltos en el jugo o guarapo.
<b>Cachaza</b>	Lodo producido por la precipitación en el proceso de clarificación.

<b>Caña</b>	Materia prima recibida por la fábrica de azúcar y que incluye caña moledera limpia y un cierto porcentaje de puntas, mamones, tierra, basura del campo, etc.
<b>Ciclón</b>	Aparato estático, que mediante la fuerza centrífuga originada por un fluido en movimiento turbulento, separa las partículas que éste lleva en suspensión.
<b>Cristalización</b>	La cristalización es la fase más importante en el proceso azucarero, ya que, mediante ella, el azúcar se separa de las impurezas y se traslada de la fase líquida a la fase sólida como partículas cristalinas granulares. De ella depende la calidad del azúcar, el rendimiento de las plantas y el buen agotamiento de mieles.
<b>Diagrama causa y efecto</b>	Es una herramienta utilizada para diferenciar y presentar relaciones entre un efecto dado (por ejemplo: variaciones de características de calidad) y sus causas potenciales.
<b>Dispersión</b>	Acción de dispersar. Efecto de dispersar. Fluido que contiene uniformemente repartido en su masa un cuerpo en suspensión o en estado coloidal.
<b>Fibra</b>	Materia seca insoluble en agua.
<b>Granulometría</b>	Parte de la petrografía que trata de la medida del tamaño de las partículas, granos y rocas de los suelos. Tamaño de las piedras, granos, arena, etc., que constituyen un árido o polvo.

<b>Ingenio de crudo o blanco</b>	Todo aquel ingenio que produzca azúcar cruda, morena, blanco estándar ó blanco superior.
<b>Jugo diluido</b>	Mezcla del jugo extraído por todos los molinos.
<b>Jugo residual</b>	Jugo no extraído que queda en el bagazo final.
<b>Lluvia de ideas</b>	Es una técnica para estimular el pensamiento creativo de un equipo, con el propósito de generar y aclarar una lista de ideas, problemas o asuntos.
<b>Magma</b>	Mezcla de grano de azúcar "B" y agua (algunas veces jugo) que se utiliza para iniciar las templadas.
<b>Masa</b>	Es una mezcla de grano cristalizado y su miel madre que se desarrolla y descarga de los tachos.
<b>Meladura</b>	Es el producto resultante de la concentración de los jugos clarificados, vía evaporación del exceso de agua en los evaporadores.
<b>Miel final</b>	Es la miel obtenida después de centrifugar la masa cocida "C", la cual considerada completamente agotada, se envía a los tanques fuera de la fábrica.
<b>Miel</b>	Se llama, así, al licor obtenido por centrifugación. Puede ser "A", "B" o "C", según la masa centrifugada.
<b>Ocluir</b>	Cerrar (un conducto) con algo que lo obstruya o (un orificio) de modo que no se pueda abrir, naturalmente.
<b>Pol</b>	Es la lectura en la escala del polarímetro. En una muestra de solución normal de azúcar, la pol es igual al porcentaje en peso de sacarosa.

## **ABREVIATURAS**

%: porcentaje

$\mu\text{m}$ : micrómetro

bx: brix

kcal: kilocaloría

kg: kilogramo

lb: libra

MW: mega watts

$^{\circ}\text{C}$ : grados centígrados

$^{\circ}\text{F}$ : grados Farenheit

$\text{pie}^3$ : pie cúbico

qq: quintales

rpm: revoluciones por minuto

## INTRODUCCIÓN

Permanecer con éxito en mercados cada vez más agresivos y dentro de situaciones inflacionarias que provocan el constante incremento de los costos de los insumos, exige una constante superación y la determinación de enfoques que permitan incrementar capacidad competitiva, profesionalmente.

Estudios realizados dentro de la industria azucarera han permitido llegar a la conclusión de que del total de los errores, omisiones y demás problemas que causan retrasos en la producción, desperdicios, retrabajos, etc., solamente el 30% tiene sus origen en razones técnicas, 70% restante se debe a deficiente comunicación e insuficiente motivación. Esto es, a que las personas no entendieron bien qué es lo que se debía hacer o cómo debería hacerse o para cuándo se necesitaba: **problema de comunicación** o, bien, a que las personas no pusieron debida atención a lo que estaban haciendo o, dándose cuenta de que no había quedado, suficientemente bien, pensaron "ahí se va" o "que vea el siguiente turno cómo sale" y no lo arreglaron o no lo repitieron o reportaron: **problema de motivación**.

En cada zafra se vive, en la sección de TACHOS multiplicidad de problemas, de los cuales, el que merece atención inmediata es el tiempo

retenido acumulativo entre turno y turno, es decir, la entrega y recibo de turnos.

Se debe aclarar que todos los problemas, en su mayoría, se deben a causas externas a la sección de tachos, pero, que conllevan a un arrastre inevitable a lo largo del turno y del día.

Las estadísticas determinan que durante las 24 horas de operación de la fábrica, se retiene o retrasa un equivalente a 180 minutos (3 horas). Es decir, que, cada vez que va a finalizar un turno media hora antes o media hora después aparece este problema.

Se ha titulado el problema: **RETRASOS EN LA SECCION DE TACHOS**, tomando en cuenta las herramientas que proporciona la Ingeniería Industrial: Estudio de tiempos y movimientos, Planificación, Manejo de Costos de Producción; y, la Calidad Total: Tormenta de Ideas, Reducción de Listas, el Diagrama de Ishikawa y otros, que darán paso a solucionar en un 100% el problema -que es la meta a lograr- si un buen porcentaje del mismo para determinar un nuevo sistema productivo en la sección, enfocándose, esencialmente, en el proceso y en el recurso humano.

## **1. ASPECTOS GENERALES DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN**

La Agroindustria azucarera de Guatemala ha sido una de las pocas que, a nivel mundial, ha podido crecer en los últimos diez años, gracias a la competitividad y eficiencia que ha alcanzado frente al resto de los principales exportadores. Ello la ha ubicado como el tercer exportador más importante de Latinoamérica, después de Brasil y Cuba, y, dentro de los ocho exportadores mayores del mundo. Dentro de la economía del país, la actividad azucarera representa un 3% del producto interno bruto (PIB), el 19.40% del valor de la producción agrícola, el 23% del total de las divisas generadas por los productos tradicionales, ocupando un segundo lugar, después del café. El consumo por habitante ha crecido en 4 libras en los últimos dos años; actualmente, se tiene un promedio de 81 libra por habitante, por año. En cuanto al empleo, genera alrededor de sesenta y cinco mil puestos de trabajo directos con ingresos superiores al promedio de las actividades agrícolas.

Los ingenios azucareros, desde los años 1,967-69 iniciaron el proceso de generar energía eléctrica en sus instalaciones a base de bagazo de caña de azúcar, primordialmente, para su consumo propio y reducir las compras al sistema eléctrico nacional, en niveles de importancia. Actualmente, las plantas que ya están operando generan, aproximadamente, 70MW al sistema nacional, siendo esto un 12% de

aporte a la generación total del país. Frente a los desafíos que impone el proceso de apertura y globalización de la economía, la Agroindustria azucarera ha continuado desarrollando y consolidando sus programas y proyectos que le han permitido mantener y mejorar su competitividad, en cultivo y fabricación, tanto a nivel regional como mundial, al mismo tiempo, hace esfuerzos con el concurso de todos los ingenios para satisfacer las demandas de la población ubicada en toda el área en que desarrollan sus actividades, en los aspectos de educación, salud, fortalecimiento de los gobiernos locales, etc. La actividad azucarera se realiza en forma unitaria. Para el efecto, se ha diseñado una serie de asociaciones y fundaciones que enlazan a la familia azucarera; estas organizaciones son:

**ASAZGUA** reúne a las altas gerencias de los ingenios, delinea las estrategias y las políticas generales de la agroindustria azucarera.

**ATAGUA** reúne al personal técnico. Tiene como función principal ser un organismo por medio del cual se conoce el grado de avance de la tecnología en esta industria.

**FUNDAZÚCAR** es la fundación encargada de los programas sociales de la agroindustria azucarera. Su principal objetivo es el apoyo al desarrollo económico social en áreas de: educación, salud, vivienda, desarrollo municipal y urbano.

**CENGICAÑA** es la encargada de la investigación y la capacitación en la industria.



**EXPOGRANEL** es la terminal para exportación del azúcar guatemalteca. Se ubica en Puerto Quetzal y se considera una de las 10 terminales de exportación de azúcar mayores del mundo.

**DAZGUA** es la que cuenta con la logística necesaria para proporcionar los servicios de abastecimiento a nivel nacional.

**BANCASOL** constituye la banca del grupo azucarero para apoyar procesos de desarrollo en el país que requieran recursos financieros.

La producción mundial del azúcar está en alrededor de los 120 millones de toneladas métricas, mientras el consumo se estima que alcanzará 119 millones de toneladas métricas.

El consumo mundial de azúcar se incrementó en un 10% desde la zafra de 1,990-91, debido, principalmente, al aumento en la demanda de los países latinoamericanos: Estados Unidos, México, Chile, Canadá; así como, Alemania, India, África, entre otros; lo anterior como un efecto del incremento de la población y demanda de productos que contienen azúcar, tal el caso de bebidas y alimentos procesados. En Asia, actualmente, se registra un incremento en consumo de más del 30%. El crecimiento económico que se está dando en los países del Lejano Oriente está abriendo la posibilidad de aumentar su nivel de consumo, per capita. La China tiene, hoy, un consumo cercano a 13.89 libras, per capita, anual y la India 32.85, frente a niveles de 63.8 en Egipto, Rusia y Tailandia y de 97 libras en países como Australia, Canadá y México. Los aumentos de la demanda en los países del lejano Oriente

hacen proyectar una demanda cercana a los 160 millones de toneladas para el año 2,005 frente a 115 millones, aproximadamente, en los años recientes, así, los excedentes actuales de esa región del mundo se convertirán en déficit y será Latinoamérica el área geográfica que contará con el mayor potencial de exportación para suministrar los faltantes.

#### **1.1.1 Conceptos preliminares.**

La producción de azúcar a partir de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es, básicamente, un proceso de separación que consta de tres etapas: a) separación de la fibra (material sólido insoluble), b) estabilización y separación de impurezas en suspensión y c) separación de agua (evaporadores, tachos y secadora). Estos tres procesos se realizan consecutivamente y, en cada uno, ocurre una pérdida de sacarosa mezclada en los materiales separados.

Cada una de las etapas se efectúa con equipo especialmente diseñado para el efecto, buscando eficiencia, capacidad y confiabilidad, dado que las condiciones que deben cumplirse, en su orden de importancia, son: **separación máxima** de la sacarosa presente, **pérdida mínima** de sacarosa por motivos de proceso, **buena calidad** de materiales producidos para tener un proceso estable.

Con el tiempo, el proceso de producción de azúcar ha mejorado en calidad, eficiencia y capacidad, pero, no siempre ha encontrado en las plantas productoras el necesario balance entre todas las etapas y éste es un factor de vital importancia durante el desarrollo de la operación

completa. El ingenio debe tener todas sus etapas balanceadas para poder procesar, óptimamente, el tipo de caña que le corresponda y producir la calidad de azúcar deseada, si no es así se encontrarán, seguramente, problemas que no tendrán una solución ni fácil ni barata, una vez desarrollada la planta; he aquí la importancia del desarrollo en forma contraria a algunas tradiciones que pueden carecer de fundamento científico y técnico. Esto, aunque no es de por sí fácil, dada la gran diversidad de condiciones de proceso y la variabilidad continua de los tipos y clases de caña que entran como materia prima, es ahora algo que nuevas tecnologías nos acercan cada vez más.

Las etapas del proceso en orden de ocurrencia para la obtención de azúcar blanca sulfitada son:

1. **Pesado** y determinación de la calidad de la materia prima (contenido de sacarosa, sólidos y fibra) ; normalmente, se realiza en básculas al ingreso al ingenio.
2. **Descarga** de la caña que lleva cada equipo (cabezal y jaulas que acarrear la caña) en las mesas conductoras en las que se les da un lavado para eliminar suciedades y que, luego, llevan la materia prima hacia los molinos.
3. **Picado** (cuchillas picadoras o desfibradoras para mejoramiento de extracción); se producen partículas o astillas de un largo aproximado de 2", pero, no se extrae el jugo presente; estas cuchillas se encuentran a lo largo de los conductores de caña.
4. **Extracción de jugo** presente utilizando molinos por expresión repetitiva o difusor por lavado repetitivo y expresión final de secado.

5. **Pesado** y determinación de calidad del jugo obtenido (contenido de sacarosa, otros sólidos y estado general); se ejecuta utilizando pesado directo, medición de presión sobre el fondo de un tanque conocido o midiendo flujo y densidad en línea para integración.
6. **Sulfitación del jugo** (contacto con dióxido de azufre para oxidación de colorantes); el método común es la quema de azufre para producir  $\text{SO}_2$  que se pone en contacto directo con el jugo en una torre de bandejas.
7. **Alcalización del jugo** utilizando mezcla de lechada de cal ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) para estabilización del pH, eliminación de algunas impurezas e inhibición de crecimiento microbiano.
8. **Calentamiento** del jugo para elevar velocidad de reacción y crear condiciones para clarificar.
9. **Sedimentación** de los flóculos formados en el calentamiento para eliminación por decantación de impurezas sólidas, insolubles y diversas.
10. **Evaporación en múltiple efecto** para eliminación de agua, mediante un sistema de bajo consumo de vapor.
11. **Cristalización** por sobresaturación, realizada en varias etapas para conseguir el mayor agotamiento de la miel y convertirla en miel final pobre en sacarosa.
12. **Separación de cristales** presentes en la masa (mezcla de azúcar cristalizada y miel) utilizando fuerza centrífuga en equipos batch o continuos, acompañada de lavado de los cristales.
13. **Secado** en secadoras rotativas o de lecho fluido, utilizando aire de baja humedad relativa (normalmente conseguido solamente por calentamiento).

14. **Envasado** pesado y verificación de calidad del producto terminado.

15. **Almacenamiento** en buenas condiciones de temperatura y humedad para evitar deterioro y aglomeración.

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

- a) **Generación de vapor** en calderas para alimentar los motores, movimientos 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, las picadoras).
- b) **Filtrado de cachaza** para disminuir la pérdida de sacarosa en este subproducto, resultado de la sedimentación del jugo alcalizado.
- c) **Filtrado de jugo** para eliminar pequeñas partículas de fibra (bagacillo) que hayan sido arrastradas y evitar su llegada al proceso.
- d) **Generación eléctrica** en turbogeneradores para alumbrado, operación de motores y equipos eléctricos.
- e) **Control de calidad** de todos los materiales para control, seguimiento y optimización del proceso.
- f) **Mantenimiento** de equipos: preventivo, correctivo, de averías y predictivo para evitar o remediar fallas en el equipo mecánico, eléctrico móvil o de control.

g) **Administración** de recursos para conseguir una mejor integración y coordinación de las personas, equipos, métodos y materiales empleados.

### **1.1.2 Características de la caña de azúcar.**

#### **Origen de la caña.**

El origen de la caña aún es materia de investigación. Se considera que puede ser originaria del archipiélago de Melanesia de 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. A América la trajo Cristóbal Colón en su segundo viaje en el año 1493. Se sembró en la isla "La Española", actualmente República Dominicana, de donde se difundió al resto de Latino América. En el año 1500 los portugueses se la llevaron al Brasil.

#### **Clasificación de 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

1.a *Saccharum spontaneum*

1.b *Saccharum robustum*

2. Domesticadas
- |                           |
|---------------------------|
| 2.a Saccharum edule       |
| 2.b Saccharum barberi     |
| 2.c Saccharum sinensi     |
| 2.d Saccharum officinarum |

De todas las anteriores, la Saccharum officinarum ha sido incluida en la mayoría de los programas de mejoramiento de variedades.

La caña de azúcar, 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 fotosíntesis es el proceso por medio del cual las plantas que contienen clorofila, por acción de la luz solar, sintetizan compuestos orgánicos a partir del agua y el anhídrido carbónico. 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 en términos de fotosíntesis. Los factores que afectan la fotosíntesis son:

1. luz solar
2. temperatura (ambiente y suelo)
3. disponibilidad de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

4. disponibilidad de agua (humedad)
5. disponibilidad, proporción y clase de nutrientes
6. tipo de hoja y posición del tallo

En la planta, la acumulación de sacarosa disminuye de la parte inferior hacia la superior, pero, en los entrenudos o canutos, la acumulación tampoco es uniforme ya que es mayor en el centro y menor en los extremos.

#### **Variedades de caña.**

Uno de los factores que más inciden en el desarrollo de la agroindustria cañera del país, es el factor varietal (es la variedad a la que pertenece una determinada familia de caña con características propias de la misma) dado que de la adecuada selección de las variedades de caña para cada zona ecológica de cultivo, dependerá el éxito de la producción azucarera por unidad de área sembrada.

Los aspectos más importantes a destacar en una variedad, son definidos al establecer un programa de mejoramiento. La mayoría de las características de importancia agronómica, en la caña de azúcar, están controladas por muchos genes por lo que no es fácil combinar en una sola variedad los genes que controlan las características más deseables. Por esta razón, para encontrar una variedad sobresaliente proveniente del cruce sucesivo a corto plazo es muy difícil.

De acuerdo con los objetivos propuestos, se seleccionan los progenitores (resistentes a enfermedades, alto tonelaje de caña, altura,



contenido de azúcar, etc.) se hacen los cruzamientos y se evalúan las progenies. Una vez identificado un clon o variedad sobresaliente, se propaga vegetativamente o se continúan cruzamientos posteriores.

### **Nomenclatura de las variedades.**

Cuando un programa de mejoramiento produce nuevas variedades, éstas son identificadas con un nombre que en la mayoría de los casos está formado por letras y números. Las letras pueden ser las iniciales del país productor, por ejemplo:

**B:** Barbados

**Mex:** México

Pero, también, pueden ser las iniciales de la región o estación experimental en que se produjeron, por ejemplo:

**Q:** Queensland (Australia)

**CP:** Canal Point (U.S.A.)

**M:** Mayaguez (Puerto Rico)

**EPC:** Estacion experimental Palmira (Colombia)

Otras veces las semillas fueron obtenidas en un país y la selección se hizo en otro, por ejemplo:

**Nco:** semillas obtenidas en Coimbatore (India) y la selección fue efectuada en Natal (Africa del Sur).

En la mayoría de los países productores, el número indica primero el año en que se produjo, seguido del número de serie, por ejemplo:

**CP 57-588:** Variedad No. 588, producida en la estación experimental de Canal Point en el año de 1957.

### **1.1.3 Molienda o extracción del jugo**

#### **Objetivos de la molienda.**

- a. Extraer la mayor proporción de la sacarosa presente en la caña de azúcar.
- b. Producir un jugo que permita la mayor recuperación de sacarosa al menor costo (energía, tiempo y dinero).
- c. Producir un bagazo de composición adecuada (especialmente humedad).
- d. Mantener condiciones estables en el proceso (carga de molinos, producción de jugos y bagazo).

#### **Productos involucrados en la molienda.**

##### **a. 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.

##### **b. 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 molienda.

**c. 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 de la mezcla de todos los jugos intermedios extraídos por cada molino individual.

**d. Jugos intermedios.**

Mezcla de agua, sólidos solubles disueltos y sólidos en suspensión que se extrae en un molino individual (se forma del jugo extraído por la compresión maza cañera-superior y bagacera-superior, para el caso de molinos de tres mazas.

**Cálculos normales de la molienda.**

Las fórmulas y suposiciones utilizadas para balance de materiales son las siguientes:

$$(1) C + I = J + B$$

Donde: C: peso de caña (toneladas)

I: peso de agua de imbibición aplicada (toneladas)

J: peso de jugo extraído (toneladas)

B: peso de bagazo obtenido (toneladas)

$$(2) F_c = F_b$$

Donde: F<sub>c</sub>: fibra en caña (toneladas)

F<sub>b</sub>: fibra en bagazo (toneladas)

$$(03) P_{z_{jb}} = P_{z_{jr}}$$

Donde:

$Pz_{jb}$ : pureza del jugo en el bagazo (%)

$Pz_{jr}$ : pureza del jugo residual (%)

$$(04) Pol_C = Pol_B + Pol_J$$

Donde:

$Pol_C$  = pol en la caña (toneladas)

$Pol_B$  = pol en el bagazo (toneladas)

$Pol_J$  = pol en el jugo (toneladas)

$$(05) Bx_C = Bx_B + Bx_J$$

Donde:

$Bx_C$  = brix de la caña (toneladas)

$Bx_B$  = brix en bagazo (toneladas)

$Bx_J$  = brix en el jugo (toneladas)

$$(6) B = Fb + Sb + Ab$$

Donde:

$B$ : bagazo (toneladas)

$Fb$ : fibra en bagazo (toneladas)

$Sb$ : brix en bagazo (toneladas)

$Ab$ : agua en bagazo (toneladas)

$$(07) S_b = P_b / P_{zjb}$$

Donde:

$S_b$ : brix en bagazo (toneladas)

$P_b$ : pol en bagazo (toneladas)

$P_{zjb}$ : pureza del jugo en el bagazo (%)

### **Operación de la molienda.**

La operación de una estación de molienda es un proceso continuo en el que se alimenta caña picada y es sometida a una serie de expresiones, utilizando molinos de rodillos o mazas (normalmente en instalaciones de 4 a 7 molinos de dos, tres o cuatro mazas rayadas en forma de "V"). Para hacer el proceso más eficiente los jugos pobres de molinos posteriores se aplican a molinos que los preceden (maceración) y en el último molino se aplica agua caliente para aumentar la extracción (imbibición) antes de enviar el bagazo a su combustión en calderas. Cada uno de los molinos aplica sobre el colchón de bagazo en proceso, presión originada en el peso de las mazas y en cabezotes hidráulicos situados en cada uno de los extremos de la maza superior. En todo el proceso se trata de mantener una alimentación uniforme que permita estabilidad y mejor extracción, al mismo tiempo que se trata de mantener una limpieza adecuada del sistema para disminuir las pérdidas de sacarosa por inversión microbiana. La capacidad de los molinos depende de su tamaño, la reabsorción, el resbalamiento, su ajuste y velocidad, el tipo de fibra, preparación de la caña, rayado,

presión hidráulica, contenido de basura y otros factores que se vuelven importantes cuando salen ampliamente de sus valores normales (contenido de ceras, fundición de mazas suave, etc.).

#### **1.1.4 Sulfitación**

##### **Objetivos de la sulfitación.**

- a. Reducir compuestos colorantes para hacerlos incoloros mediante la reacción de un radical de sulfato más cuatro hidrógenos, más dos electrones los que nos da ácido sulfuroso más agua (la reacción es:  
 $(\text{SO}_4)^{-2} + 4\text{H} + 2\text{e} = \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$  con un potencial de 0.17 V).
- b. Inhibir el desarrollo de color por parte de azúcares reductores y aminoácidos.
- c. Precipitar algunos coloides hidrofóbicos destruyendo su equilibrio eléctrico que los mantiene en suspensión (es especialmente importante debido a que muchos de ellos son colorantes fuertes).
- d. Evitar el desarrollo de microorganismos (el ácido sulfuroso,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ , es un inhibidor de crecimiento de regular eficiencia).
- e. Mejorar las características de cocimiento de masas (un efecto secundario).

##### **Productos involucrados en la sulfitación.**

###### **a. Jugo sulfitado.**

Es el jugo mezclado proveniente de los molinos que ya ha sido puesto en contacto con gases conteniendo  $\text{SO}_2$  (dióxido de azufre) originando

en la combustión en hornos de azufre de grado técnico o a partir del mismo gas embotellado a presión.

### **Cálculos normales de la sulfitación.**

Para efectuarse un balance de materiales midiendo la composición y cantidad de los gases antes y después del intercambiador para evaluar, tanto la combustión como el intercambio, utilizando estequiometría convencional y al azufre como elemento de reacción. La ley de gases ideales puede aplicarse para el caso de que la medición se efectúe con un equipo de análisis Orsat (aparato de análisis de gases de origen alemán) sin introducir un error apreciable, sin embargo, no es general efectuar cálculos sobre este punto, debido a la pequeña cantidad de  $\text{SO}_2$  -dióxido de azufre- utilizada (de 100 partes por millón -ppm- a 500 ppm de crudos y de 800 ppm a 1000 ppm en blanco directo) y a que, normalmente, el rendimiento del proceso se evalúa por el cambio de acidez que sufre el jugo.

### **Operación de la sulfitación.**

El método utilizado, mayormente, utiliza azufre que se quema en hornos continuos para producir una mezcla de aire y dióxido de azufre (de 6% a 15% de  $\text{SO}_2$  en volumen y pequeñas cantidades de trióxido de azufre  $-\text{SO}_3$  que también se producen por oxidación posterior del dióxido fomentada por altas temperaturas, altas concentraciones de oxígeno y catalíticos como el óxido de hierro  $-\text{FeO}-$ ) esta mezcla se pasa a través de un lecho de ladrillos quebrados (con amplia superficie

expuesta) donde se enfría y deposita el azufre que se ha sublimado sin quemarse, luego, el gas se pone en contacto con el jugo utilizando torres de platos hechas de madera (cedro o similar) o acero inoxidable en las que el gas es succionado a través de cortinas de jugo por medio de un eyector de vapor o, bien, utilizando succión del gas con un venturi que utiliza el mismo jugo (a este proceso se le conoce como método Quarz - ver apéndice 1-). Es conveniente que el aire empleado tenga una humedad baja que evite la deposición en las tuberías de ácido sulfúrico (formado de trióxido de azufre  $-SO_3$  y la humedad del aire) habiéndose recomendado el uso de cal viva (CaO) como agente desecante, aunque la cantidad y frecuencia del cambio dependerá de las condiciones existentes.

Por las características exotérmicas de la reacción (3900 BTU por libra de azufre) es necesario que los hornos y tuberías sean enfriadas continuamente por camisas de agua a fin de bajar la temperatura y, en lo posible, la sublimación excesiva (paso directo de sólido a gas) y evaporación (paso de líquido a gas) a la que tiende el azufre, pues, aunque este proceso debe realizarse para efectuar la combustión, no debe ser excesivo a fin de lograr que todo el material se queme y no se deposite posteriormente.

Es importante el control de las condiciones para evitar la formación de  $SO_3$  debido a que el sulfato de calcio ( $CaSO_4$ ) que forma, tiende a depositarse, posteriormente, como incrustación en las superficies de intercambio de calor, corroe las partes de hierro y no contribuye a lograr los efectos deseados de la sulfitación.



### **1.1.5 Clarificación**

#### **Objetivos de la clarificación.**

- a. Estabilizar el pH del jugo para hacer mínima la pérdida de sacarosa por inversión y mejorar el proceso de cristalización.
- b. Eliminar todo el material insoluble suspendido o acarreado en el jugo (fibra, residuos de suelo, sólidos en suspensión y coloides, principalmente).
- c. Eliminar impurezas solubles en el mayor grado posible (compuestos coagulables, sustancias productoras de color, exceso de sales minerales).
- d. Hacer máxima la proporción de sacarosa conservada en forma cristalizable.

#### **Productos involucrados en la clarificación.**

##### **a. Jugo claro (clarificado).**

Producto final del proceso de clarificación (con cal y calor). Tiene similares características que el jugo mixto (es el jugo que se recolecta de todos los molinos mezclados con el agua de imbibición) pero es translúcido y de un color que va de amarillo claro a café claro. Tiene la particularidad de ser un indicador de pH relativamente bueno, dando una coloración progresivamente más rojiza al aumentar el pH con excesos de cal.

##### **b. Jugo alcalizado.**

Producto intermedio del proceso de clarificación que está constituido por el jugo mezclado o azufrado al que ya se le ha añadido la lechada

de cal. Se considera bajo esta denominación hasta que se encuentra ya calentado y dentro del clarificador. A este jugo es al que se le agrega el floculante necesario para aumentar la velocidad de sedimentación.

**c. Lodo del fondo del clarificador.**

Material extraído del fondo de los clarificadores de sedimentación constituido, básicamente, por la cachaza y jugo. Su concentración de impurezas es mayor que en el jugo mixto, pero, muchas de ellas están en una forma no soluble.

**d. Agua de lavado.**

Agua caliente que se aplica a los filtros rotativos para bajar la concentración de sacarosa en la cachaza residual.

**e. Cachaza.**

Material sólido constituido, básicamente, por agua (alrededor de 80%) y todos los sólidos extraídos por la clarificación (principalmente, cera de caña, fosfato de calcio y bagacillo utilizado como ayuda de filtración).

**f. Jugo filtrado.**

Jugo extraído por los filtros rotativos, formado por el agua de lavado y el jugo que se encuentra en el material de fondo del clarificador. Es de color oscuro y, en general, turbio, por lo que se recircula al alcalizado para su reproceso. En el caso de que se usen filtros prensa o con recubrimientos (ver apéndice 2) la calidad de este jugo puede ser lo suficientemente buena como para pasar directamente al jugo clarificado.

**g. 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 utilizan entre 7 y 14 lbs./TC pero este valor cambia para adaptarse a las condiciones de filtrabilidad de la cachaza, dándose valores tan altos como 32 lbs./TC).

#### **h. Lechada de cal.**

Dispersión de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (cal hidratada industrial) que 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 cambia dependiendo del equipo de aplicación.

### **Cálculos normales en la clarificación.**

#### **a. Descomposición de sacarosa.**

La descomposición de sacarosa debida a pH y temperatura puede evaluarse de acuerdo a la fórmula empírica:

$$S = (S_0) * e^{(-k*t)}$$

$$\text{Log}_{10}K = 20.1676 - 9064.69/(273 + T) - .. 0.017053(273 + T) + 0.58 * P$$

Donde:

S: concentración de sacarosa a tiempo "t" (gramos por 100 de brix)

S<sub>0</sub>: concentración de sacarosa a tiempo "0" (gramos por 100 de brix)

K: constante cinética (función de temperatura y pH)

T: temperatura de la solución (°C)

P: pH de la solución (válido para pH > 4.5)

t: tiempo de reacción (minutos)

**b. Balance de materiales.**

El balance de materiales se efectúa considerando la sacarosa como elemento clave (el método es discutible dado la probabilidad de error, pero es confiable para fines de evaluación y comparación de condiciones). Las suposiciones empleadas en el balance suponen una cantidad de lechada insignificante y consideran al sistema como uno en el que ingresa el agua de lavado y el jugo mixto, al mismo tiempo que sale cachaza y jugo clarificado, existiendo una pérdida de sacarosa por inversión durante el proceso (esta pérdida no involucra pérdida de sólidos, pues, se produce azúcar invertido).

**Operación en la clarificación.**

a. El jugo mixto procedente de los molinos (proceso de crudo) o el jugo azufrado (proceso de blanco directo) es alcalizado utilizando una lechada de preparada con  $\text{Ca(OH)}_2$  en agua o jugo hasta conseguir un pH en la meladura de alrededor de 6.5, valor en el que se consigue normalmente mayor facilidad de cocimiento en tachos, desarrollo mínimo de coloración y pequeña descomposición de azúcares (sacarosa y reductores). Este valor de pH puede cambiar dependiendo de las condiciones del jugo, por lo que en general se trata de encontrar el punto de menor turbidez en que la clarificación cumpla con las características anteriores (algunas veces, caña, con algún grado de deterioro manifiesta un aspecto lechoso que puede hacer necesario elevar el pH aún a costa de condiciones menos favorables después).

b. Después de la alcalización se procede a un calentamiento en dos etapas: la primaria realizada con vapores vegetales para llevar el

jugo a un punto alrededor de 85°C y la secundaria o de rectificación realizada, comúnmente, con vapor de escape para llevar el jugo de allí a 103 °C, consiguiendo con esto que el jugo al ser liberado a presión atmosférica sufra una pequeña evaporación flash que evite que los flóculos floten o decanten con lentitud por la presencia de burbujas atrapadas en el interior (ocasionadas por gases disueltos o vapor de agua).

c. El siguiente paso es alimentar el jugo a un equipo donde se baja su velocidad puntual para permitir la decantación de los flóculos formados para así separar, en forma continua, el jugo claro y el material de fondo del clarificador. El tiempo de residencia de estos equipos es variado, pudiendo oscilar entre 0.25 y 3 horas dependiendo de las condiciones del proceso y del diseño del equipo utilizado.

d. La etapa final del trabajo puede ser una afinación del proceso utilizando filtros para la separación del bagacillo (usualmente, con telas de 100 a 120 mesh) de manera que éste no llegue al producto final.

### **1.1.6 Evaporación**

#### **Objetivos de la evaporación.**

- a. Eliminar la mayor cantidad de agua presente sin provocar cristalización (alrededor del 75% del material inicial).
- b. Hacer mínima la descomposición de sacarosa por altas temperaturas durante tiempos largos.

- c. Conseguir la evaporación deseada con la cantidad de vapor de calentamiento disponible por la combustión del bagazo.
- d. Mantener una pérdida mínima por arrastres físicos de jugo en cada efecto.

**Productos involucrados en la evaporación.**

**a. Vapor vegetal.**

Se le llama, así, a todo vapor producido en un evaporador como resultado de la ebullición del jugo que se encuentra en el interior. Se le identifica con el número romano correlativo del efecto de donde se extrae (ejemplo: vapor vegetal I es el que produce el primer efecto de evaporación).

**b. Vapor de escape.**

Es el vapor de baja presión que se produce por las turbinas de "no condensación" y que se utiliza para los trabajos de calentamiento que se realizan en el proceso. De los vapores de baja presión es el que tiene la más alta temperatura y dada su demanda y necesidad de estabilidad es normal encontrar que existe en la instalación una válvula que permite controlar su presión mediante el agregado de vapor directo de alta presión procedente de las calderas.

**c. Meladura.**

Producto del proceso de evaporación constituido por todos los sólidos del jugo claro (aproximadamente) y el agua que no se ha removido en el proceso. Es una solución técnica de sacarosa con una concentración aproximada de 60°Brix a 70°Brix. Se considera que los únicos sólidos que se pierden son los que se depositan como

incrustaciones en los equipos del proceso, pero, para fines operativos este factor no se considera importante.

**d. Condensado.**

Agua producida por el enfriamiento de los vapores utilizados en calentamiento. Se hace, frecuentemente, la distinción entre los diferentes condensados vegetales (usados en imbibición, lavado de azúcar, dilución de mieles y algunas veces para alimentar calderas) y los de escape (utilizados, en general, para alimentación de calderas únicamente). La presencia de azúcar en los condensados vegetales los inhabilita para ser utilizados en relleno del retorno de condensados que alimenta las calderas y este factor es normalmente verificado debido a los graves problemas que se pueden generar por la introducción de azúcares al interior de las calderas (espuma, arrastres, formación de depósitos adhesivos y aumento de corrosión).

**e. Disolución.**

Este es un producto que puede aparecer dentro del proceso debido a la necesidad de disolver grano en algún material procedente de etapas posteriores (terrones de la secadora o algunos sobrantes de magma), siendo común que el punto de mezcla sea el tanque de jugo claro antes de los evaporadores.

**f. Incrustación.**

Material depositado sobre las superficies de los evaporadores, especialmente, los tubos de intercambio de calor. Este material puede ser considerado para fines de balance de materiales en esta etapa, pero, en la mayor parte de casos se considera como un factor de baja incidencia. Está formado, principalmente, de sales minerales y alguna materia orgánica (especialmente, en los primeros efectos).

## **Cálculos normales de la evaporación.**

### **a. Coeficiente de transferencia de calor.**

El coeficiente de transferencia de calor puede estimarse para los diferentes efectos utilizando ecuaciones como las siguientes:

$$(1) U = t * (100 - B) * (T - 130) / K$$

Donde:

t: calor latente del vapor producido (BTU/lb)

B: concentración media de jugo (°Bx)

T: temperatura del vapor en la calandria (°F)

K: constante de proporcionalidad (20000 para diseño y 16000 para evaluación)

U: coeficiente global de transferencia de calor (BTU/pie<sup>2</sup>/hora/°F)

$$(2) U = 55 * ((T - 32) / 100)^2 / \sigma / \sqrt{\mu}$$

Donde:

U: coeficiente global de transferencia de calor (BTU/pie<sup>2</sup>/hora/°F)

T: temperatura de ebullición del jugo (°F)

$\sigma$ : calor específico del jugo a T°F y a la concentración de salida del efecto (BTU/lb/°F)

$\mu$ : viscosidad del jugo a T°F y a la concentración de salida del efecto (Cp)



**b. Capacidad calorífica del jugo.**

La capacidad de absorber calor del jugo de caña es una función de la concentración del jugo que generalmente se expresa como:

$$(1) C_p = 0.9964 - 0.00549 * B_x$$

Donde:

$C_p$ : capacidad calorífica (BTU/lb/°F)

$B_x$ : concentración (°Bx)

**c. Balance de materiales y energía.**

El balance de materiales de un evaporador de múltiple efecto es un proceso largo, debido, fundamentalmente, a que su desarrollo más sencillo involucra el uso de iteración en el cálculo. Los pasos para producir un balance exitoso para fines de diseño y evaluación son:

1. asumir las presiones dentro de cada uno de los efectos de la evaporación. el cálculo normal implica distribuir en partes iguales la caída total de presión (presión en la calandria del primer efecto menos presión en el cuerpo del último efecto),
2. obtener la temperatura de saturación y los calores latentes de evaporación para las condiciones dadas,
3. asumir un valor para la cantidad de vapor de escape que se requiere en la operación,
4. estimar la evaporación en cada efecto para calcular la concentración obtenida,
5. calcular la elevación del punto de ebullición debida a concentración y el efecto de la carga hidrostática como función de velocidad y altura,

6. evaluar nuevamente con las condiciones de ebullición encontradas y corregir el cálculo de evaporación hasta que el error en la concentración de cada efecto sea menor al permitido,
7. evaluar la evaporación obtenida con la deseada, corregir la estimación de escape y repetir hasta conseguir un error menor al permitido,
8. evaluar los coeficientes de transferencia de calor que se obtienen con los cálculos efectuados,
9. evaluar los coeficientes de transferencia de calor que deberían obtenerse,
10. revisar las condiciones de evaporación de cada efecto hasta obtener proporcionalidad entre los coeficientes reales y estimados de cada efecto,
11. repetir el proceso con las nuevas condiciones de vapor para obtener una nueva cantidad de vapor requerido,
12. repetir la evaluación de condiciones hasta que ya no se obtengan cambios en las condiciones y los coeficientes de transferencia obtenidos sean proporcionales a los coeficientes de diseño.

El resultado de este proceso permite evaluar las superficies de cada efecto para un evaporador que esté por construirse y permitirá conocer los grados de ensuciamiento que se tienen en uno que esté en operación (evaluando las diferencias de presión entre cada efecto).

### **Operación de la evaporación.**

La operación de un sistema de evaporación química de múltiples efectos es, relativamente sencilla, debido esencialmente, a que si se fijan las condiciones de entrada, salida, nivel en cada efecto y extracciones de

vapores vegetales hacia el exterior, entonces, tendremos que el equilibrio del sistema será automático en lo que a presiones, temperatura y producción de vapor respecta. Sin embargo no se puede olvidar que cualquier cambio llevará a un nuevo equilibrio del sistema.

La evaporación se realiza en equipos continuos y secuenciales en los que el vapor del jugo, en cámaras separadas, fluye en el mismo sentido (con corriente) aunque este arreglo es menos eficiente en condiciones de intercambio de calor, se prefiere, así, debido a que evita el uso de bombas de transferencia entre los efectos y somete a las soluciones concentradas a temperaturas más bajas con lo que se disminuye la velocidad de caramelización que se da en ellas (razón primordial). La alimentación inicial es vapor de escape producido por las turbinas y el jugo claro procedente de los clarificadores y la salida es vapor vegetal del último efecto, el cual se condensa en equipos de contacto directo y meladura que va a la operación de cocimiento para alimentar las operaciones de cristalización.

Durante el proceso de evaporación, el jugo en sus diferentes etapas fluye por el interior de los tubos verticales que forman la calandria, por medio de procesos de convección natural inducida por la evaporación y consiguiente baja de densidad (de la mezcla vapor-jugo) que sufre al calentarse. Los equipos pueden clasificarse en tres tipos: 1. **sellados**, en los que el el jugo que ha subido por los tubos tiene que salir, 2. **semisellados**, en los que parte del jugo que ha subido puede volver a pasar por la tubería y 3. **abiertos**, en los que puede existir un flujo continuo y repetido del jugo por la tubería, aunque existe el riesgo

de un "cortocircuito" del jugo que entra y el que sale. El tipo más recomendable es el semisellado con una capacidad de recirculación no más del 10% del jugo presente.

Los equipos de manejo de los condensados son importantes para conseguir una buena operación, debiendo tener capacidad de garantizar una remoción rápida y total del condensado producido en cada efecto. Si se utiliza evaporación rápida de los condensados es de vital importancia el diseño de los sifones y de los separadores de vapor y agua a fin de evitar daño a los equipos y mejorar las condiciones en las que se desarrolla el proceso.

La operación de evaporadores se ajusta en buen grado a los principios de Rillieux (ver apéndice 3) pero, hay que considerar factores que pueden desviar este comportamiento, como son: el calor necesario para elevar el jugo alimentado a su punto de ebullición, las pérdidas por radiación y la remoción de gases incondensables de las calandrias, el incremento en el calor latente de evaporación conforme la temperatura baja, la baja en el calor específico del jugo conforme el jugo se concentra, la evaporación flash del condensado. Sin embargo, los principios de Rillieux son buenos para realizar una estimación inicial rápida de los flujos esperados en el evaporador, pero, hay que notar que, en conjunto, todos estos factores ocasionan un desenvolvimiento real ligeramente menor que el pronosticado.

El gradiente de temperatura a través de las superficies de intercambio es de vital importancia en el desarrollo de equipos eficientes

y es la razón fundamental para no utilizar, en general, una cantidad de efectos superior a seis. Debe buscarse un mínimo de 50°F (10°C) de diferencial, aunque es deseable obtener 60°F (15.60°C) para un mejor intercambio, aunque valores menores podrán ser soportados con superficies de intercambio mayores y períodos de limpieza, más cortos.

El control global de un evaporador se ejecuta a través de la estabilización de cuatro factores: a. la concentración final alcanzada (por recirculación o control de energía suministrada), b. el nivel de cada efecto en forma individual, c. la presión absoluta en el último cuerpo y d. la alimentación de vapor y jugo al primer efecto. En el caso de utilizar extracciones o robos de vapor, éstos debieran ser medidos para mejorar la respuesta de todo el sistema y mantener en forma estable el punto final de concentración (65°Brix a 70°Brix refractométricos).

Los factores que son importantes para una buena operación de evaporadores son:

- a) presión absoluta del último efecto controlada por la cantidad de agua suministrada al equipo de condensación,
- b) concentración de meladura (debe mantenerse abajo de 70° brix para evitar la cristalización),
- c) nivel del líquido en el interior de los tubos. Deben mantenerse lo suficientemente alto para aprovechar toda la longitud del tubo, pero, lo suficientemente bajo para mantener buena velocidad de evaporación y baja presión hidrostática. este nivel debe estar donde la ebullición

- lograda sea capaz de mantener mojada la parte superior de la tubería (alrededor del 25% de la altura y rara vez arriba de 40% de la misma),
- d) velocidad de alimentación de jugo mediante el uso del tanque intermedio para absorber los picos de flujo,
  - e) remoción rápida y continua de condensados para evitar daño al equipo y mantener la superficie de calefacción libre para el contacto con el vapor,
  - f) remoción de gases no condensables introducidos al sistema (aire) o generados en el mismo: dióxido de carbono y amoníaco ( $\text{CO}_2$  y  $\text{NH}_3$ ) estos gases interfieren con el intercambio bajando la presión parcial del vapor presente y, en general, pueden ocasionar corrosión del equipo por lo que se extraen en la parte superior e inferior de las calandrias en forma continua, basándose en su temperatura (alrededor de  $5^\circ\text{F}$  abajo de la temperatura del vapor en cada efecto),
  - g) control de la cantidad, posición y tipo de incrustaciones formadas en cada efecto.

En cuanto a los cambios que pueden esperarse en los productos, normalmente, se observa un incremento en la pureza aparente que alguna vez se ha atribuido a la precipitación de sales y a la destilación de algunos compuestos no azúcares, pero, la causa fundamental de este cambio es la variación de la rotación específica de los azúcares reductores por razón del calentamiento y la concentración y el cambio en la relación reductores/sacarosa (aumenta si el pH del jugo claro es bajo y disminuye si es 7 o ligeramente superior); otro cambio importante es la generación de color en los jugos, lo que se ha demostrado que es función de los tiempos de retención y las temperaturas, especialmente,

en los primeros efectos, por lo que se han hecho pruebas para determinar valores aceptables para estos factores, los cuales se muestra en la tabla que se ha generado, considerando como criterio conseguir una formación de color menor de 15%:

**Cuadro No 1**  
**Valores aceptables de retención y temperaturas para conseguir una coloración en los jugos de caña**

Tiempo de retención (minutos)	Temperatura del jugo (°C)
2	120
3	115
6	110
12	105

### **1.1.7 Cristalización**

#### **Objetivos de la cristalización**

- a. Producir cristales de sacarosa en condiciones óptimas para separación posterior,
- b. Agotar, al máximo, el contenido de sacarosa del producto residual del proceso (melaza o miel final),
- c. Operar toda la evaporación con el tipo y cantidad de vapor disponible,
- d. Evitar, hasta donde sea posible, la descomposición térmica de sacarosa.

## **Productos involucrados en la cristalización.**

### **a. Masa cocida.**

Es una mezcla de grano cristalizado y su miel madre (la miel de donde se originaron y donde crecieron los cristales); es el producto que pasa a las centrifugas para ser procesado, pudiendo ser de varias clases, según la forma en la que se ha alimentado en los tachos (miel "A", "B", "C", etc.). La miel presente puede estar saturada o sobresaturada, pero, este último caso es el más común, debido a que el proceso de cristalización (deposición de sacarosa sobre los cristales existentes) se hace más lento conforme disminuye la sobresaturación presente.

### **b. Miel.**

Es un producto intermedio sin grano presente, al que ya se le ha extraído, por lo menos, una fracción de la sacarosa que se encontraba presente. Dado que se origina en una masa, su nombre corresponde al del tipo de ésta (ejemplo: miel "A" es la que se separa de la masa "A") y, en general, incorpora dentro de su composición el agua adicional que pudo agregarse al lavar el azúcar.

### **c. Miel virgen.**

Es un producto sin grano presente, al que no se le ha extraído sacarosa, constituyendo algunas veces un producto alternativo al azúcar. Para su elaboración solamente se concentra la meladura alrededor de 67°Bx a 70°Bx a fin de evitar el ataque de microorganismos y su cristalización posterior. Esta miel puede también ser el origen de mieles invertidas de 75°Bx a 80°Bx, según la proporción de azúcares reductores presentes. No es un producto común en el proceso de ingenio dado que, tradicionalmente, requiere



tratamientos para lograr un líquido incoloro y traslúcido, similar al de una refinería.

**d. Vapor de escoba.**

Vapor directo procedente de las calderas que se utiliza para efectuar la limpieza de los tachos, después de cada descarga y, así, eliminar residuos de grano que pudieran crear dificultades en el proceso posterior (principalmente la producción de granos con demasiada variabilidad de tamaño).

**e. Semilla (magma).**

Mezcla de grano y agua (o algunas veces jugo) que se utiliza para iniciar las templeas. El grano se origina en una masa anterior que ha sido separada por centrifugación en equipos que, normalmente, son continuos. También se le da este nombre a una mezcla de azúcares pulverizada y alcohol isopropílico anhidro ( $C_2H_5OH$  al 99.95%) que se prepara para servir de iniciador en los procesos de cristalización (sumintra los núcleos necesarios al principio).

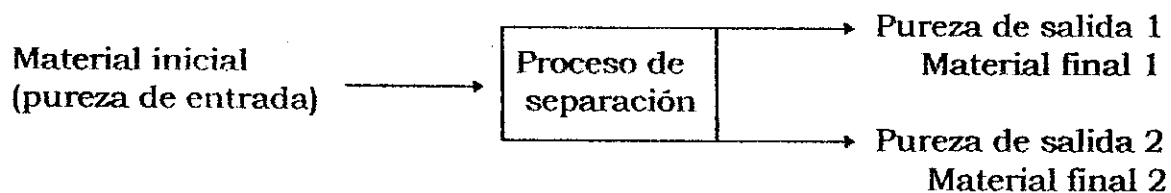
**f. Jarabe**

Producto azucarado sin grano, proveniente de la disolución completa de azúcar que se recircula por alguna circunstancia. Se da, especialmente, en el proceso del azúcar separado de las masas más pobres, aunque algunas veces se genera debido a la necesidad de disolver otros materiales, aunque esto no es deseable en general, dado que el azúcar no volverá a recuperarse en su totalidad.

**Cálculos normales de la Cristalización**

**a. SJM**

Este es un modelo para calcular la distribución de sólidos y/o basado en un balance estricto de materiales cuando en una etapa se introduce un componente que ha de ser separado en dos de diferentes purezas. El esquema se aplica a separación de sólidos (brix) y con una modificación a separación de sacarosa (pol en general). Es conocida también como ecuación de Noe Deerr y es la base de la mayor parte del trabajo efectuado en los tachos (ver apéndice 4).



#### **Fórmula para sólidos (brix)**

$$B * S = (J-M)/(S-M)$$

Donde:

**B \* S:** fracción (%) de sólidos al producto S (normalmente el producto más rico).

**S:** pureza del material (%) extraído (el de mayor pureza).

**J:** pureza del material (%) introducido (en general  $M \leq J \leq S$ ).

**M:** pureza del material (%) extraído (el de menor pureza).

#### **Fórmula para sacarosa (pol)**

$$PIS = 100 * (S(J-M))/(J(S-M))$$

Donde:

PIS: fracción (%) de pol al producto S (normalmente el producto más rico).

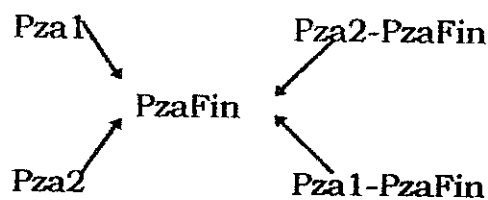
S: pureza del material (%) extraído (el de mayor pureza).

J: pureza del material (%) introducido (en general  $M \leq J \leq S$ ).

M: pureza del material (%) extraído (el de menor pureza).

#### b. Cruz de cobenze

Es una forma práctica de calcular purezas resultantes al efectuar mezclas de dos materiales de diferente pureza. Su aplicación es estricta si la base de la combinación está en peso, pero, el error inducido por su utilización con volúmenes es directamente proporcional a la diferencia de densidades por lo que en materiales de concentración similar puede utilizarse sin mayor riesgo, siendo un buen auxiliar como recordatorio en trabajo diario.



Donde:

$PzaFin$ : pureza final deseada.

$Pzai$ : pureza del ingrediente  $i$  ( $i = 1, 2$ ).

### c. Winter & Carp

Es una fórmula deducida, empíricamente, para calcular la cantidad de azúcar (pol) recuperable en un jugo conociendo su pureza, basada en observaciones efectuadas en Java a principios de siglo. Es un caso especial de la ecuación SJM en el que la pureza de la melaza se asume de 28.57% y la del azúcar en 100%.

$$X = S * (1.4 - (40/P))$$

Donde:

X: sacarosa disponible en el jugo (% de caña).

S: sacarosa en caña (% en peso).

P: pureza del jugo (%).

### d. Balance de materiales

El balance de materiales en una operación de tachos se efectúa de acuerdo a diferentes secuencias, según el tipo de plan de tachos que se esté realizando, en el caso de un balance para un sistema de tres masas en forma directa, el orden de cálculo a utilizar es el siguiente:

1. se considera que la meladura que entra al sistema se ha dividido, en última instancia, en solamente azúcar y melaza por lo que a través de SJM se puede conocer la relación que existe entre las cantidades de pol y brix presentes en cada corriente (normalmente, se evalúa con esto la cantidad de melaza),
2. la cantidad de sólidos en la melaza puede ser obtenida dividiendo el pol entre la pureza de esta misma melaza,

3. conociendo la pureza de la masa "C", el azúcar "C", la miel final y su cantidad se puede encontrar a través de SJM la cantidad de masa y de azúcar producida. el pol en cad producto se puede obtener multiplicando los sólidos encontrados por la pureza que corresponda,
4. conociendo la pureza y cantidad de la masa "C", la pureza de la miel "b" y de los otros materiales usados para hacer masa "C", se puede calcular la cantidad de miel "B" producida (se asume que toda la producida se ha consumido),
5. con la cantidad de miel "B" se puede calcular la cantidad que corresponde de masa "B", así como su cantidad de sólidos y la cantidad de semilla utilizada (procedente de magma de tercera o de cristalización directa y específica para las templas de producción),
6. con la cantidad de masa "B" y las purezas de todos los productos utilizados para hacerla, se calcula la cantidad de miel "A" que se requiere,
7. con la cantidad de miel "A" se evalúa la cantidad de masa "A" y sus cantidades de sólidos y pol,
8. con la cantida de masa "A" se evalúa la cantidad de todos los ingredientes utilizados, incluyendo meladura y la semilla utilizada,
9. se verifica la cantidad total de semilla requerida, es igual a la producida y se procede de alguna de estas tres maneras:
  - a) si la cantidad total de semilla es mayor que la producida, indica que se tendrán que cristalizar para disponer de grano adicional por lo que la diferencia tendrá que ser producida por una templa de grano y, con ello, consumirá meladura y, probablemente, miel "A", el proceso se reajusta y se vuelve a verificar nuevamente,

- b) si la cantidad total de semilla es menor que la producida, el balance efectuado es el correcto y el proceso está terminado,
  - c) si la cantidad total de semilla es menor que la producida se tendrá que disolver una parte y producir jarabe que, en general, va a ser mezclado con la meladura y, entonces, cambiará su pureza por lo que el cálculo deberá verificarse nuevamente hasta que el error encontrado sea aceptable,
10. el proceso se repite, en general, hasta que se logre balance con el método que se esté empleando en los tachos para el manejo de materiales.

**e. Sobresaturación**

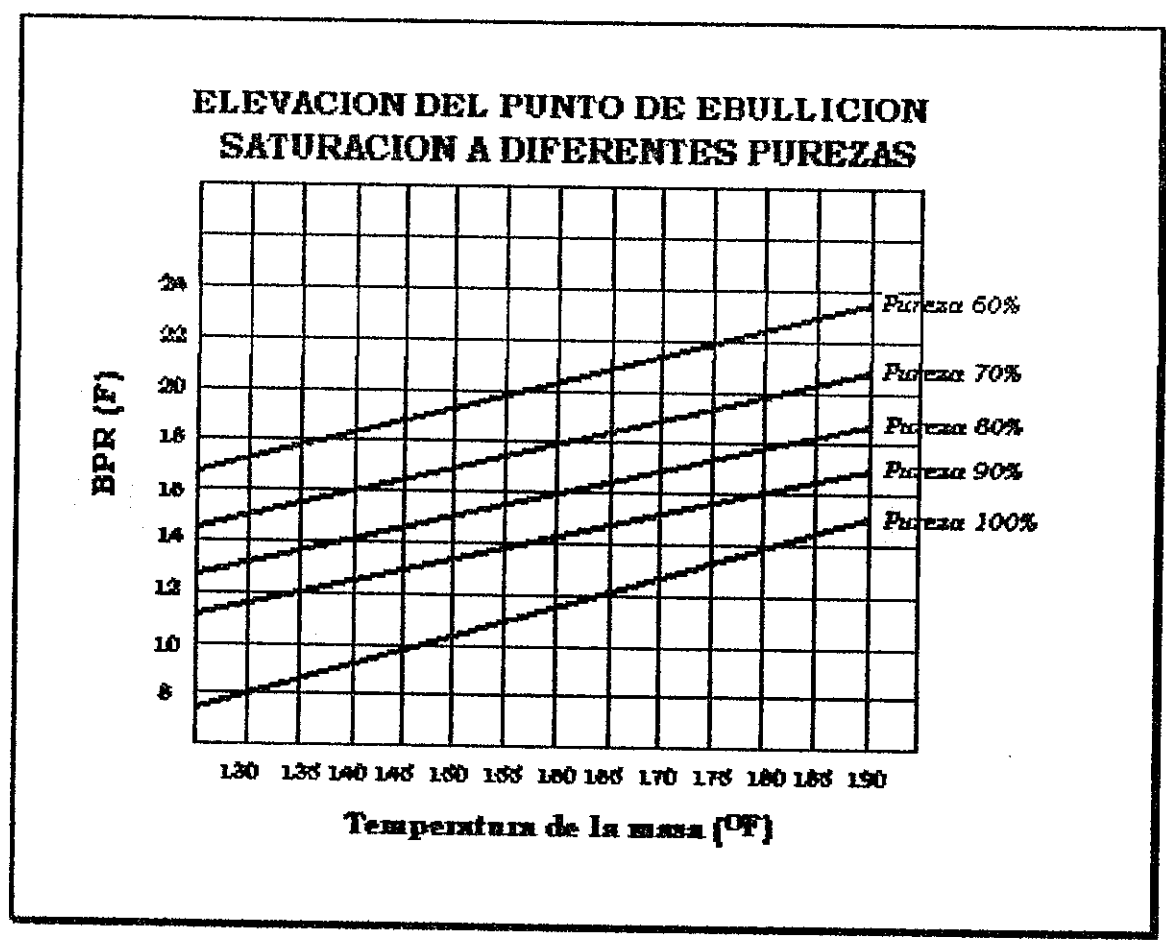
Es el cálculo del grado en que una solución difiere de una solución saturada. Se considera saturada una solución con sobresaturación igual a uno; cualquier valor menor es una solución subsaturada (un cristal presente se disuelve) y cualquier valor mayor será una solución sobresaturada (un cristal presente crece).

La velocidad de crecimiento de los cristales es función directa de la sobresaturación, pero, depende también de la composición y cantidad de impurezas, la temperatura y la viscosidad. La sobresaturación puede ser medida de varias formas, pero, la que facilita el trabajo de evaluación utiliza la elevación del punto de ebullición (BPR) actual de la solución comparada con el BPR de la solución saturada.

$$\text{Sobresaturación} = \frac{\text{BPR observado}}{\text{BPR a saturación}}$$

La figura número 1 muestra los valores del BPR de soluciones de sacarosa a diferentes purzas y temperaturas de la masa, siendo éstos los valores que se utilizan, comúnmente, para la evaluación de la sobresaturación por el método de elevación del punto de ebullición. La medición de la temperatura de la masa se efectúa en el tubo central del tacho y la medición de la temperatura del vapor, se hace por el método indirecto de medir la presión absoluta dentro del tacho y calculando la temperatura de saturación para el equilibrio de agua pura a esa presión.

**Figura No. 1**  
**Valores de BPR de soluciones de sacarosa a diferentes purzas y temperaturas de la masa.**



La sobresaturación se compara contra el diagrama siguiente (figura número 2) para ver la posición en la que se encuentra la solución y evaluar si requiere un cambio o no. Este diagrama está preparado con base a los datos de Herzfeld para soluciones de sacarosa pura, por lo que, en la realidad pueden ocurrir cambios de comportamiento debido a la influencia de las impurezas que normalmente se encuentran en las soluciones técnicas.

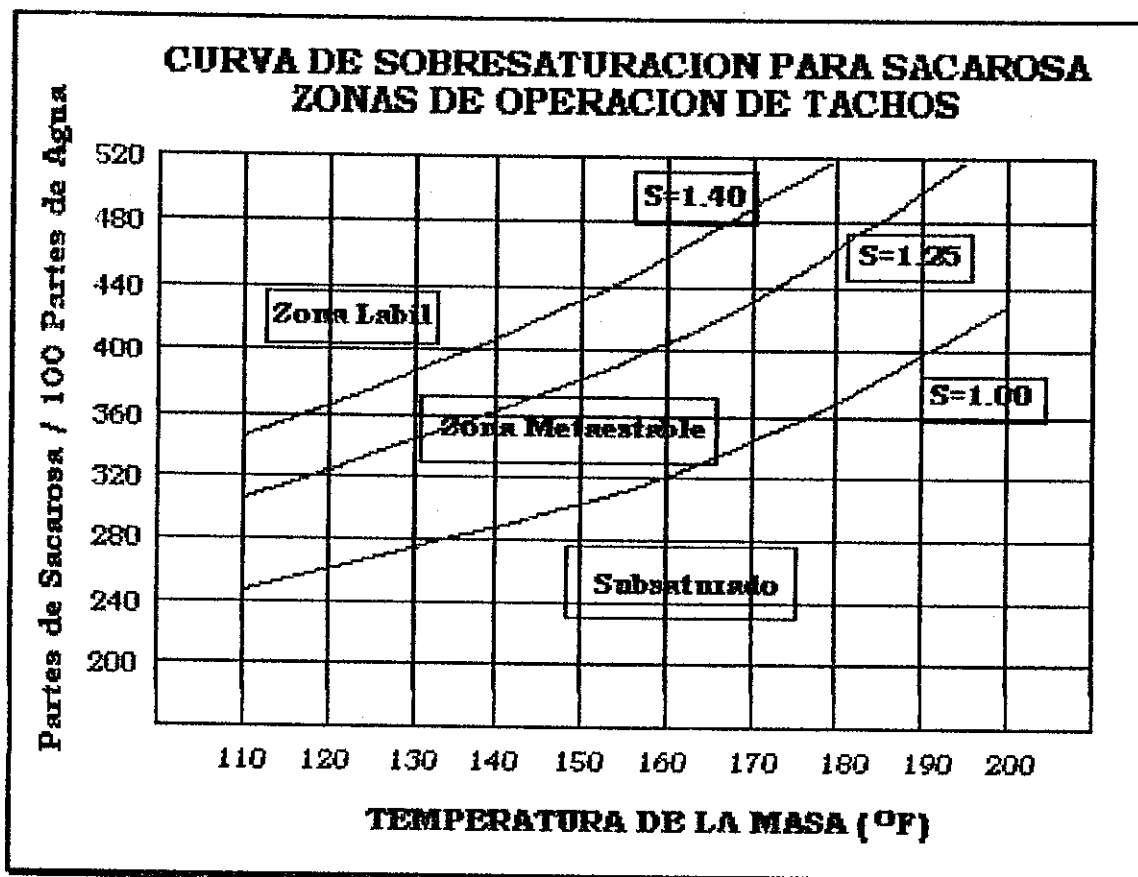
Se distinguen tres zonas de saturación en el diagrama:

- a. la zona subsaturada (sobresaturación  $< 1$  y los granos presentes se disuelven),
- b. la zona metaestable (sobresaturación entre 1.00 y 1.40, en la que granos presentes crecen),
- c. la zona lábil (sobresaturación  $> 1.40$  en la que los granos presentes crecen, pero, también se forman nuevos).

En la zona metaestable se establece un nivel de sobresaturación entre 1.25 y 1.40 que es el que se utiliza para operar los tachos (una sobresaturación menor de 1.25 dará un crecimiento demasiado lento y, por consiguiente, tiempos de residencia largos, en condiciones de alta temperatura).



**Figura No. 2**  
**Curva de Sobresaturación para sacarosa**



**f) Rendimiento de cristales**

Se le llama, así, a la aplicación de SJM para verificar la separación lograda en cada masa (material inicial) hacia el azúcar y la miel correspondiente. Es un buen indicador de la calidad de trabajo efectuado en tachos, cristalizadores y centrifugas.

**g) Agotamiento:** es la comparación de la pureza de melaza obtenida, realmente, contra la obtenible, calculada de acuerdo a alguna de las

ecuaciones de estimación del límite de separación que han sido determinadas en condiciones experimentales, diversas.

$$E = (100-Q)/(100-QL)$$

Donde:

E: agotamiento logrado.

Q: pureza actual obtenida (%).

QL: pureza límite obtenible (%).

Las fórmulas para estimar la pureza límite obtenible son, generalmente, funciones de la concentración de sales (directa o indirectamente medidas) y de la presencia de azúcares reductores. Las más comunes son:

#### **Ecuación de Douwes Dekker:**

$$QL=35.886-0.08088*((AzRed)/(BxS-SacC))+ 0.26047*((CenS)/(BxS-SacC))$$

$$BxS = (Bx \text{ pincnométrico}) - K * (\text{Ceniza sulfitada})$$

Donde: QL: pureza real límite (basada en sacarosa Clerget y sólidos de Sylmans).

AzRed: azúcares reductores.

CenS: Cenizas sulfitadas.

BxS: sólidos de Sylmans (cantidad de sólidos totales en la melaza).

SacC: sacarosa Clerget (mejor aproximación a solución real).

K: constante 0.72 (clarificación); 0.86 (sulfitación); 0.74 (carbonación).

**Observaciones:**

1. pueden utilizarse sólidos medidos con hidrómetro (dilución 1:1) en lugar de los sólidos picnométricos,
2. la pureza real que se compara se evalúa como sacarosa Clerget dividido sólidos de Sylmans.

**Ecuación de Sugar Research Institute (Australia):**

$$QL = 40.67 - 17.80 * \log (\%AzRed/\%CenS)$$

Donde:

QL: pureza real límite.

AzRed: azúcares reductores.

CenS: cenizas sulfitadas.

**Ecuación de Hugot:**

$$QL = 40 - 4 * (\%AzRed/\%CenS)$$

Donde:

QL: pureza real límite.

AzRed: azúcares reductores.

CenS: cenizas sulfitadas.

**Operación de la cristalización en el area de tachos.**

La operación de una estación de tachos se encamina, básicamente, a evaporar agua para provocar la cristalización por sobresaturación de la sacarosa presente. Debido a la imposibilidad de

efectuar la totalidad de la extracción posible en una sola etapa, en que el proceso de cristalización se realiza en dos o más ciclos sucesivos, dependiendo de la pureza de entrada de la meladura al sistema y de la eficiencia de separación lograda en cada etapa.

Para cristalizar se aprovecha la característica de la sacarosa de permitir la formación de soluciones estables con un grado de sobresaturación apreciable, las que en presencia de grano hacen que este crezca paulatinamente. El crecimiento logrado es función del grado de sobresaturación, el tiempo, la presencia de impurezas que retardan o aceleran el proceso, la temperatura y en menor grado de la viscosidad del líquido madre (aunque este factor es tradicionalmente considerado como un limitante de importancia, es difícil alcanzar condiciones en las que la difusión del soluto a través del líquido se vuelva limitante del proceso).

La planificación de toda la operación sigue esquemas muy diversos como son: dos, tres o cuatro masas, doble magma, magma sencilla en la última etapa o en la penúltima, etc. Cada uno de los planes tiene ventajas y desventajas relativas en cuestiones como calidad de grano, uniformidad, consumo de vapor, rapidez del agotamiento, requerimiento de equipo, requerimientos de insumos (agua y vapor), facilidad de operación y problemas que le son característicos. Es altamente conveniente que el plan de tachos se adecúe de tal manera al ingenio que permita una operación estable y continua durante todo el período de molienda aunque, en general, se tendrán cambios ocasionados por la variación de la calidad de la materia prima y algunas

otras dificultades externas al proceso como son deterioro de caña, existencia de floración, quemas no planificadas y otros.

La operación se inicia con una cristalización alimentada con meladura bajo alguna de las técnicas posibles, a fin de generar grano suficiente para la alimentación de dos o tres templas que darán la continuidad de inicio necesaria y proveerán el material para el arrastre de todas las impurezas y residuos en el equipo. En la mayor parte de planes, este paso se repetirá hasta que exista una fuente adicional de grano originado en la recirculación del azúcar de las masas finales, aunque en algunos esquemas el proceso se continúa siempre y todo el material recirculado se redisuelve (se convierte en jarabe que normalmente se agrega a la meladura).

Se recomienda, ampliamente, que todos los materiales que sea posible procesar "hacia adelante" sean trabajados de esa manera (evitar en lo posible las recirculaciones excesivas) a fin de reducir problemas ocasionados por descomposición excesiva y por la generación de materiales que hacen difícil o imposible la separación de un azúcar aceptable en las centrifugas.

En cada templa el proceso de desarrollo lleva la siguiente secuencia:

1. limpieza del tacho de todos los residuos de grano anterior,
2. cierre completo y extracción del aire en el interior hasta conseguir un vacío aceptable de operación ( $\geq 24$  pulgadas de mercurio),

3. carga del material inicial llamado "pie de templa" (grano en forma de semilla o corte anterior o, bien, líquido sin grano para cristalizar, suministrado en forma de mezclas de meladura o mieles); este material debe cubrir, totalmente, la superficie de calentamiento,
4. alimentación de vapor y estabilización de las condiciones de sobresaturación. en el caso de que se requiera cristalizar se concentra hasta el punto adecuado y se procede a hacerlo para continuar el proceso siguiente con grano presente,
5. inicio de la alimentación del material líquido que se utilizará para suministrar la sacarosa que hará crecer los cristales. durante el desarrollo puede aumentarse, paulatinamente, la consistencia y la presión de la alimentación de vapor,
6. al obtener el nivel correcto dentro del tacho se procede a la concentración final de la masa, quitando la alimentación del líquido azucarado y continuando el proceso de ebullición hasta obtener la consistencia adecuada. es importante verificar que la velocidad de este "apriete" sea adecuada para evitar el surgimiento de cristalización secundaria (falso grano o "reproducción"),
7. al terminar el apriete se cierra el suministro de vapor,
8. se procede a dejar entrar aire al sistema para llegar a presión atmosférica (14.70 lb/pulgada<sup>2</sup>),
9. se abre la válvula de fondo para desalojar la masa total o parcialmente dependiendo del caso y, así, estar en condiciones de volver a iniciar el ciclo.

Se recomienda que durante el proceso, la alimentación del líquido azucarado sea continua a fin de evitar altas y bajas excesivas en la

sobresaturación del sistema con lo que los riesgos de reproducción, generación de granos dobles y conglomerados, así como de disolución se ven fuertemente aumentados en los extremos de las oscilaciones generadas en las condiciones del proceso, al utilizar alimentación por tandas. Las condiciones de vacío, especialmente, y, alimentación de vapor, son también importantes para lograr un proceso uniforme con buenos resultados.

La cristalización a partir de soluciones sin grano se pueden efectuar por dos métodos: a. espera (la solución se sobresatura arriba de 1.40 y se espera a que salga el grano solo) y b. semillamiento completo (la solución se lleva a una sobresaturación entre 1 y 1.15, entonces, se inyectan todos los núcleos de cristalización que se desea que salgan).

### **1.1.8 Centrifugado**

#### **Objetivos del centrifugado.**

- a. Separar, completamente, la miel madre y los cristales presentes en las masas.
- b. Mantener, hasta donde sea posible, el tamaño y características de los cristales que se encuentren presentes.
- c. Efectuar la separación, azúcar-miel, en el menor tiempo posible, con el menor uso de energía y agua.

**b. Tiempo de centrifugado.**

Es una fórmula empírica que ilustra la relación de la mayor parte de los factores que interfieren en el tiempo que tarda el proceso de separación, siendo observable la influencia de la viscosidad, el grosor de pared y de la fuerza centrífuga utilizada.

$$T = \frac{364.7 * \mu * H(1000 - P^2)}{(R - H/2) * (N * L * P * ((\sqrt[3]{1000/K} - 1)^2))}$$

Donde:

T: tiempo de centrifugado (segundos).

$\mu$ : viscosidad del licor madre (Poises).

H: espesor de la pared de azúcar (centímetros).

P: miel residual después a T segundos (% peso).

N: velocidad de centrifugado (rpm).

L: longitud de cristales de azúcar (centímetros).

R: radio de la canasta (centímetros).

K: cristales en la masa original (% peso).

**c. Disolución.**

Es la medición de la cantidad de azúcar en forma de cristales que ha sido vuelta a disolver por acción del agua de lavado. Se evalúa mediante el uso de la fórmula de SJM en dos formas: con la miel original y con la mezcla de miel y lavado.

$$D = \{1 - [(J/Mm)/(Sm - Mm)] / [(J - Mi)/(Si - Mi)]\} * 100$$

Donde:



- D: disolución obtenida (%).
- J: pureza de la masa inicial (%).
- Mm: pureza de la mezcla miel + lavados (%).
- Sm: pureza del azúcar final obtenida (%).
- Mi: pureza de la miel madre original (%).
- Si: pureza del azúcar obtenida sin lavado (%).

### **Operación del centrifugado.**

El proceso de separación de cristales de sacarosa presentes en una masa es el resultado de la ocurrencia sucesiva de dos fenómenos diferentes:

1. el flujo en un sistema de dos fases (miel y sólidos) de la miel entre los cristales, debido a la presión hidrostática generada y limitada por la porosidad de la capa de azúcar,
2. el desplazamiento en un sistema de tres fases (miel, sólidos y aire), de la miel sostenida entre los cristales por adherencia, tensión superficial y capilaridad, siendo este punto donde la aplicación de lavado da un efecto de sustitución para lograr el desplazamiento de la miel que todavía está presente. El proceso, por lo tanto, pasa por tres puntos:
  - a. remoción de la miel que se encuentra en exceso de la necesaria para llenar los espacios entre los granos, b. expulsión de la miel para dejar espacios vacíos entre los granos y c. la reducción de la capa de miel alrededor de los granos.

La velocidad a la que la miel es eliminada de la masa es alta al inicio, pero, se hace lenta, rápidamente, hasta que es virtualmente igual

a cero cuando las fuerzas de capilaridad y adherencia se hacen tan fuertes como la fuerza centrífuga, estando este proceso gobernado por el tamaño de grano y la viscosidad de la miel, principalmente.

Se utilizan dos tipos de tecnologías, básicamente, para la separación de cristales de sacarosa de su miel madre: 1. separación en lotes (batch) que se utiliza para obtener azúcares comerciales y 2. separación continua que, generalmente, se utiliza para separar azúcares que han de ser recirculados al proceso, siendo la principal causa de esto la rotura que sufren los cristales durante el choque con una pared fija, después de salir a alta velocidad por el borde de la canasta.

Algunos fabricantes han ofrecido, recientemente, centrifugas con amortiguamiento neumático (por flujo de aire) o con equipos mecánicos que disminuyen la intensidad del impacto a fin de conseguir la simplicidad de la separación continua para la producción de azúcares sin desmejorar su apariencia.

Los principios en que están basados son de tres tipos: 1. disminución de velocidad de impacto, 2. cambio de ángulo (10 grados menos implica 70% menos de rotura) y 3. retención de miel adicional (poco deseable para azúcares de producción).

Para el proceso en lotes la secuencia de operación es:

1. limpieza de la canasta de la centrifuga y su tela para mantener libres las aberturas,

2. carga de la masa necesaria para el llenado,
3. inicio de la aceleración de la canasta y del conteo de tiempo para empezar el primer lavado,
4. agregado el primer lavado con agua (idealmente se agrega antes de que se hayan generado los espacios vacíos entre los cristales),
5. inicio del tiempo de separación entre los lavados,
6. agregado del segundo lavado con agua (éste tendrá función de desplazamiento de la miel remanente),
7. inicio del tiempo de secado (eliminación de todo el líquido que pueda ser desplazado por fuerza centrífuga),
8. para los equipos movidos por motor eléctrico inicio de la etapa de frenado regenerativo (parte de la energía cinética es convertida nuevamente en energía eléctrica que se devuelve a la línea),
9. inicio del frenado final (con fricciones mecánicas),
10. inicio de la secuencia de descarga (abertura de compuerta de fondo, colocación del descargador y raspado de todo el cilindro),
11. retorno a posición de descanso para reinicio del ciclo nuevamente.

En un equipo de tipo continuo se tienen corrientes de entrada y salida, razonablemente constantes, en alimentación de masa y agua así como salidas de miel y azúcar, la calidad de los productos se verifica periódicamente para buscar, principalmente, la presencia de grano en la miel y la pureza del azúcar producido.

En forma periódica se detiene el equipo para limpiar la tela y su parte posterior a fin de garantizar la permanencia de la mayor cantidad de área abierta posible durante toda la operación. La capacidad de estos

equipos es altamente dependiente de la viscosidad, pero, para masas de bajo grado puede situarse entre 90 y 190 pies cúbicos por hora.

### **1.1.9 Secado.**

#### **Objetivos del secado.**

- a. Obtener azúcar con el nivel de humedad adecuado para su preservación en almacenamiento.
- b. Lograr niveles de polarización, adecuados (el agua presente en los cristales no es sacarosa).
- c. Mantener las características de apariencia de los cristales (brillo, forma y distribución de tamaño).
- d. Utilizar el mínimo de vapor necesario para efectuar el secado.
- e. Evitar el sobrecalentamiento del azúcar y entregarla a la salida con una temperatura máxima de 38°C (abajo de este valor la tendencia al endurecimiento es mínima).

#### **Productos involucrados en el secado.**

##### **a. Aire subsaturado (en agua).**

Aire inyectado al equipo de secado que tiene una baja humedad relativa y que, por ello, a la misma temperatura puede contener agua adicional sin producir condensación. El proceso de secado de azúcar se genera mediante el calentamiento de aire atmosférico.

##### **b. 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.

**c. 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).

**d. 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 ó 12 mesh debido a su gran tamaño.

**Cálculos normales del secado.**

**a. Cantidad de aire necesario.**

$$A = (K \cdot P \cdot H) / (H_0 - H_1)$$

Donde: A: peso de aire a pasar por el secador (lb/hora).

P: peso de azúcar a secar (lb/hora).

H: humedad del azúcar (%).

H<sub>0</sub>: peso de vapor de agua en aire saturado a la temperatura de entrada al equipo (lb/1000 lb).

H1: peso de vapor de agua de aire saturado a la temperatura de salida del equipo (lb/1000 lb).

K: constante igual a 15 para flujo contracorriente y a 30 para flujo con corriente.

**b. Factor de seguridad.**

Es un índice de la capacidad del azúcar para permanecer en almacenamiento sin sufrir descomposición microbiana, dado por:

$$f = H / (100-P)$$

Donde:  $f$ : factor de seguridad (%)

H: humedad del azúcar (% en peso).

P: polarización del azúcar (% en peso).

$f$	Interpretación
$0.00 \leq f \leq 0.20$	apto para almacenamiento de azúcares crudos con total seguridad
$0.00 \leq f \leq 0.22$	apto para almacenamiento de azúcares refinados o blancos con total seguridad
$0.00 \leq f \leq 0.25$	buenas condiciones par almacenamiento en general (si las condiciones no son extremas no habrá deterioro, siendo el valor más usado como límite).
$0.25 \leq f \leq 0.30$	es poco probable que ocurra un deterioro o este será lento
$0.30 \leq f \leq 1.00$	el deterioro es más rápido conforme más alto es el factor de seguridad

La aplicación del factor de seguridad debe ser cuidadosa porque hay indicios de que solamente se cumple para valores bajos de temperatura (menores de 30°C) y valores bajos de humedad relativa (alrededor de 50%) aunque hay que mencionar que la experiencia no es, en modo alguno, concluyente y la velocidad de deterioro puede ser diversa para las mismas condiciones de factor de seguridad si los factores atmosféricos así lo propician. Lo que se puede afirmar es que el almacenamiento se vuelve más difícil a mayores temperaturas y mayores humedades (ésta debiera ser siempre menor de 65%).

**c. Calor específico.**

Expresa la cantidad de calor que se requiere para elevar en 1°C la temperatura de 1 kg. de sacarosa cristalizada.

$$C_p = 0.2775 + 0.00085T$$

Donde:

C<sub>p</sub>: capacidad calorífica (kcal/kg/°C).

T: temperatura del azúcar (°C).

**Operación del secado.**

El azúcar que sale de las centrifugas tiene, generalmente, una humedad situada entre 0.50% y 2.0%, siendo cualquier valor superior a 1% un gran límite para la preservación de las cualidades del azúcar en almacenamiento. El proceso de secado busca bajar la humedad a valores situados entre 0.02% y 0.50% dependiendo de la calidad de azúcar a producir, buscando mejor preservación y mejora en la polarización.

El equipo utilizado es un equipo de contacto directo en el que aire calentado se pone en contacto con el azúcar a fin de transferir calor (hacia el grano) y masa (hacia el aire) para producir el secado, utilizándose, básicamente, dos tipos de equipo:

1. los secadores de lecho fluido (el aire fluidiza una cama de cristales que se van desplazando mediante el mismo flujo de aire que los empuja)
2. los rotativos horizontales en sus diferentes modelos (hay un lecho de azúcar que se mueve, mecánicamente, para formar caídas o deslizamientos que mejoran el contacto con el aire caliente que se introduce en el cilindro rotativo, ligeramente inclinado).

El requerimiento de energía varía con el grado de humedad inicial, pero, en general, oscila alrededor de 2 a 3 lb. de vapor por cada 100 lb. de azúcar, como punto de referencia.

Existe un proceso posterior que se recomienda efectuar si la temperatura final del azúcar es mayor a 38°C (algunos recomiendan valores hasta de 43°C para este límite) que es el enfriamiento, el que se lleva a cabo con aire frío seco o, por lo menos, de que son similares en estructura y que en algunos casos son integrales, situación en la que adquieren el nombre de granuladores. Este proceso se efectúa, básicamente para evitar el endurecimiento (caking) del azúcar en almacenamiento.



El cálculo de un proceso de secado involucra la estimación del calor necesario para efectuar cuatro cosas:

1. la evaporación del agua presente en el azúcar que es proporcional a la cantidad de la misma y a su entalpía de vaporización,
2. el calentamiento del azúcar desde su temperatura inicial hasta su temperatura final (esta temperatura en un proceso bien controlado debiera ser similar a la temperatura de bulbo húmedo del aire que sale del secador),
3. el calentamiento del aire que se suministra al sistema incluyendo la humedad que lleva en si mismo,
4. la compensación de las pérdidas de calor del sistema.

Todos estos factores deben ser evaluados para determinar el consumo de vapor que se tendrá en el sistema para cada condición diferente.

Los factores que influyen la cantidad de agua que ingresa al sistema y que ha de ser eliminada, son diversos, y, de efecto definido apenas parcialmente, siendo los más importantes los siguientes:

1. tiempo de secado aplicado en las centrífugas,
2. tamaño y distribución del grano presente (un grano más pequeño tendrá mayor disponibilidad para aceptar agua superficial)
3. presencia de conglomerados y finos.

## **2. EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES ACTUALES DEL SISTEMA PRODUCTIVO**

### **2.1 Diagrama de operaciones de la producción de azúcar.**

Este diagrama muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones del proceso productivo, así como estándares asignados a cada actividad y los materiales utilizados en toda la etapa de fabricación, desde la llegada de la materia prima hasta el almacenaje. Se puede hacer mención de algunos pasos en la producción de azúcar con los siguientes pasos:

1. descarga de la caña
2. picado
3. extracción de jugo
4. pesado
5. sulfitación del jugo
6. alcalización del jugo
7. calentamiento del jugo
8. sedimentación de los flóculos formados en el calentamiento
9. evaporación en múltiple efecto
10. cristalización
11. separación de cristales
12. secado

13. envasado

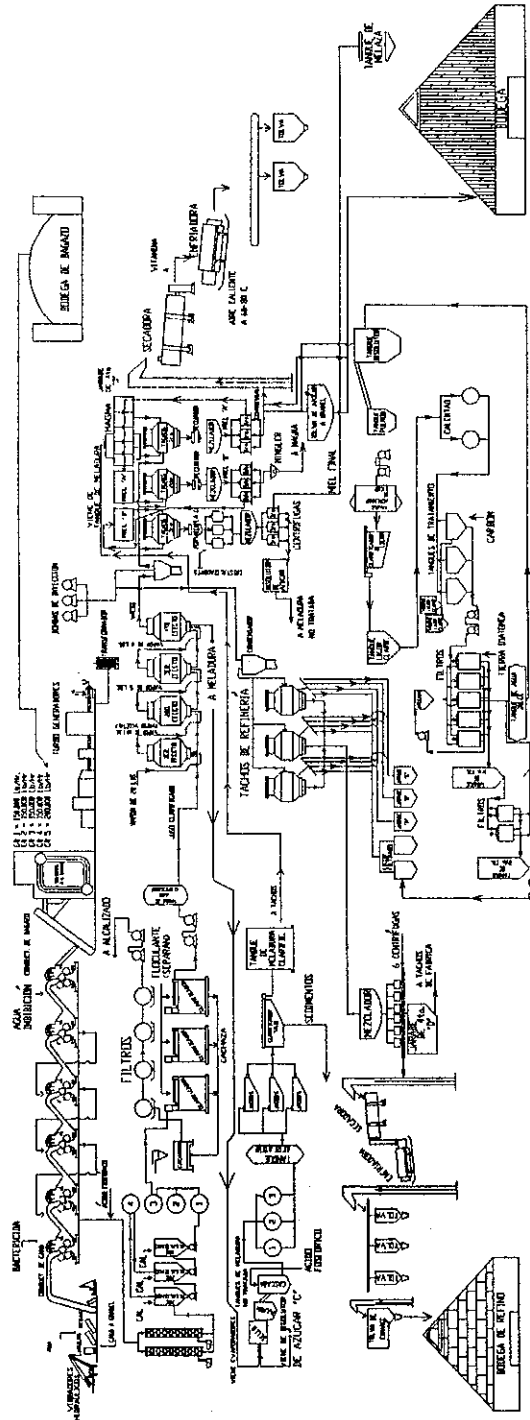
14. almacenamiento

Se utilizan líneas verticales para indicar el flujo o curso general del proceso para indicar la introducción de material comprado o elaborado durante otra parte del proceso. Este diagrama da una buena visualización del proceso productivo completo de un producto, ya que, muestra los puntos de operación.

El diagrama de operaciones del proceso ya terminado ayuda a promover y explicar un método determinado, ya que, presenta mucha información. La ejemplificación del diagrama de operaciones de la producción de azúcar que se esquematizará a continuación, no solamente muestra la línea que debe seguir la materia prima a lo largo del proceso sino, también, muestra cada uno de los equipos que siguen tal flujo (no tienen una escala real ya que sirve solamente por fines de diagramación).

Es sumamente complejo el sistema de producción ya que cuenta con múltiples variables que pueden cambiar, dependiendo del tipo de azúcar que se produzca, pero, de forma general y tomando como base un sistema de producción continua (un tipo de producto estandarizado con altos volúmenes de demanda) de tres masas y doble agotamiento, el diagrama sería el siguiente:

Figura No. 3  
 Diagrama de operaciones para la producción de azúcar



## **2.2 El proceso de fabricación de los tachos y su ambiente externo.**

### **Procedimiento de la cristalización.**

La cristalización de sacarosa se lleva a cabo únicamente si la solución que la contiene se encuentra sobresaturada y existen los medios para que el exceso de sacarosa solubilizada llegue y se deposite sobre la superficie de los cristales presentes, siendo la velocidad de crecimiento resultante, función, básicamente, de la sobresaturación del líquido madre, su pureza y la temperatura, bajo un esquema de deposición monomolecular.

### **Cocimiento en tachos.**

La operación de tachos al vacío es en el medio un proceso por lotes, en el que un producto de alta pureza (85% +/- 5%) es trabajado en dos o más etapas sucesivas para ir eliminándole sacarosa por un cambio de fase del líquido a un sólido cristalino.

El plan de tachos puede ser diverso pero en general establece cómo han de utilizarse todos los productos introducidos o generados dentro del proceso, así como las condiciones de calidad a las que se opera y genera cada uno de ellos. Un buen plan de tachos debe considerar, por lo menos, lo siguiente:

1. establecimiento de prioridades de proceso claras,
2. purezas meta de las masas y mieles (la proporción de componentes a utilizar se deduce de esto cada vez que se inicia la templa),

3. cantidad y tamaño de grano deseado al final de cada masa,.
4. grado de concentración o "apriete" deseado al final de cada masa,
5. tiempos de proceso esperados (totales y paso por paso),
6. niveles de materiales intermedios considerados como normales (tanto de mieles como de materiales con grano utilizados para semilla),
7. frecuencia de seguimiento de la operación y grado de alcance o predicción de este seguimiento,
8. establecimiento de las vías de acción para los casos eventuales en que ocurran desviaciones,
9. determinación de los puntos de ajuste al que se debe tender en todos los parámetros, especialmente vacíos, presiones de vapor, niveles de llenado, concentración de mieles y uso de agua para disoluciones o lavado dentro del tacho.

#### **Puntos de control de la planificación en los tachos.**

##### **a. Estabilidad.**

1. Consumo de vapor del conjunto de tachos.
2. Acumulación de materiales intermedios.
3. Continuidad de alimentación de mieles.
4. Concentración y temperatura de mieles alimentadas.
5. Sobresaturación mantenida.
6. Presión absoluta en el cuerpo.

**b. Estado del equipo.**

1. Presencia de fugas externas de materiales.
2. Fugas internas en calandrias y cuerpos.
3. Mezcla de mieles por desperfectos en tanques.
4. Entradas de aire a sistemas de vacío.
5. Ajuste de equipos de control automático.

**c. Operación.**

1. Condiciones de presión y temperatura en el cuerpo.
2. Condiciones de concentración y sobresaturación.
3. Condiciones de agotamiento de cada miel.
4. Detección de mezcla de mieles intermedias.
5. Medición de la velocidad de condensación en cada efecto a lo largo del tiempo de operación.
6. Condiciones del vapor alimentado (temperatura y presión).
7. Temperatura de las extracciones de gases incondensables.
8. Temperatura de condensados extraídos.
9. Investigación de presencia de azúcar en condensados.
10. Rendimiento de cristales por masa.
11. En la cristalización las impurezas del licor madre (esencialmente termófilas) son excluidas del cuerpo principal del cristal.
12. Cristales imperfectos y conglomerados podrían contener licor madre y, consecuentemente, impurezas biológicas.

**d. Limpieza.**

1. Velocidad de desarrollo de masas.
2. Presencia de granos de tamaño diverso.

**e. Condiciones de los materiales.**

1. Concentración y pureza de todos los materiales.
2. Análisis de condensados para detectar azúcar.
3. Rendimiento teórico de cristales.
4. Niveles altos de dextrana pueden crear cristales alargados, formación de falso grano, mala calidad de magma, baja eficiencia en cristalización, centrifugación, produciéndose mieles de alta pureza.
5. El 1% de dextrana puede duplicar la viscosidad de soluciones de azúcar y 6% puede incrementar la viscosidad 37 veces.

**f. Otros (no relacionados directamente con el proceso).**

1. Estado mecánico de los equipos de transferencia de calor.
2. Estado de equipos (vibración, temperatura, ruidos extraños, fugas de lubricantes o medios de enfriamiento).
3. Existencia de condiciones inseguras.



### **Factores que afectan.**

El resultado de la cristalización en si puede ser afectado por varios factores: los no azúcares coloidales (especialmente los de carga negativa) aparecen distribuidos, uniformemente, dentro de la estructura cristalina, los compuestos de caramelo, el calcio y sulfito también se encuentran dentro del cristal (el sodio y el sulfato no son apreciables en este punto). Sin embargo, el constituyente más importante presente en el interior del cristal de azúcar es el agua, la que bajo condiciones de gradientes de temperatura puede migrar por solución y recristalización y ser, en parte, el causante del endurecimiento del azúcar en almacenaje.

La estabilidad del proceso puede inducir, también, alteraciones adicionales sobre la superficie de los cristales como estrías, concavidades y montículos de nivel microscópico que afectan básicamente, la apariencia del sólido, factor de gran importancia para el consumidor minorista. Este tipo de alteraciones es casi siempre inducidas por procesos de redisolución que en las partes finales del proceso es difícilmente reparable (al inicio las imperfecciones son puntos de crecimiento más activos, que, por lo mismo, tienden a desaparecer).

### **Cristalización en movimiento.**

El proceso de cristalización a bajas purezas se encuentra limitado por dos factores primordiales: 1. la difusión de la sacarosa solubilizada y 2. la influencia de las impurezas que se han vuelto predominantes, siendo por esto como después del proceso en tachos se utiliza un proceso adicional llamado "cristalización en movimiento" en el que se

persigue dar el tiempo y las condiciones necesarias para conseguir un agotamiento completo de la miel final (líquido madre en las masas finales).

Los cristalizadores son equipos en los que se trata de obtener un tiempo mínimo de residencia de 24 horas (deseablemente pueden ser 36 horas) y durante ese tiempo, enfriar la masa para que al aumentar su sobresaturación por enfriamiento (de 1.10 a 1.25 al descargar el tacho, elevada a 1.30 a 1.50, al terminar de enfriar) se depositen cantidades adicionales de sacarosa y, posteriormente, calentarla (pero, no arriba del punto en que se vuelva subsaturada) para permitir en mejor forma la separación de la miel presente (en este punto es altamente deseable conseguir la mayor disminución de viscosidad posible).

En los cristalizadores, la viscosidad es un punto sumamente crítico en razón del efecto, tanto sobre la cristalización como sobre el flujo de la masa y es un elemento altamente dependiente de la concentración, la temperatura y la presencia de sustancias como gomas, pectinas, polisacáridos y sales inorgánicas.

#### **Ambiente externo.**

Es muy importante comprender que el azúcar no se hace en el ingenio, sino, en el campo, por lo que, prácticamente la labor de un ingenio azucarero se basa en extraer la mayor cantidad de azúcar de la caña, utilizando para ello el equipo mecánico necesario y los elementos químicos fundamentales para llevar a cabo dicha extracción.

Es importante conocer que un ingenio azucarero, en Guatemala, no trabaja 12 meses extrayendo azúcar, sino, 6 o hasta 7 meses. A esta temporada de extracción se le conoce como **zafra**. La zafra se inicia en el mes de noviembre y termina antes de que empiece el invierno.

Después de terminada la zafra, empieza el tiempo de **reparación**, que es el tiempo durante el cual se hacen las reparaciones respectivas a los equipos del ingenio que trabajaron durante la zafra.

El ambiente externo del proceso de los tachos no se limita únicamente a los equipos que están antes y después del proceso en esa área, sino, va más allá empezando con las labores que se ejecutan para el desarrollo del cultivo: estudios preliminares, adecuación de tierras, preparación de suelos, siembras, mantenimiento del cañal; luego sigue la producción, el corte, carga y transporte. El proceso de fabricación del azúcar lleva la caña cortada al patio en el cual se recibe, se lava y se prepara para la extracción en el molino. La finalidad de los molinos es conseguir la mayor separación posible de los dos elementos de la caña: 1. fibra y 2. jugo, luego, ese jugo pasa a los clarificadores, el jugo claro sigue a los evaporadores. Los tachos se utilizan para la cristalización y cocción de los productos de caña en ellos se producen y desarrollan los cristales (granos) de azúcar. Luego, los granos de azúcar pasan a los cristalizadores los cuales los retienen antes de pasar a las centrifugas, éstas se encargan de separar los cristales de la miel. Al azúcar que se destina al consumo local se le agrega Vitamina "A" y, luego, en la bodega, se verifica el peso por saco. La refinería es la parte de la fábrica donde se realiza la refinación del azúcar; para darse una idea general, el

color del azúcar antes de refinar es de alrededor de 250 unidades de color ICUMSA 4 (grado que refleja el color del azúcar) y el azúcar refina un promedio que no pasa de 35 unidades de color ICUMSA 4. En las calderas se genera todo el vapor necesario para el funcionamiento de las turbinas, los hornos son alimentados con bagazo.

En la cogeneración eléctrica se cuenta con dos turbogeneradores: 1. turbos de escape que trabaja a base de vapor y la energía generada es para uso del ingenio, y, 2. turbos de condensación que trabaja a través de combustible y la energía generada es para venta a la Empresa Eléctrica, esta energía debe entrar a un transformador de potencia que regula el voltaje con el voltaje de la red nacional para la distribución. Es importante mencionar que si no se conserva un voltaje promedio constante, la Empresa Eléctrica puede pagar la mitad de lo que se esté produciendo, menos un 15% del precio por no cumplir con lo establecido. Por ello es delicado este control para dar buen servicio y no perder.

Es un sistema complejo, pero, que va íntimamente interrelacionado y, por ello, no se puede saltar un paso o hacerlo de menos.

Otros factores que conforman en ambiente externo son los que no están ligados al proceso en si, sino, a situaciones externas a la empresa:

### **Situación tecnológica.**

En los últimos años, la industria azucarera, en su mayoría, se ha volcado a un proceso de actualización y desarrollo tecnológico, para ello, se ha necesitado una inversión fuerte en las diferentes áreas, dependiendo de los puntos débiles a atacar (pueden ser áreas de fábrica, áreas de cogeneración, de refinería, de molinos, etc.).

En los equipos, se ha dado una transición de equipos manuales a equipos digitales y computarizados. Esto ha implicado, también, capacitar al recurso humano, para que esté al día con los adelantos que exige la tecnología y la competitividad en la industria azucarera.

### **Situación económica.**

La situación económica de la industria azucarera se encuentra ligada, directamente, a los precios internacionales del azúcar y al movimiento interno de la economía nacional. Sin menospreciar el ingreso que tienen algunos ingenios por la cogeneración eléctrica.

### **Situación social.**

La proyección social de la industria azucarera puede tipificarse en cuatro áreas: salud, educación, vivienda y proyección comunitaria.

En el Área de salud, el trabajador y su familia recibe un subsidio para suplir sus necesidades en medicina y, a la vez, se cuenta con servicios médicos. Se ha iniciado, en muchos ingenios, programas

como: medicina ocupacional, seguridad e higiene industrial, servicios dentales, etc. También se promueve, en gran escala, las uniones solidaristas en las cuales, tanto, el patrono como el trabajador, tienen sus beneficios individuales.

En el Área de educación, se ha implementado, en muchos lugares, un programa de bolsa escolar, premio a la excelencia académica y becas como un apoyo a la educación de los hijos y los trabajadores. Además, se cuenta con el apoyo de instituciones como CONALFA para iniciar programas de alfabetización dirigido a los trabajadores permanentes y emigrantes, como apoyo para disminuir el alto grado de analfabetismo existente en el país.

En el Área de vivienda, se realizan coordinaciones respectivas con los proyectos habitacionales que impulsa FUNDAZÚCAR: para beneficiar a los trabajadores, previo a un estudio socioeconómico.

Finalmente, como proyección comunitaria, se realizan programas de beneficio a las comunidades aledañas a los ingenios, esto es: ayuda a las escuelas, vacunaciones, campañas de alfabetización, pláticas a los estudiantes de escuelas por parte de diferentes profesionales de la industria, igualmente, motivantes para un mejor futuro, etc.

#### **Productos que ofrece la industria azucarera:**

□ Mercado de exportación.

1. Azúcar refinada Tipo "A", es el azúcar de mayor calidad.

2. Azúcar cruda.
- Mercado interno.
3. Azúcar blanca standard o sulfitada.
4. Azúcar refinada local, esta azúcar es un poco más fina que la anterior e igualmente vitaminada.
5. Azúcar superior.
6. Azúcar morena.
7. Melaza, es materia prima para elaborar alcohol, rones y alimento para ganado.
8. Torta de cachaza para abonos orgánicos.
9. Energía eléctrica.

### **2.3 Diagrama de flujo del área de tachos**

Un diagrama de flujo es una representación visual de un proceso de trabajo que muestra la secuencia de pasos que se realizan desde el principio hasta el final. Es como un mapa de cómo uno llega de "aquí" hasta "allá".

Un diagrama de flujo puede ser utilizado para:

1. comunicar, visualmente, los pasos en un proceso de trabajo.
2. ayudar a un equipo a entender un proceso de trabajo.
3. encontrar los pasos que hacen falta o que sean innecesarios en un proceso de trabajo actual.

4. identificar pasos críticos en un proceso de trabajo.
5. describir los pasos deseados o ideales en un proceso de trabajo.
6. destacar las áreas donde se requiere más información.

### **Principio del diagrama de flujo.**

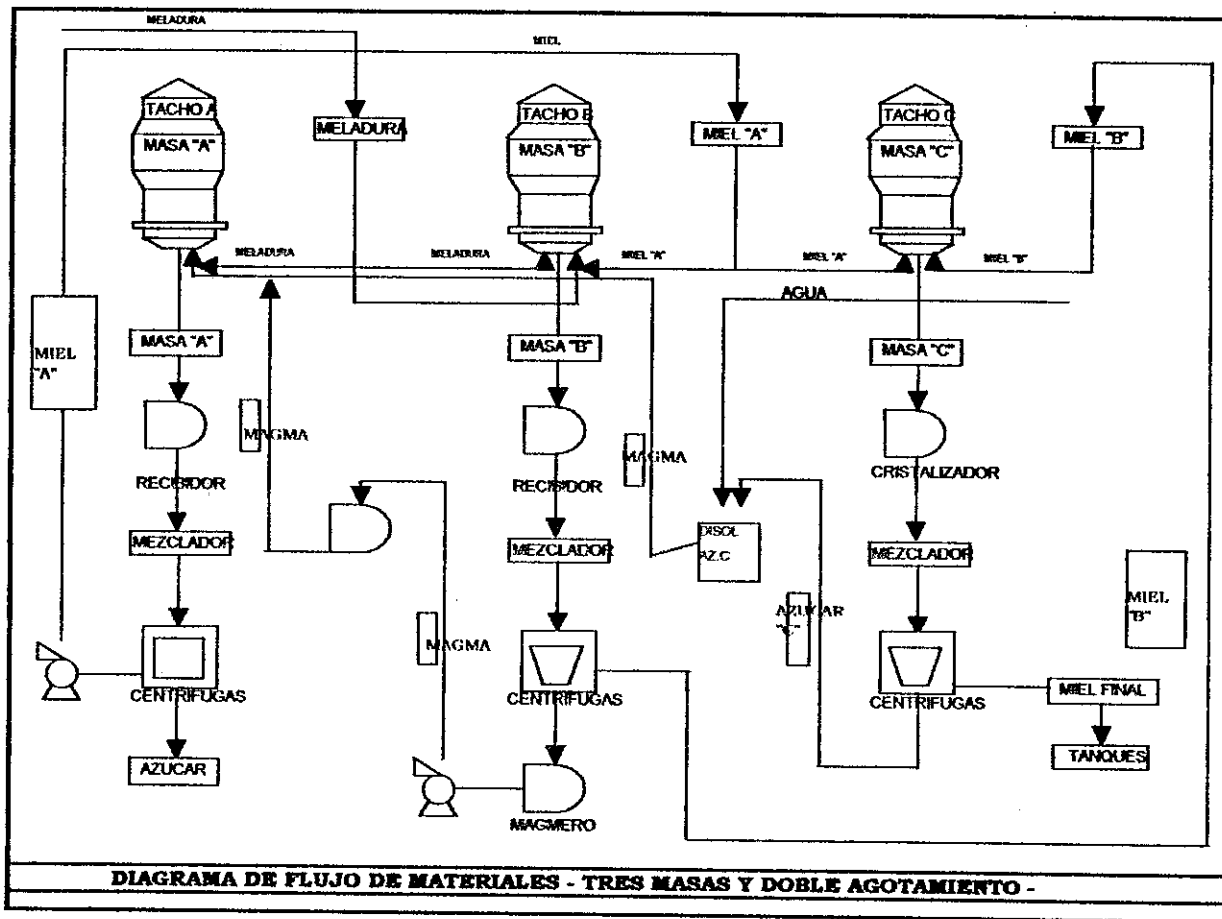
Antes de efectuar mejoras, debe entenderse qué es lo que se trata de mejorar.

### **Forma de desarrollar un diagrama de flujo.**

1. Definir, claramente, los límites del proceso de trabajo que se va a estudiar. Especificar los puntos de iniciación y terminación.
2. Decidir cuál nivel de detalle será apropiado. Es una buena idea empezar con cinco o siete pasos generales del proceso de trabajo y moverse hacia detalles más específicos dentro de cada uno de los pasos generales.
3. Diagramar los cinco o siete pasos que de manera más acertada representen el proceso. Diagramar los detalles de cada uno de los cinco o siete pasos generales.



**Figura No. 4**  
**Diagrama de flujo de materiales en el área de tachos (tres masas y doble agotamiento)**



## **2.4 Concepto de círculos de calidad y su aplicación en el proceso productivo.**

La filosofía fundamental del concepto del Círculo de calidad consiste en que los trabajadores tienen talento creativo y que no sólo pueden pensar, sino que, dada la oportunidad, pensarán y actuarán de una manera que es constructiva, tanto para ellos como para la empresa.

El concepto de Círculo de calidad se originó en el Japón como respuesta a esfuerzos llevado a cabo a nivel nacional para mejorar la calidad e imagen de los productos fabricados en el Japón, después de la Segunda Guerra Mundial. Los hombres de negocios hicieron un estudio intensivo de los conceptos norteamericanos de administración y control de calidad. En particular, el Dr. W. Edwards Deming, el eminente analista estadístico, fue la persona más influyente en cuanto a enseñarles a los japoneses los métodos de un control estadístico de la calidad. El aporte esencial e inicial vino de Estados Unidos, pero, el concepto se desarrolló en el Japón. Ahora, 25 años más tarde, el concepto de Círculo de calidad ha dado la vuelta y ha regresado a los Estados Unidos.

### **Círculo de calidad - ¿En qué consiste?**

Por definición, un Círculo de calidad consiste en un grupo de trabajadores que tiene un área de responsabilidad compartida y que se reúnen, voluntariamente, con regularidad para tratar, analizar y recomendar soluciones a problemas relacionados con el trabajo. El término "Círculo de calidad" es, en cierto sentido, inapropiado, puesto que en la aplicación misma los Círculos de calidad abarcan las ciencias del comportamiento, desarrollo de la organización, capacidades de dirección (gerencia) así como técnicas de estadísticas y control de calidad.

Para llevar a cabo la filosofía de Círculo de calidad, la gerencia tiene que proporcionar y fomentar el desarrollo y perfeccionamiento de

los empleados. Las reuniones de capacitación (entrenamiento) son conducidas por los líderes del Círculo y los miembros, típicamente, incluyen temas de la administración o dirección de negocios, desarrollo de la capacidad para dirigir grupos o liderazgo, técnicas de aprendizaje y enseñanza, comunicaciones, motivación, establecimiento de metas y proceso de funcionamiento en grupo. Además, se da énfasis a las técnicas para la recolección de datos, la solución de problemas, el establecimiento de prioridades, análisis y medición de datos, toma de decisiones y estadística práctica.

Las herramientas y técnicas especiales usadas por los Círculo de calidad para encontrar soluciones a problemas, constan de histogramas, gráficas, hojas de verificación, diagramas "Pareto" (que separan los pocos puntos de información, fundamentales, de los muchos triviales), diagramas de causa y efecto, diagramas de dispersión, cuadros de variables múltiples y cuadros de control. Estas clases de "herramientas" no son nuevas en cuanto a su aplicación respecto de la búsqueda de soluciones a problemas. Lo original de su uso en los Círculos de calidad reside en su aplicación por los trabajadores para resolver sus propios problemas con la ayuda de la gerencia. Cabe destacar que para desarrollar los Círculo de calidad no necesariamente hay que desarrollar todos, sino, dependiendo de las necesidades de la empresa se tomarán varias o todas las herramientas mencionadas.

La experiencia ha mostrado que el necesario cambio a menudo encuentra resistencia en la administración de nivel intermedio y los empleados recelosos del esfuerzo promotor del cambio. En vista de su

estructura y naturaleza, el procedimiento del Círculo de Calidad vence esta resistencia debido a que envuelve participación y desarrollo.

Mediante un amplio programa de entrenamiento, cada miembro de la organización viene a ser parte del esfuerzo promotor del cambio y, así, comprende lo que hay que hacer y cómo hacerlo. Los empleados están preparados para lograr saber lo que está pasando y lo que, probablemente, ocurra. Por eso, una vez establecido el sistema, sea un producto o proceso, una constante vigilancia por parte de los individuos que realizarán el trabajo asegurará su confiabilidad.

Para que los Círculos de calidad sean efectivos, la gerencia debe apoyarlos y comprometerse, totalmente, a la filosofía de estos Círculos de calidad. Debe haber un deseo sincero por parte de la administración para buscar el perfeccionamiento de los empleados. Asimismo, la administración debe estar dispuesta a fomentar una colaboración total por parte de los empleados. Y la gerencia debe estar dispuesta a reaccionar de manera positiva a las sugerencias.

Debe haber un deseo sincero por parte de la administración para buscar el perfeccionamiento de los empleados. Asimismo, la administración debe estar dispuesta a fomentar una colaboración total por parte de los empleados. Y la gerencia debe estar dispuesta a reaccionar de manera positiva a las sugerencias

## **¿Cómo funcionan los Círculos de calidad?**

En su aplicación, el proceso de Círculo de calidad, se dirige a una premisa fundamental de las ciencias del comportamiento: las soluciones a los problemas de productividad y calidad deben incluir la participación activa de los individuos que hacen el trabajo. Por consiguiente, los resultados provienen del consenso, no de coerción.

La estructura orgánica del Círculo de calidad constituye algo incorporado a la estructura administrativa existente. Con la excepción de la persona que actúa de "gestor" o, sea, la persona que organiza, adiestra y trabaja con los círculos, no se añaden puestos nuevos. La estructura existente permanece intacta, asimismo, la autoridad existente encargada de tomar decisiones.

1. La alta gerencia proporciona apoyo y compromiso total a los programas y es responsable de evaluar las más importantes recomendaciones del Círculo de calidad.
2. Un comité asesor compuesto de representantes de los varios departamentos de la compañía sirve como coordinador de los proyectos del círculo y analiza las recomendaciones.
3. La gerencia de nivel intermedio formula sugerencias y responde a las necesidades de los círculos en cuanto a la capacitación e información proporciona apoyo interrumpido.
4. El personal de apoyo técnico proporciona asistencia técnica y datos a los miembros del círculo para ayudarles a resolver sus problemas.
5. La persona que actúa de "gestor" y que facilita la acción de los círculos, juega papel clave en la capacitación de los líderes de los

círculos para que, éstos, puedan adiestrar a los miembros. Este mismo individuo coordina las actividades, ayuda a los miembros del círculo en comunicar los resultados de sus esfuerzos y, a la vez, sirve como identificador de dificultades.

6. Los líderes del círculo coordinan las reuniones y adiestran a los nuevos miembros.
7. Los miembros del círculo tienen responsabilidad por la identificación, selección y evaluación de problemas, asimismo, recomendaciones y la implantación de soluciones

Una opción para compañías grandes podrían incluir un comité de iniciativas compuesto de la alta gerencia y este comité establecería la política o normas a seguir y proporcionaría el apoyo total de la organización.

El proceso de la búsqueda de soluciones a problemas consta de varias etapas y participantes.

#### **Recomendaciones de problemas a resolver.**

Cualquier participante en la organización de control de calidad puede identificar y recomendar los problemas que se tienen que resolver.

#### **Selección de problemas.**

Los miembros del círculo son responsables de la selección de problemas.

Deciden cuáles son los problemas, a encarar y establece sus prioridades. Puesto que estos problemas repercuten en su propio trabajo, los miembros del círculo pueden identificar con facilidad los problemas y discernir las posibles causas y sus ramificaciones.

#### **Análisis de problemas.**

Con la colaboración del personal de apoyo técnico, los miembros del círculo analizarán los problemas. Se les enseña a los miembros del círculo las técnicas de resolver problemas, estadísticas y medición. La capacitación se dirige a una necesidad específica.

#### **Recomendaciones de soluciones.**

Los miembros del círculo recomendarán soluciones a los problemas y presentarán sus recomendaciones a los niveles apropiados de la administración o gerencia. En vista de que los círculos se componen de trabajadores con intereses en común, sus recomendaciones repercuten en los elementos de trabajo con los cuales tiene que tratar diariamente. La presentación de recomendaciones de visibilidad a los miembros del círculo, así como un modo para que ellos sean reconocidos.

#### **Evaluación de soluciones.**

Una vez que las soluciones hayan sido recomendadas, son analizadas y evaluadas por el comité asesor y la administración o

gerencia con la comunicación de los resultados a los miembros del círculo.

### **Decisión de poner en práctica o ejecución de la soluciones.**

La gerencia decide si se deben poner en práctica las soluciones recomendadas. Asimismo, se compromete a responder a las sugerencias cuando quiera ésta sea posible.

### **Puesta en práctica de las soluciones.**

Los miembros del círculo tienen responsabilidades por la puesta en práctica de las soluciones y pueden ser ayudados por otros participantes, según sea requerido. Los esfuerzos principales de un círculo involucran la medición del trabajo y rendimiento actual e iniciación y formulación del cambio.

### **Vigilancia de los resultados.**

Se reúnen los datos para justificar la causa y costo de los problemas. Todo cambio es vigilado y medido, constantemente, por el círculo mismo de calidad.

En cuanto a su aplicación, los círculos de calidad prestan atención a todo problema que les confronta a los trabajadores, en las reuniones del círculo pueden abarcar la seguridad, productividad, ausentismo y otros temas.



Puesto que los círculos tratan a fondo sus propios problemas, reúnen datos, determinan las causas y efectos y, delimitan y vigilan los costos, se posibilita la cuantificación de los resultados. Pueden medirse, por consiguiente, los estudios de actitudes, eficiencia del trabajo, ausentismo y rotación del personal, calidad y productividad.

### **¿Cómo se establece un Círculo de calidad?**

Existen seis fases del establecimiento y operación de un programa de Círculo de calidad. 1. La primera fase consiste en la presentación del concepto de Círculo de calidad a la gerencia. Se presentan estos conceptos y las técnicas requeridas para su subsiguiente puesta en práctica. Esta fase incluye una evaluación de la disposición de la organización hacia tales conceptos mediante la cuál :

- 1.1 se identifican las necesidades y deseos de la compañía,
  - 1.2 se dirige a los problemas y preguntas específicas de la compañía,
  - 1.3 se evalúa la aplicabilidad del procedimiento del círculo de calidad,
  - 1.4 se obtiene el compromiso por parte de la gerencia al programa.
2. La segunda fase comunica el compromiso de la gerencia a los empleados mediante seminarios en grupos y en todos los niveles de la compañía.
3. La tercera fase comprende la planificación y organización, se identifica a los individuos encargados de actuar como "gestores" así como voluntarios, líderes de los círculos y se inician las orientaciones en

las técnicas del círculo, destinadas a la organización, capacitación y mantenimiento de un círculo de calidad.

4. Durante la cuarta fase los líderes de círculo les presentan el programa a sus empleados y les piden a éstos que se ofrezcan como voluntarios para ser miembros del círculo. Se forman los primeros círculos y se comienza la capacitación de los miembros del círculo. Se establece el comité asesor.

5. La quinta fase representa la manera en que funciona el círculo. Los líderes familiarizan a los miembros del círculo con las técnicas del mismo.

Los miembros identifican e investigan los problemas. Sus conclusiones y recomendaciones son presentadas a la gerencia. Ahora, es operativo el proceso de Círculo de calidad.

6. La sexta fase sigue de cerca la actividad de los círculos, evalúa su efectividad y ofrece consejos, según sea necesario. Se puede ampliar el programa al agregar cuántos círculos sean apropiados.

**En resumen se puede decir:**

- El concepto de Círculos de calidad constituye una filosofía , la cual cuando se implanta , proporciona a la gerencia la oportunidad de mejorar la productividad de personal obrero. Requiere una reevaluación del modo de ser y actuar de la gerencia y el apoyo a una manera de actuar que reconoce la necesidad de involucrar todo el personal obrero

para tratar de alcanzar las compatibles o, sea, aquellas del empleado y de la administración,

- ponerse al día con los propios conceptos, los círculos de calidad restituyen al personal obrero una dimensión que en vista de la tendencia de la industrialización y automatización, les ha sido eliminada la oportunidad para que los trabajadores puedan pensar.

### **Principales técnicas usadas en el trabajo de los círculos de calidad.**

Técnicas básicas usadas en los Círculos de calidad especialmente, al recorrer el ciclo de la solución de problemas.

#### **Técnica de lluvia de ideas.**

El propósito de esta técnica es generar una cantidad de ideas usando el pensamiento divergente y estimulando la creatividad de los participantes en el círculo. Las reglas básicas que se siguen se pueden concentrar en los siguientes cuatro enunciados: 1. Todos deben participar, 2. no debe haber crítica, 3. hacer comentarios sobre las exposiciones y 4. quien lo desee ,en un momento dado, no interviene.

Los procedimientos fundamentales son:

- a. establecer un orden para las intervenciones,
- b. registrar las ideas en rotafolio,
- c. no debe censurarse ni interrumpir al expositor,
- d. las ideas se desarrollan partiendo de las ideas de los demás y
- e. el

proceso termina cuando se han generado ideas diferentes y relacionadas con el propósito o problema que se busca resolver.

### **Selección de problema.**

El propósito de esta técnica es seleccionar un área de problemas que preocupe a la mayoría de los miembros del círculo, a la vez que se clasifican los problemas en un orden y se usa el pensamiento divergente.

Las reglas empleadas son las mismas que en la lluvia de ideas. El procedimiento empleado se concreta en los siguientes puntos:

1. el grupo clasifica los problemas asignándoles un peso o puntaje a cada problema de la lista, según el criterio individual de cada participante, 2. luego, cada uno de ellos lee en voz alta su ponderación y los resultados se registran en un rotafolio. 3. A continuación se suman los puntajes y según los resultados, el grupo decide si el problema esta seleccionado, por el contrario, se requiere repetir las ponderaciones tomando en cuenta los problemas con mayor puntaje. 4. El área de problemas que recibe mayor numero de puntos es la seleccionada.

### **Diagrama de causa y efecto.**

El propósito de esta técnica es representar, visualmente, usando categorías específicas, las causas más probables del problema. Además de esta ayuda visual del problema, se usa el pensamiento divergente.

Las reglas fundamentales son:

- cualquier cosa que, potencialmente, puede producir el efecto o reproducir el problema, se considera una causa probable y en la medida de lo posible el efecto o problema o proceso mensurable,
- el procedimiento básico es el uso de la lluvia de ideas para generar causas probables, registrando las mismas en un rotafolio y, finalmente, diseñar el diagrama causa efecto.

#### **Recopilación de datos.**

El propósito de esta técnica, además de exponer los problemas reales y eliminar los intuitos, es establecer medidas confiables y válidas para determinar las causas de los problemas.

Una de sus reglas básicas es que los datos deben ser completos y la información, especialmente las mediciones, tienen que ser exactas. En general, se siguen empleando las reglas de lluvia de ideas.

Los procedimientos más usados son los siguientes:

1. registros de las mediciones, 2. tabulación de frecuencias, 3. diagramas de localización e informes de gestión. Estos datos se trabajan bajo normas estadísticas para darle confiabilidad a la muestra y, finalmente, los datos se organizan y registran.

## **Análisis de Pareto.**

El diagrama de Pareto dentro de sus propósitos persigue a números y porcentajes. El diagrama de Pareto dentro de sus propósitos persigue presentar en forma obvia al observador todas las causas subdividiéndolas en "Poco Vitales" y los "Mucho Vitales". A su vez, sirve de criterio para uno de los pasos del proceso de solución de problemas, como lo es la generación de ideas para resolver el mismo. Otro propósito es estimular el pensamiento convergente.

El procedimiento a seguir es el siguiente: 1. Usando una hoja de trabajo donde se lleven las causas potenciales, sus datos numéricos, sus porcentajes y la frecuencia acumulada, las mismas se listan en un orden de importancia, siguiendo la trayectoria descendente. 2. Después de listadas las causas más importantes las de menor importancia se listan bajo el subtítulo "otras". La última columna de la hoja de trabajo, la frecuencia acumulada mostrará en forma evidente las causas más importantes, tomando como punto de partida el 80 % hacia arriba.

3. Para construir el diagrama se coloca en el eje de las X las causas identificadas en la primera columna de la hoja de trabajo, en el eje de las Y se representan los porcentajes acumulativos o frecuencias relativas acumuladas.

## **Gráficas e histogramas.**

El propósito de esta técnica es clasificar los datos complejos de una manera significativa, a la vez, permite decidir qué presentación

visual se adapta más a los datos del problema, tales como: líneas, barras, pastel o circular, columnas de superficie, diagramas de flujo, Gantt, Pert etc. asimismo, es una técnica que estimula el pensamiento convergente.

Los participantes de los círculos seleccionarán la presentación más conveniente para manejar sus datos utilizando los siguientes criterios: número de variables a comparar . Facilidad para leer el formato, tiempo de la presentación, costos, etc. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que los datos porcentualizados se ven mejor en gráficas circulares; los diagramas de flujo representan mejor los procesos paso por paso; el diagrama Pert visualiza mejor la planeación y control, los histogramas se centran en la frecuencia de ocurrencia en un orden establecido y los organigramas representan mejor la organización.

### **Técnica del grupo nominal.**

El propósito del TGN es practicar el pensamiento divergente y la creatividad para generar gran cantidad de ideas, que de otra manera permanecerían ocultas, además, se debe lograr todo esto en un ambiente propicio alejado del ruido o de factores que puedan causar confusión.

Las reglas a utilizar son las mismas que en la lluvia de ideas.

El procedimiento que se sigue se inicia con una descripción breve del objetivo de la actividad, a continuación los participantes usando

tarjetas, registran sus propias ideas en las mismas, teniendo cuidado de usar una tarjeta por idea. El líder del círculo debe estimular a los miembros para expresar sus ideas en forma breve, luego, en un rotafolio. Hecho esto, cada idea se discute por separado. Al mismo tiempo, cada participante va ponderando las ideas según su criterio y finalmente las ordena, según su importancia.

Discutidas todas las ideas, cada uno de los participantes lee sus ponderaciones y siendo el mayor un indicador del consenso del grupo. Se puede usar una segunda ronda de ordenación para llegar a un consenso final.

El nombre de esta técnica deriva a que se llegó al consenso por un trabajo individual dentro de un grupo.

### **Diagrama por qué por qué.**

El propósito es identificar las causas de un problema usando el pensamiento divergente.

La regla fundamental es usar la lluvia de ideas para determinar las causas. El procedimiento consiste en preguntarse por qué en cada paso divergente del análisis. Las respuestas al por qué son las causas probables al problema y el diagrama se va construyendo a manera del árbol. Así mismo, se requiere de un proceso convergente similar al de la selección de problemas para determinar las causas más importantes.



### **Diagramas cómo cadena medios-fina**

El propósito de esta técnica es permitir a los participantes la exploración en forma creativa de las soluciones alternativas a un problema y evitar el camino de la solución obvia. Se usa la técnica divergente. El procedimiento es similar al anterior, sólo que la pregunta acá es cómo y se formula a cada solución propuesta. Al final se listan las ventajas y desventajas, las probabilidades de éxito y los costos asociados a cada opción; todo esto permite facilitar el proceso de selección.

### **Análisis del campo de fuerza.**

El propósito de esta técnica es presentar los pro y los contra relativos a una solución u ocurrencia. De igual modo ayuda a desarrollar una estrategia que corrija una solución para tomar en cuenta estas fuerzas. Usa la técnica del pensamiento convergente. El procedimiento consiste en hacer una lista de todos los factores a favor y otra de los factores en contra y ponderarlos de acuerdo a su importancia. A tal fin cada miembro del círculo identifica tantas fuerzas como sea posible; para luego, ordenarlas y por consenso obtener el peso relativo a cada una. Finalmente, se construye el diagrama usando flechas cuya longitud es proporcional a los pesos de cada factor.

### **Técnica de estratificación.**

El propósito de esta técnica es ayudar a la solución de problemas cuando se aplica a tres áreas principales: 1. Recopilación de datos, 2.

Análisis de datos, muestras y 3. pruebas. Al mismo tiempo, permite dividir o clasificar los datos en grupo, relacionados para su estudio por separado. Esta técnica usa el pensamiento convergente.

La estratificación es importante para los análisis de datos a través de gráficas y diagramas.

Las reglas prescriben mantener separados los datos de fuentes separadas, estratificar los datos por trabajador, máquinas, equipos, procesos, etc. Es hacer notar que si los datos no están estratificados en grupos separados antes de representarlos en tablas o gráficas resultará difícil ver las tendencias o anomalías.

El procedimiento es sumamente sencillo, pues, después de recopilar los datos estratifica por lotes y éstos se representan en forma separada por su análisis.

### **Gráficas de Control**

El propósito de ésta técnica es proporcionar a los miembros de círculo, insumos para elaborar gráficas estadísticas que permitan optimizar un control; pues, indica con claridad cuándo el proceso está fuera de control y cuando los ajustes están organizados. Esta técnica también indica la tendencia que puede causar bajos rendimientos o problemas futuros, así como las correcciones excesivas a un proceso o desgaste de herramientas o máquinas.

El procedimiento adecuado para usar esta técnica, eficazmente, comienza seleccionando el tipo de gráfica de control que mejor represente la situación que se estudia; así, hay tablas para atributos que indican lo defectuoso de lo que no lo es, y, tablas variables donde se llevan mediciones y rangos distintos.

La secuencia lógica de este procedimiento es recoger los datos y analizar los datos para determinar los límites de control, elaborar la gráfica que refleje esos límites de control, representar en la gráfica los datos recabados y analizar el resultado identificando lo que está bajo o fuera de control.

#### **Análisis del valor.**

El objetivo de esta técnica es proporcionar a los participantes del círculo, un medio para analizar un producto que satisface los requisitos funcionales en términos de calidad, costo y oportunidad de tiempo y lugar.

También tiene como propósito maximizar las ganancias sobre el producto.

El procedimiento usado para aplicar esta técnica comienza con un análisis de costo, a tal fin se diferencian distintos tipos de costo y, luego, se determinan los costos por unidad, elementos, incrementos por año, por kilo y, en general, por cualquier propiedad o característica. En seguida se evalúan los costos de calidad, incluyendo en esta valoración

factores de prevención, valoración, fallas internas y externas. Luego, se evalúan por comparación.

Así mismo se realiza un análisis de funciones del producto, es decir qué hace en vez de qué es. Se incluyen funciones de uso y otras, por ejemplo: la función de un automóvil es el transporte, en otras incluye el estatus que ofrece.

Luego se determinan las oportunidades. Se señalan las áreas de costos altos y las funciones se evalúan para determinar qué será necesario para que el trabajo se haga.

## **2.5 Análisis del recurso humano.**

### **2.5.1 Proceso de desarrollo del recurso humano.**

La productividad está ligada a la eficiencia de la mano de obra.

Como base del programa de desarrollo del recurso humano se han diseñado acciones tendientes a mejorar lo siguiente:

- a) producir la integración del trabajador a la empresa y su sentido de pertenencia,
- b) llenar los vacíos de conocimiento, habilidades y demás requisitos en el óptimo desempeño de sus cargos, mediante un balance trabajador vs. perfil del cargo,

- c) desarrollar potencialidades que le permitan al trabajador encontrar una carrera dentro de la empresa,
- d) recuperar la información técnica de todos los cargos permitiendo calidad en su desempeño; mediante el diseño de fichas técnicas y didácticas para autocapacitación y adiestramiento de nuevos trabajadores.

La industria azucarera fundamenta su futuro empresarial en el desempeño, la lealtad, la cooperación y capacidad técnica e intelectual de sus colaboradores, es por ello que viene realizando grandes esfuerzos en su formación integral y en la adopción de estrategias que permitan su desarrollo como trabajador y como persona.

Una política para incrementar la productividad del trabajador ha sido el mejoramiento continuo de los conocimientos, habilidades, destrezas y potencialidades preparándolo para asumir cargos de mayor responsabilidad en la medida en que la evolución de la organización lo requiera.

En las organizaciones se presentan, frecuentemente, situaciones en las que los lineamientos del área administrativa no están en total concordancia con los objetivos trazados por las áreas productivas. La industria azucarera, a través de procesos de desarrollo Organizacional, ha logrado establecer total unidad de criterio entre estos dos estamentos de la industria y unido a ello, ha clarificado y afianzado el concepto referente a los resultados finales, entendidos como responsabilidad de todos. Para consolidar este enfoque la administración desarrolla sus

programas con los trabajadores y no para ellos, logrando su total participación y efectividad de la implementación de los mismos.

Todo el proceso tiene como elemento fundamental el hombre y todos los esfuerzos y recursos están dirigidos a obtener desarrollo integral preparándolo para un cambio de actitud hacia el trabajo y hacia la calidad, entendiéndola como una filosofía de vida.

Se considera que este proceso proporcionará las bases conceptuales y técnicas para asumir el ineludible compromiso del trabajo en calidad total.

#### **Diagnóstico del proceso de planeación estratégica del área de tachos.**

Al efectuar el diagnóstico enmarcado dentro del proceso de planeación estratégica del área de tachos se apreciaron situaciones que contribuían a los deficientes resultados en los campos administrativos y técnicos; algunos de los aspectos más relevantes descritos por los Jefes de las diferentes áreas de la empresa, se podrían resumir en los siguientes términos.

1. deficiente nivel educativo del personal y falta de motivación,
2. falta de estímulos para la formación administrativa,
3. deficiencia en los sistemas de información y comunicaciones,
4. falta de claridad en las responsabilidades de los cargos y en la definición de los niveles de desempeño,

5. inadecuado sistema de toma de decisiones,
6. ausencia del control presupuestal.

De las conclusiones más importantes del Análisis situacional efectuado, se destacará

1. la empresa marchaba al ritmo de factores externos y no al ritmo de un proceso planificado de crecimiento y progreso,
2. el enfoque administrativo expresaba y demostraba orientación hacia la producción de resultados por áreas, sin dirección definida hacia los resultados de la empresa,
3. era notoria la falta de procesos administrativos de organización, planeación, comunicación dirección y control en dicha área,
4. no existía una clara estructura de información y comunicaciones, prevalecían los medios informales,
5. el bajo nivel de escolaridad no permitía la realización de programas de entrenamiento técnico básico y especializado,

#### **El de recurso humano.**

Al efectuar el diagnóstico inicial de Proceso de eficiencia administrativa se decretaron falencias del recurso humano en el aspecto de desempeño, falta de compromiso y sentido de pertenencia a la organización e inadecuados mecanismos de selección y promoción.

Estos antecedentes exigieron realizar un análisis detallado e integral de la situación del Recurso Humano de la industria a fin de identificar las necesidades deficiencias y potencialidades.

En términos generales, los resultados reflejaron problemas de alcoholismo y bajo desempeño en la ejecución de sus funciones.

En la mayoría de empresas que pertenecen a la industria azucarera, la filosofía de administración del Recurso Humano (incluyendo al personal operativo del área de tachos) está basado en 9 premisas o preceptos, los cuales rigen todas las políticas en la formación integral del trabajador:

1. el principal patrimonio es el trabajador,
2. el Desarrollo Integral trae como consecuencia el desarrollo de la Organización,
3. el Desarrollo integral del trabajador implica claridad en las políticas de:

- seguridad industrial,
- trabajo social,
- comunicación,
- selección de personal y promociones,
- salarios y presupuestos,
- recreación y deportes,
- capacitación,
- relaciones obrero-patronales.

4. toda implementación de filosofías administrativas exige, antes, crear el ambiente laboral adecuado,



5. no existen escuelas (teorías) administrativas que no sirvan, se ha fracasado muchas veces por los sistemas de implementación,
6. toda tecnología exige el adiestramiento y la capacitación de los trabajadores incluyendo; aquellos que no tienen que ver directamente con su manejo,
7. en la planeación de la producción, la mayor improvisación se tiene en el recurso humano.
8. toda teoría administrativa debe estar basada en la justicia que no es más que el respeto de los derechos de los trabajadores y la firme exigencia del cumplimiento de los deberes por parte de ellos,
9. finalmente, se busca como, la realización del trabajador en la empresa, basada en el principio de mejorar sus oportunidades dentro de la organización, mediante la igualdad de éstas para el desarrollo de sus capacidades en la búsqueda de darle satisfacción a sus intereses y necesidades.

Como mecanismo para el Desarrollo integral del trabajador, se pueden adoptar las siguientes estrategias dentro de cualquier área de la industria:

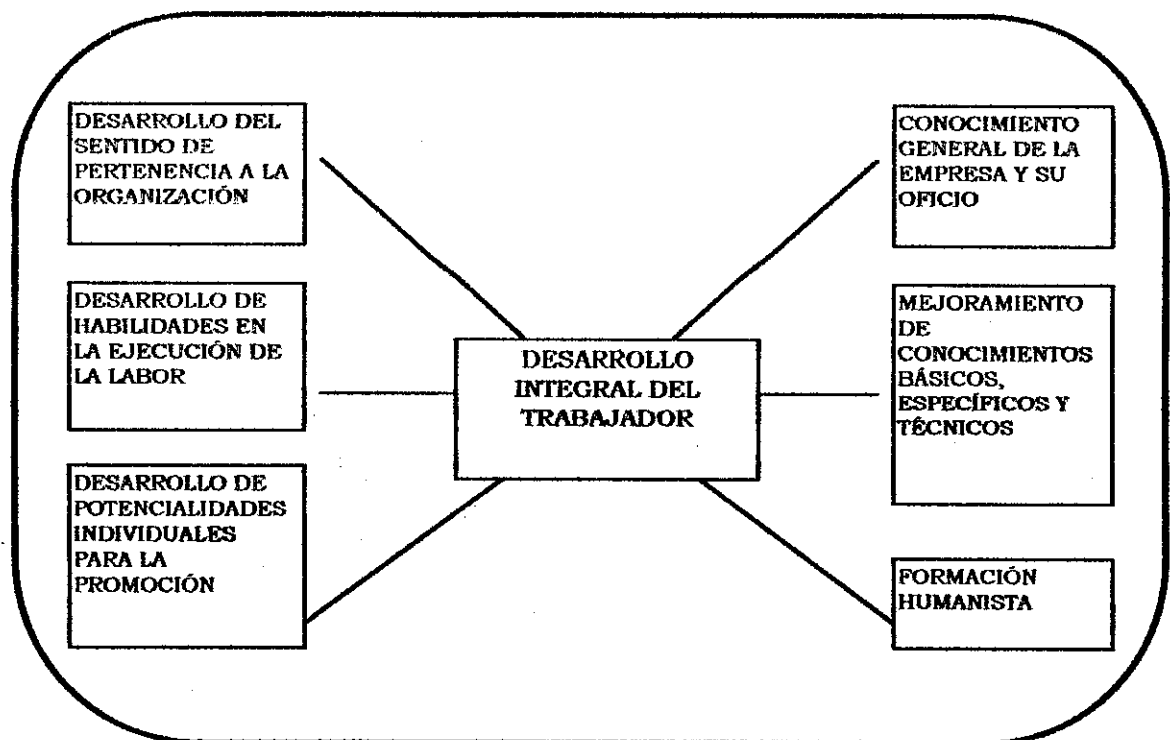
1. programas de inducción y reinducción para todos sus trabajadores, promoviendo el conocimiento general de la empresa y su puesto de trabajo, a fin de desarrollar y fortalecer el sentido de pertenencia a la organización e integrar al trabajador a la empresa,
2. estructuración de los programas de formación básica y formación media, dirigidos al mejoramiento de los conocimientos básicos

específicos y técnicos, tendientes al desarrollo de habilidades en la ejecución de la labor,

3. programas de formación humanista al trabajador, resaltando los valores humanos, la ética y el compromiso del trabajador con su familia, su empresa y su comunidad, mediante la creación de mecanismo de las potencialidades individuales para la promoción.

El esquema representado en la figura No. 5 nos ilustra la interrelación de los diferentes factores que contribuyen al desarrollo integral del trabajador.

**Figura No 5**  
**Desarrollo integral del trabajador**

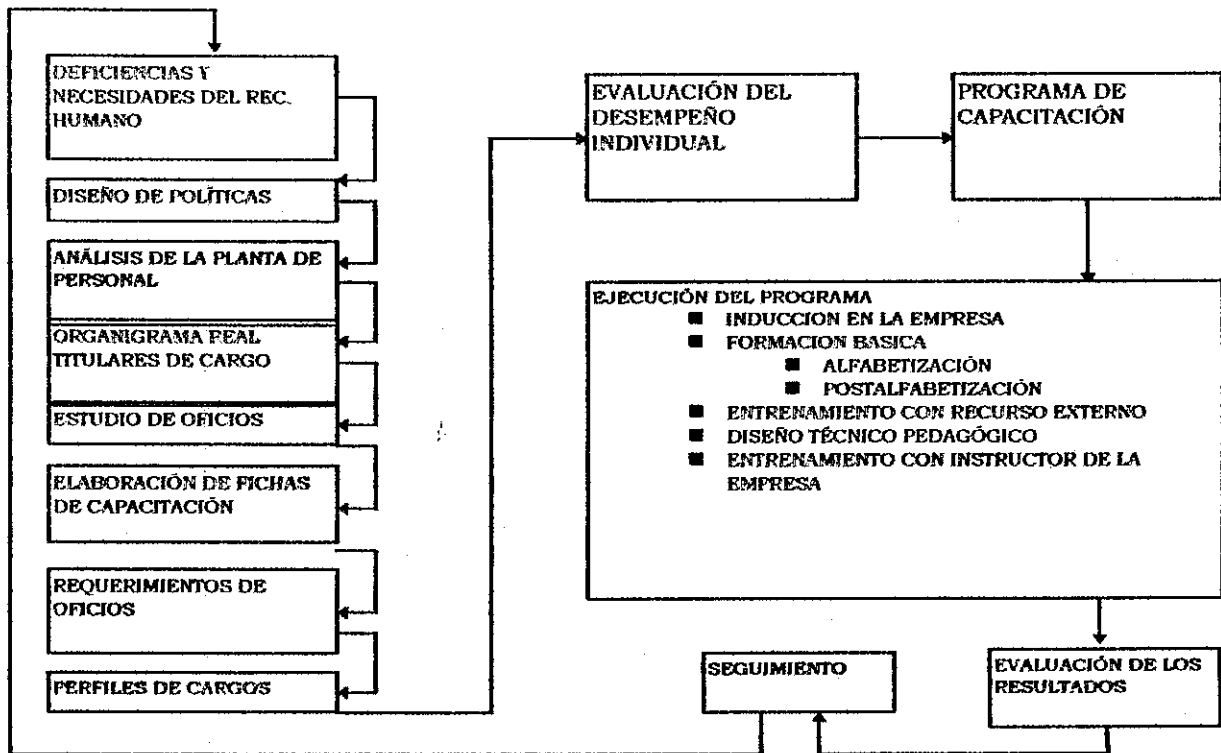


En la figura No. 6 se reflejan las etapas del proceso implementado en varias empresas que pertenecen a la industria azucarera y que materializan las estrategias descritas anteriormente.

1. Inventario de deficiencias y necesidades desde el punto de vista académico y de ejecución del trabajo.
2. Diseño y difusión de políticas.
3. Revisión de la estructura organizacional en función de la planta de personal y organigrama real con los titulares de los cargos.
4. Análisis del trabajo, labor realizada en cada uno de los cargos de la empresa.
5. Elaboración de las fichas de capacitación, a fin de constituir la base de datos inicial de los trabajadores, involucrando su localización en la empresa, su formación básica, específica y técnica, lo mismo que su experiencia en la empresa y fuera de ella.
6. Estructuración de los perfiles operacionales de los cargos, registrando cada una de las operaciones ejecutables susceptibles de entrenamiento, al igual que los requerimientos en términos de conocimientos básicos y las habilidades exigidas en el campo técnico, conceptual y social.
7. La evaluación del desempeño individual, mediante la comparación entre el perfil operacional y el nivel actual de ejecución de la labor, utilizando la escala de calificación tradicional de (1 a 5).
8. Como resultado de comparar el desempeño del trabajador respecto del perfil de su puesto de trabajo, se establecieron las deficiencias en los términos de conocimientos, habilidades y destrezas de cada uno de

los trabajadores, permitiendo estructurar un programa de entrenamientos básico y especializado a corto, mediano y largo plazo.

**Figura No. 6**  
**Etapas del proceso para el desarrollo del recurso humano**



Debido al alto volumen de información a manejar, se debería diseñar un software que permita administrar el Programa de Capacitación, con opciones de listado por requerimientos de formación grupales o individuales.

Uno de los resultados más significativos del proceso, puede ser la elaboración de las fichas técnicas de cada uno de los cargos a nivel operativo y de supervisión de la industria, describiendo en ellas todos

los elementos que se involucran en la ejecución de una labor y el nivel actual de desempeño en ellos.

### **2.5.2 Solución participativa de problemas de relaciones laborales.**

Esta actividad tiene como finalidad, desarrollar la metodología de la solución de los problemas de una manera directa por los trabajadores en coordinación con sus supervisores, permitiendo que el trabajo sea más confiable y seguro, más sencillo y más productivo. Esta metodología se conoce como solución participativa de problemas y reconoce tanto el interés y entusiasmo como los conocimientos, habilidades y capacidad creadora del trabajador lo que le permite introducir mejoras en su propio trabajo.

La solución participativa de problemas consiste en una actividad permanente que le permite al trabajador aprender haciendo, dándole la oportunidad de compenetrarse, mayormente, en su trabajo, de comprender mejor qué hace, porqué lo hace y cuáles son los resultados de su acción, lo cual enriquece su trabajo ayudándole a superarse al permitirle estudiar aspectos que, normalmente, no conoce y consecuentemente su trabajo le dará mayor satisfacción y, por ende, se evitará desperdicios, retrabajos, rechazos, descomposturas de equipos, mala operación de equipos, interrupciones en la producción, suciedad, contaminaciones, riesgos y otras muchas situaciones desagradables.

La Solución participativa de problemas requiere del empleo de una serie de conceptos y técnicas que constituyen los temas que se tratan dentro de la filosofía de Calidad total, éstos son:

1. recolección de datos,
2. análisis de los registros de producción,
3. la tormenta de ideas,
4. el principio de pareto,
5. el diagrama ishikawa,
6. histograma de frecuencias,
7. concepto moderno de control,
8. gráficas,
9. presentación de resultados.

Esta actividad se empieza desde la formación del Círculo de calidad para el área de tachos y conforme sea la evolución de los diferentes pasos o técnicas desarrolladas se enriquecerá aún mas la participación y el desenvolvimiento de todos sus integrantes.

#### **Beneficios esperados.**

De acuerdo con los objetivos de la empresa y de la sección de tachos, señalados, el primer beneficio lo constituye un auténtico desarrollo de los trabajadores que efectivamente aumente sus capacidades de realización y aumentando sus conocimientos, desarrollando sus habilidades y mejorando sus actitudes que le permitan su autorealización y lo hagan acreedor de mayores oportunidades de progreso.

Este asunto cobra mayor interés en el momento presente, dada la necesidad de competir, internacionalmente, lo cual exige contar con trabajadores mejor capacitados, pues, en el pasado mucho se ha

gastado, en tiempo y en dinero, dando capacitación a personas que no quieren capacitarse, resultando todo en esfuerzos inútiles.

## **2.6 Análisis del proceso de producción**

La misión del análisis del proceso de producción servirá para la resolución de problemas.

Estudios realizados dentro de la actividad azucarera han permitido llegar a la conclusión de que del total de los errores, omisiones y demás problemas que causan retrasos en la producción, desperdicios, retrabajos, etc., solamente el 30% tiene su origen en razones técnicas. El 70% restante se debe a deficiente comunicación e insuficiente motivación. Esto es, a que las personas no entendieron bien qué es lo que se debía hacer o cómo debería hacerse o para cuando se necesitaba: **problema de comunicación** o, bien, a que las personas no pusieron debida atención a lo que estaban haciendo o dándose cuenta de que no había quedado suficientemente bien, pensaron "ahí se va" o "que vea el siguiente turno cómo sale" y no lo arreglaron o no lo repitieron o reportaron: **problema de motivación**.

Cada zafra en la sección de TACHOS una multiplicidad de problemas, de los cuales, el que merece atención inmediata, es el tiempo retenido acumulativo entre turno y turno, es decir, la entrega y recibo de turnos.

Se debe aclarar que todos los problemas, en su mayoría, se deben, a causas externas a la sección de tachos, pero, que conllevan a un

arrastre inevitable a todo lo largo del turno y del día. Haciendo conciencia, también debe decirse que las causas provocadas por el comportamiento y actitudes corresponden al recurso humano.

Las estadísticas determinan que durante las 24 horas de operación de la fábrica, se retiene o atrasa un equivalente a 180 minutos (3 horas). Es decir, que cada vez que va a finalizar un turno, media hora antes o media hora después, aparece este problema. Al problema se le llamará "**Retraso en el área de tachos**", pero, por medio de diferentes herramientas de técnicas como Calidad total y Replanteamiento de problemas, se tratará de reducir para optimizar el proceso productivo.

#### **2.6.1 Problemas existentes.**

La productividad está íntimamente ligada a la eficiencia y eficacia de la mano de obra. La industria azucarera fundamenta su futuro empresarial en el desempeño, la lealtad, la cooperación y capacidad técnica e intelectual de sus colaboradores, es por eso que viene realizando grandes esfuerzos en su formación integral y en la adopción de estrategias que permitan su desarrollo como trabajador y como persona.

Una política en la empresa ha sido incrementar la productividad del trabajador mediante el mejoramiento continuo de los conocimientos, habilidades, destrezas y potencialidades preparándolo para asumir cargos de mayor responsabilidad en la medida en que la evolución de la organización lo requiera.



Todos los problemas que se han dado en el proceso productivo se derivan tanto por razones técnicas como por causa del elemento humano. Estos problemas causan tiempos retenidos que reducen el rendimiento de la industria en general, pero, a lo largo del tiempo se ha ensayado la mejora continua de los equipos así como su automatización y diferentes sistemas de motivación, desde los sistemas de incentivos financieros directos hasta los programas de calidad total con resultados algunas veces alagueños, y, otras veces desastrosos, incluyendo muchos que pasaron sin pena ni gloria, sin contribuir ni para bien ni para mal; sin embargo, de una manera u otra estos intentos dejaron la experiencia respecto de cuáles son las características del comportamiento de la gente y cuales son los elementos que efectivamente lo motivan. Se ha tenido, también, la experiencia de lo fácil que es caer en el error de confundir el hacer con el lograr y pensar que un período de zafra es bueno solamente porque se hacen muchas y bonitas cosas, se premia gente, se alcanzan metas y se rebasan, pero, los famosos buenos resultados no se reflejan en los libros contables, ya que los desperdicios, retrabajos, devoluciones y otros costos de calidad y demás índices de productividad permanecen sensiblemente iguales, lo cual quiere decir que refleja engaño, pues, no se logran los buenos objetivos de la zafra.

En la actualidad, se sabe que los resultados de este tipo de acciones deben medirse, cuantitativamente, y, reflejarse en las cifras de operación de la empresa.

En la industria del azúcar, en forma, general existes varios departamentos, por ejemplo:

- patio de caña, molinos, calderas, cogeneración, fabricación, refinaria, etc. Cada uno de ellos se subdivide en secciones y cada uno tiene sus funciones inherentes.

- El área que se realizará el estudio es la sección de TACHOS del departamento de Fabricación. La función de los tachos es hacer el "Grano", es decir, desarrollar el producto que se llama "masa", que al contemplar el volumen de operación del tacho se denomina "Templa".

Esta masa pasa por unos recipientes llamados recibidores, mezcladores y, luego, a las centrifugas, donde mediante el proceso de centrifugación es separado el grano de la miel que lleva la masa. Cada una de estas masas, rinde aprox. de 600 a 700 qq de azúcar.

Cada templa con un volumen de 1800 pie<sup>3</sup> de masa, tiene un tiempo de cocción en el tacho de aprox. 2 horas con 30 minutos; al final de este tiempo, se le dá a la masa el apriete para un brix de 92 a 93 grados; con esta concentración ya puede ser descargada del tacho.

En esta sección se cuenta con varios tachos, dos operadores, dos canaleros y un tanquero por tacho.

Si se cuantifica las pérdidas que tuvo la empresa en la zafra pasada por todos los problemas que estuvieron presentes en varias áreas, pero en especial en la sección de tachos se tiene lo siguiente:

DATOS DE ZAFRA 96-97		
1	Número de días de zafra	160
2	Número de días sin operar	20
3	Días efectivos de fabricación	140
4	Tiempo de desarrollo de una templa	2 Hrs. 30 Min. = 150 Min.
5	Altura promedio de una templa	1800 pie <sup>3</sup>
6	Cantidad de azúcar por templa	700 (qq)
7	Tiempo de retraso por día	3 Hrs. = 180 Min.

POR QUINTALES RETENIDOS:

$$\frac{3 \text{ Horas retrasos}}{\cancel{\text{Día}}} * \frac{140 \cancel{\text{Días}}}{\text{Zafra}} = \frac{420 \text{ Hrs. de retrasos}}{\text{Zafra}}$$

$$\frac{420 \text{ Hrs. de retrasos}}{\text{Zafra}} * \frac{\cancel{\text{Día}}}{24 \cancel{\text{Hrs.}}} = \frac{17.50 \text{ Días retrasados}}{\text{Zafra}}$$

$$\frac{700 \text{ quintales}}{\cancel{1 \text{ Templa}}} * \frac{1 \cancel{\text{Templa}}}{150 \text{ Min}} = \frac{4.67 \text{ quintales}}{\text{Minuto}}$$

$$\frac{4.67 \text{ Quintales}}{\cancel{\text{Minuto}}} * \frac{180 \cancel{\text{Min}} \text{ retenidos}}{\text{Día}} = \frac{840 \text{ Quintales retenidos}}{\text{Día}}$$

$$\frac{840 \text{ Quintales}}{\cancel{\text{Día}}} * \frac{17.50 \cancel{\text{Días}} \text{ retenidos}}{\text{Zafra}} = \frac{14,700 \text{ Quintales}}{\text{Zafra}}$$

La pérdida que se origina para la empresa es bastante grande, pero, hay que tomar medidas correctivas para la Zafra 97-98 que se aproxima y, así, obtener un rendimiento más alto.

### **2.6.2 Lluvia de ideas.**

#### **Aplicación.**

Se utiliza para identificar posibles soluciones de problemas, así como oportunidades potenciales de mejoramiento de la calidad. En este caso se discutirán problemas de la sección de tachos de un ingenio azucarero para hacer más eficiente el proceso en este paso del proceso.

#### **Descripción.**

Es una técnica para estimular el pensamiento creativo de un equipo, con el propósito de generar y aclarar una lista de ideas, problemas o asuntos.

#### **Procedimiento.**

La tormenta de ideas tiene dos fases:

1. la fase creativa. El facilitador repasa las directrices de la tormenta de ideas y el propósito de la sesión aplicando esta técnica; a continuación los miembros del equipo generan una lista de ideas. El objetivo es generar tantas ideas como sea posible,
2. la fase de aclaración. El equipo revisa la lista de ideas para asegurarse de que todos los participantes en la sesión entienden todas las ideas. Al terminar la sesión de tormenta de ideas, se procederá a evaluar las ideas.

Las directrices de la tormenta de ideas incluye lo siguiente:

1. identificar el facilitador,
2. formular claramente el propósito de la sesión de tormenta de ideas,
3. cada miembro del equipo expresa una sola idea, por turnos sucesivos,
4. siempre que sea posible, los miembros del equipo tienen en cuenta las ideas de los demás,
5. en esta etapa se evita criticar o discutir las ideas,
6. las ideas se registran en un lugar en que todos los participantes las puedan ver,
7. este proceso continúa hasta que ya no se generan más ideas,
8. se revisan todas las ideas para hacer cualquier aclaración que sea necesaria.

**Cuadro No. 2**  
**Resultado de la lluvia de ideas**  
**Atrasos en la sección de tachos**

TIPO DE PROBLEMA	EFECTO QUE OCASIONA
1. Lavado en Centrifugas	Si no se llega al color deseado en el lavado de las centrifugas, se aumenta el número de ciclos y se retrasa el proceso. Además, se aumenta la cantidad de miel y no se tiene el rendimiento esperado.
2. Fallas en Clarificación	Cuando no está bien el proceso de clarificación, esto es, que no se llega a tener el pH esperado o la sedimentación de sólidos, no es la adecuada, este jugo llega a los evaporadores y éstos, a su vez, no dan el material adecuado a los tachos con lo que, no puede haber una templa con las características adecuadas.
3. Meladura de bajo Brix	Cuando en los evaporadores no se está cumpliendo la función de los mismos, adecuadamente, los tachos tiene que complementar esta mala operación, con lo cual se atrasa la producción al no darse el apriete que necesita la templa para descargar en las centrifugas.
4. Llenos de Meladura	Debido a que en las tanquerías se encuentran llenas los tachos, deben descargar poco a poco y el proceso es retrasado al requerir menos material para su proceso.
5. Atraso en cristalizadores	Si el material que llega a los cristalizadores no tiene las características adecuadas, éstos no cristalizan, y, al llegar el material a los tachos no pueden obtenerse con la velocidad que se espera en el proceso.

6. Bajo vacío	Esto ocurre cuando existen problemas en las bombas de inyección o cuando hay una disminución en el nivel del agua, lo que provoca que el tacho opere más lentamente y, por ende, atrase todo el sistema productivo.
7. Caña en mal estado	Cuando existen problemas de la caña, como enfermedades de campo, azúcares reductores altos, el tiempo que transcurre entre la quema de los lotes y la llegada al ingenio para su proceso es muy alto, esto provoca bajo rendimiento en libras de azúcar por tonelada de caña y no se tiene una buena operación en el área de tachos.
8. Tiempo perdido en el cambio de turno	En cada cambio de turno no existe una comunicación entre el que sale y el que llega, lo que, a la larga crea una falta de participación en conjunto de los problemas que hubo durante las horas de trabajo o una alerta de los posibles problemas.
9. Falta de vapor	El vapor es la fuerza que hace trabajar los tachos, al no tener la alimentación que necesita esta sección, su operación se hace deficiente.
10. Falta de planes de trabajo	Cuando cada uno de los integrantes de un grupo no sabe hacia qué camino debe dirigirse o qué acciones debe tomar en cualquier momento no se puede esperar que las personas tengan un pensamiento homogéneo en cuanto a los resultados que se espera de ellos.
11. Obstrucción de tubería de pases	Esta obstrucción se dá porque el material deja sedimentos que se incrustan en la tubería, provocando una operación más lenta al no descargar, adecuadamente, los tachos.

### **2.6.3 Diagrama causa y efecto.**

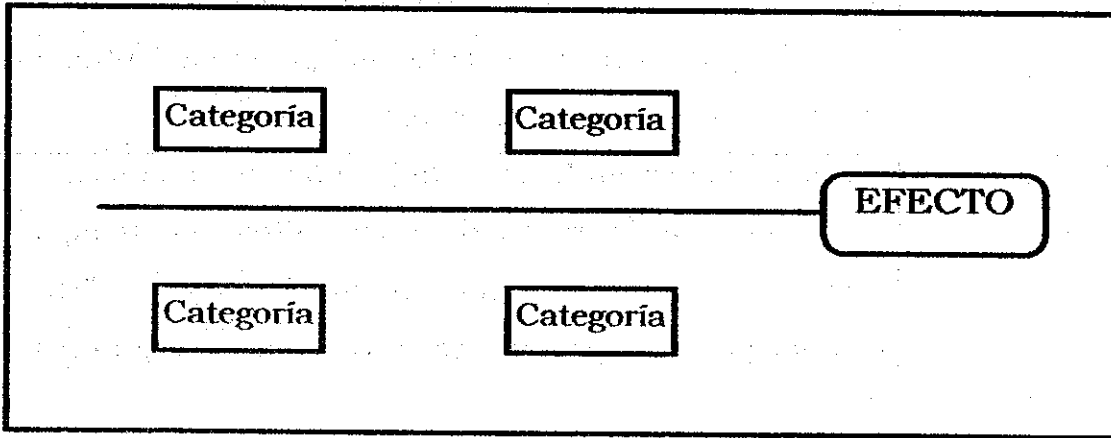
El diagrama de causa y efecto es una herramienta utilizada para dilucidar y presentar relaciones entre un efecto dado (por ejemplo variaciones de una característica de calidad) y sus causas potenciales. Las muchas causas potenciales se organizan en categorías principales y subcategorías, en tal forma que la presentación se parece a un esqueleto de pescado. Por esto, la herramienta también se conoce como diagrama de espina de pescado.

#### **Procedimiento.**

1. Se define el efecto en forma clara y concisa.
2. Se definen las principales categorías de causas posibles.
3. Los factores para considerar incluyen:
  - 3.1. datos y sistemas de información,
  - 3.2. medio ambiente,
  - 3.3. maquinaria,
  - 3.4. materiales,
  - 3.5. mediciones,
  - 3.6. métodos,
  - 3.7. mano de obra.
4. Se comienza a elaborar el diagrama, definiendo el efecto en una caja ubicada al lado derecho y colocando las categorías principales como "alimentadores" de la caja del "efecto". Ver figura No. 7.

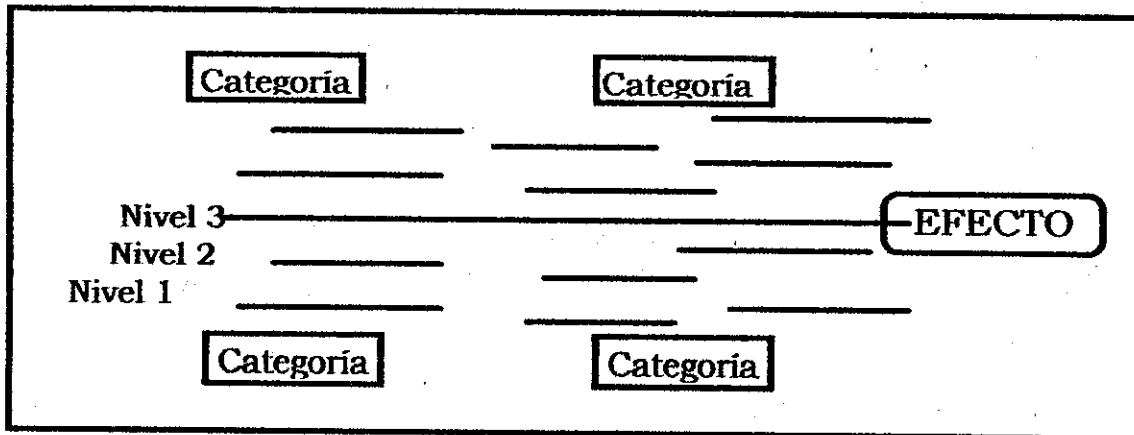


**Figura No. 7**  
**Diagrama causa y efecto: definición de categorías y efecto**



5. Se desarrolla el diagrama analizando y escribiendo todas las causas del nivel siguiente y se continúa este procedimiento hasta los niveles de orden superior. Un diagrama bien desarrollado no tendrá ramas de menos de dos niveles y muchas con tres o más niveles. Ver figura No 8.

**Figura No. 8**  
**Diagrama de causa y efecto: causas de niveles inferiores y superiores**



6. Se selecciona y se identifica un pequeño número (3 a 5) de las causas del nivel superior que, posiblemente, tengan la mayor incidencia sobre el efecto y que requieran acción adicional, tal como recolección de datos, esfuerzo de control, etc.

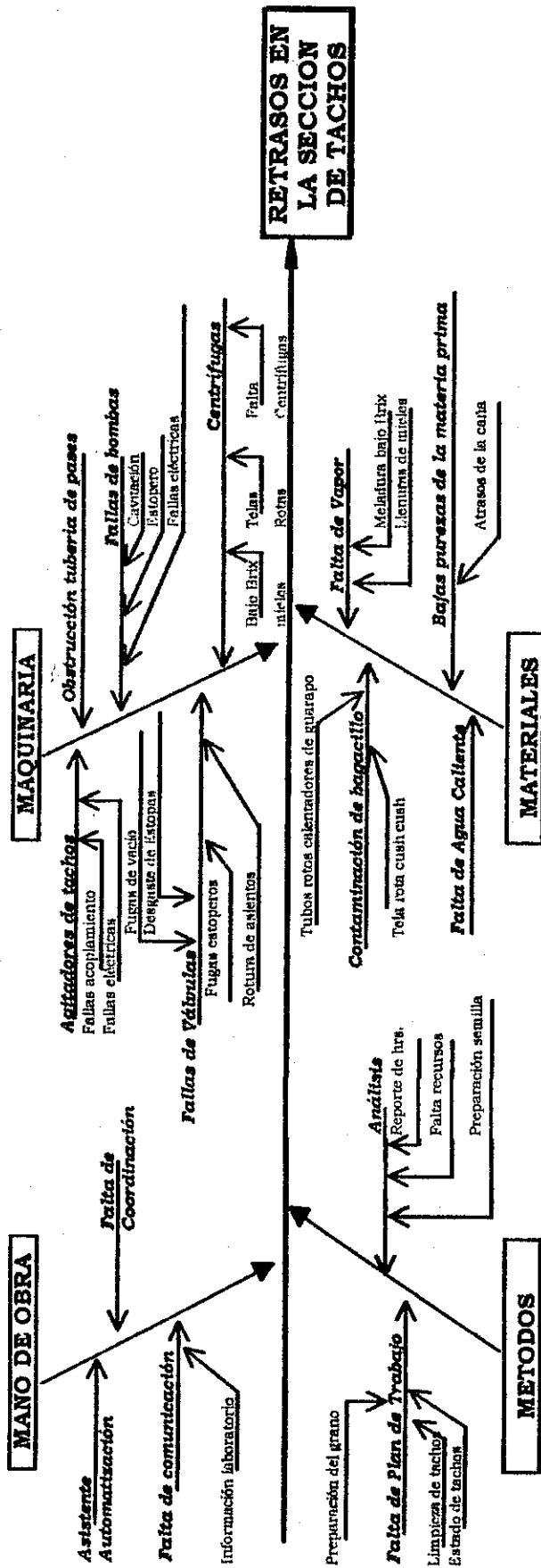
El principio en que se rige el diagrama de causa y efecto es que "mediante la identificación y remoción sistemática de la causa fundamental de un problema, se puede prevenir que el mismo vuelva a ocurrir".

El diagrama de causa y efecto que identifica todos los posibles problemas del área de tachos surge de todas las aportaciones dadas en la tormenta de ideas, se conjugan cuatro elementos principales como problemas de categoría:

1. mano de obra,
2. materiales,
3. métodos,
4. maquinaria.

Cada uno de ellos tiene diferentes subcategorías dependiendo de la dificultad de cada problema. El diagrama causa efecto que encierra el tema a tratar de los retrasos en el área de tachos es el siguiente:

**Cuadro No. 9  
DIAGRAMA CAUSA-EFECTO  
RETRASOS EN LA SECCION DE TACHOS**



### **3. SOLUCIONES PROPUESTAS A LOS PROBLEMAS DEL SISTEMA PRODUCTIVO**

#### **3.1 Programa de concientización del personal.**

El programa para hacer conciencia en los trabajadores de la importancia de su cambio de actitud se enfoca, básicamente, atacando su pensamiento, tanto en el hogar como en el trabajo. Esto se logra a través de diferentes técnicas que están integradas dentro del pensamiento de calidad total y con las que se pretende obtener el mejor beneficio para todos, se puede decir, entonces, que, los tres objetivos principales de los Círculos de calidad son los siguientes:

1. proporcionar un medio propio para la auténtica superación de los trabajadores y empleados que a corto plazo permita a todos disfrutar de un mejor nivel de vida,
2. integrar, efectivamente, a los trabajadores al cuerpo de la empresa y a través de su participación en la solución de los problemas de su área, lograr incrementar la calidad de los productos y elevar la productividad de la empresa,
3. servir de marco para sustentar en este trabajo en equipo a los otros elementos de la calidad total (Plan de reconocimiento de la Calidad total, Implementación de la Calidad total, Operación del sistema de Calidad total, etc.).

### **Beneficios esperados.**

De acuerdo con los tres objetivos antes señalados, el primer beneficio lo constituye un auténtico desarrollo de los trabajadores que efectivamente, aumente sus capacidades de realización y aumentando sus conocimientos, desarrollando sus habilidades y mejorando sus actitudes que le permitan su autorealización, lo hagan acreedor de mayores oportunidades de progreso.

Este asunto cobra mayor interés en el momento presente, dada la necesidad de competir, internacionalmente lo que exige contar con trabajadores mejor capacitados, pues, en el pasado, mucho se ha gastado en tiempo y en dinero, dando capacitación a personas que no quieren capacitarse, resultando todo en esfuerzos inútiles.

En la estrategia diseñada para la movilización hacia la calidad y la productividad, en todos los países, antes de introducir los círculos de calidad en la empresa se debe desarrollar un programa de concientización de todo el personal, cuyo primer paso es el enfoque de las **RELACIONES HUMANAS EN EL HOGAR** cuyos objetivos son:

1. desarrollo de un mayor sentido de responsabilidad,
2. desarrollo de un sincero deseo de aprender, de saber más.

Cuando se logra que la gente quiere saber más, está lista para aprovechar el programa de capacitación, por ello, se recomienda a todas las empresas, que aunque no tengan planeado el introducir los círculos

de calidad en un futuro próximo, de todas maneras realicen este programa de concientización como primer paso o como paso previo a su programa de capacitación.

Pero, todos estos beneficios no serían completos si no hubiera también beneficios concretos y cuantificables en la operación de la empresa.

Las actividades de círculos deben enfocarse a la solución de los problemas que aquejan a su propia área de trabajo, esto es, aquellos problemas que impiden que se cumplan los programas de producción, que contribuyen a que no salga la calidad o que no se cumplan los costos standard.

Esto es, el programa de círculos debe contribuir al incremento de las operaciones efectivas y a la reducción de los costos.

La contribución al incremento de las operaciones efectivas es un tanto difícil de evaluar, mientras que la reducción en los costos es relativamente fácil de medir y, generalmente, suficientemente impresionante como para presentar un magnífico argumento.

En la mayoría de las empresas de Latinoamérica los costos de calidad alcanzan valores que van del 10 al 30% contra ventas netas, mientras que empresas de ramos afines en países industrialmente adelantados, andan en valores del 2 al 8%. Estas cifras dan una idea del enorme potencial de reducción de costos respecto de estos conceptos.

La significación económica que implica el mejor porcentaje de cumplimiento de los programas de producción, reducir los accidentes, prolongar la vida de las máquinas, aumentar la utilización del equipo, etc.

De acuerdo con todo esto, para presentar a la gerencia beneficios concretos, esperados del programa, se determinan los índices de :

1. costos de las devoluciones,
2. costo de los servicios,
3. costos de las deficiencias,
4. costos de los retrabajos.

Se compararon estos valores con los que debieran ser, al menos en bases estimadas y la diferencia de éstos indicará el potencial de reducción.

Como se nota en la retención de quintales que se tienen en el área de tachos (ver Capítulo 2) se determinó que llegaban a 14,700 quintales en la zafra pasada, se cuantifica esto, se obtiene:

$$14,700 \frac{\text{quintales retenidos}}{\text{zafra}} * \frac{95 \text{ Quetzales}}{\text{quintal}} = \boxed{\text{Q } 1,396,500 \text{ retenidos}}$$

Los costos de calidad vale la pena implementarlos ya que con la experiencia actual indican que usando las técnicas modernas como el

principio de Pareto, no es nada atrevido proponerse como meta para el 1er. año el reducir el 50%, lo que significará el ahorro de una cantidad significativa de dinero y esto, seguramente, será suficiente motivo para la Gerencia.

Se ha notado que a partir de la formación de los diferentes círculos de calidad, la participación ha crecido porque las personas de los diferentes departamentos están viendo que sus peticiones y recomendaciones han sido escuchadas. Es importante que se tomen todas las medidas necesarias para que la participación del personal operativo participe en este tipo de actividades, forma parte esencial del aprendizaje que se tiene actualmente.

La concientización debe ser constante y no descuidarse, actualmente, se publican en carteleras mensajes que motivan a tener conciencia y amor al trabajo que desempeña cada persona, se ha instalado un buzón de sugerencias, en el cual, se han hecho observaciones de diferentes niveles de puestos que ayudan a enriquecer este proceso de concientización.

### **Relaciones humanas en el hogar**

Tiene como finalidad el despertar en el personal de mano de obra y empleados en, general, un mayor deseo por su propia superación.

La idea fundamental es que a través del conocimiento de uno mismo dé las razones que mueva a determinada conducta, que cada trabajador se aboque a entender y comprender a los demás y se



encamine hacia una actitud positiva de mayor responsabilidad y contribución hacia la familia.

La justificación del fundamento anterior sobre el curso es la siguiente:

- a través de estudios sociológicos, antropológicos y psicológicos, se ha podido llegar a un acuerdo sobre las bases motivacionales (fenómenos de idiosincrasia) indican que el principal motivo social del guatemalteco es la familia.

La libertad y la familia son dos valores que el guatemalteco ama por encima de muchas cosas. Son dos valores que él mismo atesora y menos cuenta se dará mientras menos sea su capacidad de análisis y menor el tiempo que dedica a meditar sobre lo que le rodea y sobre el efecto de lo que hace y lo que deja de hacer.

De aquí la gran importancia de una concientización y preparación para que Guatemala pueda canalizar su gran fuerza de realización y logro a través de ambos conocimientos básicos.

Cuando los guatemaltecos adquieran plena conciencia de que superarse en el trabajo representa alcanzar logros establecidos diariamente, contribuirán mayormente en la superación del país y, en consecuencia a la superación de las condiciones de vida para la familia del propio trabajador, entonces, se estará a la puerta de ser un país de primera calidad, lo que no es difícil ya que la actualización motivará

para serlo y sólo se necesita de máximo esfuerzo para el mejor éxito del equipo.

Es necesario desarrollar pláticas motivacionales como:

1. el hombre y sus dimensiones de realización,
2. la integración de la personalidad,
3. estructura de la familia,
4. influencia y presión externa a la familia,
5. el padre y la madre (actitudes),
6. nuestros hijos, nacidos para el triunfo o el fracaso,
7. comunicación familiar,
8. mirando hacia el futuro.

#### **El hombre y sus dimensiones de realización.**

Se plantea a través de esta plática la necesidad de conocerse a sí mismo, de parar y preguntarse:

¿Quién es el guatemalteco?

¿Hacia dónde va la vida?

El desconocimiento de los valores individuales hará más difícil el éxito en equipo, entonces, se hace necesario conocer a los demás.

Al hacer un análisis de los triunfadores y los perdedores y después tratar de ubicarse dentro de cada uno de estos rangos, proporciona, de

inmediato, un mejor anhelo de conocimiento de la conducta, sus motivos y directrices presentes.

A continuación se realiza una dinámica de grupo llamada Autoimagen, la cual a través de su desarrollo demuestra a cada participante lo poco que se conoce y le descubre lo mucho que le falta por conocer de los demás integrantes del grupo, así como, lo que a las otras personas les interesa conocer de él, varios rasgos coincidentes, afinidades etc., que ni si quiera suponían en sus compañeros.

#### **La integración de la personalidad.**

A través del análisis transaccional, se desarrolla el conocimiento de cada uno de los elementos interactuantes, que como resultado producen la forma de ser en la vida diaria (la personalidad).

Se vé el desarrollo de las tres partes fundamentales que son el estado padre del Yo, el estado Adulto y el estado Niño del Yo.

Se analizará cómo adquiere cada uno de los estados y cómo aparecen en la vida cotidiana.

Como segundo elemento importante se conocen los 3 tipos de transacciones que se usan, 1. las complementarias, 2. las cruzadas y 3. los ulteriores, analizadas con base en qué se dan por qué se dan y cuáles son sus consecuencias inmediatas así como el tipo de persona y situación en su relación del momento de la transacción. Por último se

toca el tema de los juegos y a qué posición pertenecen ( tu estas bien, yo estoy bien, etc.)

Los juegos que se juegan son 3, fundamentalmente, y, son: a. perseguidor, b. víctima y c. salvador. Cada uno de ellos en sus dos modalidades, verdadero y falso. Para terminar con esta unidad conviene mencionar la recolección de cupones, de cómo los ahorran y cómo deben cambiarse.

Aquí también se incluye una dinámica de grupo, con el mismo objetivo que la anterior.

#### **La estructura de la familia.**

Análisis del tipo de estructuras sociológicas que hasta la fecha se conocen: Democrática y Autocrática.

Comparación de cada una de ellas, en cuanto a cooperación, competencia de niveles afectivos, comunicación, capacidad de logro, etc.

Situación comparativa con el modelo latinoamericano, sugerencias y conclusiones, dinámica de grupo.

#### **Influencia y presión externa a la familia.**

Análisis del contexto psico-socio cultural del hombre y la mujer.

Aspectos de idiosincrasia. El Machismo, negación de la dimensión exacta del hombre, consecuencias negativas en el desarrollo de la familia. Posibilidad de cambio. La abnegada mujer latinoamericana, complemento nefasto, machismo, negación de la mujer como persona. Actitud reforzadora del papel del macho. Consecuencias negativas, posibilidades de cambio.

#### **El padre y la madre.**

Tema centrado en las actitudes de los padres. Actitudes cambiantes debidas al estatus que alcanzan. Actitudes negativas, consecuencias, actitudes positivas.

Consecuencias. Cambio de actitudes. Análisis de estas dos figuras como modelos de aprendizaje para sus hijos, solución de problemas.

#### **Los hijos nacidos para el triunfo o el fracaso.**

Posibilidades de triunfo o fracaso en el contexto de la educación familiar. Perspectivas de cambio, estrategias y sugerencias.

#### **Comunicación intrafamiliar.**

Definición del problema. Definición de comunicación, estrategias, análisis de cantidad y calidad del tiempo dedicado a convivir con la familia.

### **Mirando hacia el futuro.**

Conclusiones, posibilidades de aplicación de las proposiciones en el entorno cultural del país.

### **El objetivo del análisis de las Relaciones humanas en el hogar.**

Promover un cambio hacia una superación de la gente, un cambio hacia la obtención de un nuevo hombre, responsable, interesado, en quienes lo rodean, un hombre capaz de exigir lo que en derecho le corresponde. pero, capaz también de disfrutar el placer de dar, de ser útil a la sociedad a la que pertenece.

Como se mencionó en la estrategia diseñada para la movilización hacia la calidad y la productividad, se debe desarrollar un programa de concientización de todo el personal, cuyo primer paso es el enfoque de las relaciones humanas en el hogar y como segundo paso **RELACIONES HUMANAS EN EL TRABAJO** cuyo objetivo es desarrollar la conciencia de la calidad y contribución al trabajo por parte del operario y empleados en general, así como su plena integración al grupo de trabajo.

La idea sustentadora de esta unidad es que:

Con el conocimiento claro de cuáles son las motivaciones hacia el trabajo y hacia el grupo con el cual se desempeña la tarea, así como las ventajas que tiene el trabajar en, grupos de estructura cooperativa en vez de competitiva se encuentra una motivación e identificación con la

tarea en si ya que será un medio por el cual realizar como hombres en lo particular y como miembros de la comunidad en general.

## **Desarrollo del análisis de las Relaciones humanas en el trabajo.**

### **1. Problemática socioeconómica.**

En principio, se trata de concientizar a los trabajadores sobre la importancia del tema **TODO LO QUE HACEMOS DEBE TENER UNA BUENA RAZÓN** y de la importancia de ser útiles en el paso por la vida.

Se analiza, brevemente, la causa y el efecto del déficit económico de los países y la influencia de la calidad y la productividad en el nivel de la vida de los pueblos.

### **2. La función social de la empresa.**

Se definen las empresas de clase mundial y las estrategias de productividad que utilizan dichas empresas, se analiza la necesidad de introducir estas nuevas estrategias en la industria azucarera y la importancia de la gente para obtener resultados exitosos.

Se introduce un concepto nuevo de objetivo y cómo se definen los objetivos personales y de grupo. Se analiza, en cierta profundidad, cómo se establecen los objetivos y metas de las empresas.

Se introduce el concepto de la calidad total, del sistema y de los principios haciendo énfasis en el concepto de cliente y se generaliza a todos los ámbitos, el trabajo, la familia y la comunidad; se realiza una dinámica sobre los derechos del cliente.

### **3. Integración de equipos de trabajo.**

Se realiza una dinámica para que se concluya que la decisión de grupo es mejor que la mejor decisión individual.

Se estudian las variables del proceso de desarrollo del grupo, los comportamientos de los integrantes y se concluye con el ejercicio de **ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD DEL GRUPO.**

### **4. El hombre dentro del grupo de trabajo**

Se analizan las condiciones de las relaciones humanas efectivas y la importancia de la comunicación en el proceso de la Calidad total. Se realiza la dinámica **Y TÚ?**

### **5. El trabajo en equipo.**

Se actúa el sociodrama de la Compañía y se concluye con la práctica de un método ponderado para la toma de decisiones.



Se estudian las responsabilidades de un buen participante a juntas, las motivaciones inconscientes, las agendas encubiertas y los requisitos para integrar un equipo.

## **6. El liderazgo**

Se analiza el liderazgo en los grupos y las características del grupo democrático para la Calidad total.

Se estudian los requisitos que rigen sus compromisos, su relación interpersonal y la forma de tomar decisiones.

También se analiza el proceso de desarrollo del grupo democrático y los principales obstáculos que suelen presentarse.

## **7. Educación y entretenimiento.**

Se analizan algunos aspectos culturales fundamentales para la calidad total: los principios del método de aprender haciendo, la enseñanza como forma de aprender, la diferencia entre educación e instrucción, la forma de aprender y enseñar a pensar, el orden y la limpieza.

## **8. Modelo Latinoamericano de Círculos de calidad.**

Se hace un análisis de los objetivos de los Círculos de calidad, se aclara cómo deben entenderse en el caso de empresas latinoamericanas

y cuál es el proceso de implementación para asegurarse el éxito de este caso. Se termina con la metodología para iniciar las actividades de los Círculos de calidad, después del proceso de concientización y capacitación.

Desde que a las personas se les está integrando al programa, del total que empezaron a asistir, un 80% está trabajando activamente. Como todo cambio, éste no es la excepción, muchas personas son negativas totalmente, pero, no por eso se deben olvidar todos los esfuerzos y objetivos que se tienen del programa.

El sistema tradicional de control basado en presupuestos, orientado hacia resultados financieros, control sobre las personas, sobre metas y resultados puntuales, ha ido pasando. Actualmente, las personas de diferentes departamentos forman círculos de calidad para evaluar y buscar soluciones a problemas.

Se ha notado un cambio en el personal operativo, su disposición a hacer los trabajos asignados no solamente se queda en una tarea, sino, la mayoría trata de ver qué formas buscan para mejorar su trabajo.. Esto lo expresan a través de diferentes canales: buzón de sugerencias, a través de los líderes de los Círculos de calidad, directamente con su jefe inmediato, etc.

Desde que se le ha hecho conciencia a las personas, del rol que juegan no sólo en la empresa sino en su hogar, se ha visto que quieren tener una voz para ser escuchada, muchos han ingresado a los

programas de alfabetización y se nota una mentalidad positiva a nivel general..

### **3.2 Plan de reconocimiento del Programa de calidad total.**

#### **Plan de reconocimiento.**

El reconocimiento debe ser constante por parte del supervisor con mensajes verbales y, en la medida de lo posible, con la asignación de mayores responsabilidades a cada uno de sus trabajadores.

Difusión de la revista sistema de calidad, de los cinco mejores proyectos en el año a nivel de toda la empresa.

Oportunidad de los círculos de reunirse con sus gerentes y recibir el beneficio de su experiencia y conocimiento.

Difusión de proyectos terminados por el círculo de la empresa.

Oportunidad a los integrantes de los círculos más destacados, de asistir a la convenciones de Círculos de calidad.

Cartas de la gerencia de felicitación a los integrantes de los círculos que terminen proyectos.

Diplomas de la gerencia a los tres proyectos más destacados.

Cajas de rosas al familiar femenino más cercano de los miembros de los círculos que terminen proyectos o a los más destacados.

Estas son algunas actividades que se llevan a cabo para estimular y motivar la cultura de calidad total, pero, debe existir una organización bien estructurada para que el reconocimiento del programa sea una manera formal de llevar todas las actividades que se desarrollan.

La organización que se escogió en el área de tachos para el desarrollo del plan y solucionar los problemas que se tienen en esa sección queda de la siguiente forma:

### **Responsables del Programa y funciones**

#### **1. Coordinador de programas.**

- a. Planeación.
- b. Dirección.
- c. Coordinación.
- d. Seguimiento y evaluación.
- e. Reporte a la gerencia.

#### **2. Coordinador de entretenimiento y facilitador.**

- a. Desarrolle e implemente las estrategias, técnicas y materiales para los círculos.
- b. Introduce físicamente el programa.
- c. Organice el entrenamiento.
- d. Asegure el arreglo de facilidades físicas.

- e. Comunicaciones interdepartamentales.
- f. Resuelve problemas entre personal.

3. Instructores.

- a. Entrenamientos y asesoría en la solución de problemas.

4. Gerentes.

- a. Dirección y coordinación de los líderes.
- b. Apoyo a sus líderes.
- c. Asesorías.

5. Líderes.

- a. Dirección y coordinación de las reuniones.
- b. Capacitación si es posible.
- c. Se recomienda que los líderes sean los supervisores, pero cuando éste tenga a su cargo a más de 10 trabajadores y se organiza más de un Círculo, éste pasará a dirigir y coordinar a los sub-líderes de los círculos de su departamento.

**Publicidad previa y permanente.**

1. No recomendable la publicidad previa.
2. Una vez integrados y trabajando, difundir ampliamente los avances y resultados.
3. Publicar en publicaciones internas y externas.
4. Dar difusión a los resultados sobresalientes, en el momento en que se termine cada proyecto.

5. Combinar con una constante y dinámica publicidad por la calidad.
6. Organizar constantes mensajes a la familia.

**Programa de Calidad total para el reconocimiento del mismo.**

1. Motivación a la Gerencia.
  - 1.1 Gerencia general.
  - 1.2 Todos los demás gerentes.
2. Proceso de concientización y capacitación.
  - 2.1 Programación.
    - 2.1.1 Cuantificación del personal involucrado.
    - 2.1.2 Determinación del número de grupos (pueden venir las esposas).
    - 2.1.3 Definición de los horarios y días convenientes.
    - 2.1.4 Definición del programa (fechas de iniciación y terminación).
    - 2.1.5 Asignación de Instructores..
  - 2.2 Realización del programa de estudio de los módulos de Calidad total.
3. Integración de los Círculos.
  - 3.1 Se registran con el coordinador general..
  - 3.2 Cada círculo escoge su nombre.
4. Publicación periodística de resultados.
  - 4.1 Particulares de cada círculo.
  - 4.2 Generales de la empresa.
5. Programación de eventos especiales de reconocimiento.
6. Cierre de ejercicio e iniciación del siguiente.

6.1 Resumen de resultados del ejercicio.

6.2 Reconocimientos.

6.3 Definición programa nuevo ejercicio.

La evolución del plan de reconocimiento del programa ha tenido mucha aceptación porque las personas ya han empezado a ingresar al cambio de mentalidad. No todos los sectores lo han asimilado de una forma positiva, pero, en el área de tachos y fábrica en general la aceptación ha sido muy buena.

La participación activa de las diferentes gerencias por promover e implementar esta filosofía ha sido pilar importante para que se crea que va a funcionar. Al principio es bastante difícil ver el cambio, pero, una vez empezando a cambiar la mentalidad y abrir las ideas, ha caminado a pasos acelerados.

Es necesario retroalimentar a las personas para que puedan tener en mente que los cambios son beneficiosos para ellos como personas y para la empresa, pero, pensando con un tipo de enfoque sistémico.

### **3.2 Implementación y operación del Sistema de calidad.**

La implementación de los Círculos de calidad debe realizarse siguiendo cuatro pasos que son:

1. sensibilidad y capacitación,
2. implementación,

3. mantenimiento,
4. reforzamiento.

Estos cuatro pasos deben realizarse, tanto para la implementación de los círculos gerenciales como para los operativos.

Es recomendable empezar la implementación del proceso participativo a nivel gerencial, sin embargo, en los casos de mucha resistencia al cambio podrá optarse por iniciar el proceso en los niveles intermedios y operativos, lo cual en el medio plazo obligará al resto de la organización a abrirse a la participación a fin de aumentar su efectividad.

### **1. Sensibilidad y capacitación.**

#### **A Nivel gerencia.**

Debe sensibilizarse, tanto con la importancia de la calidad y la productividad como la efectividad del **SISTEMA DE LA ADMINISTRACIÓN DE LA CALIDAD TOTAL**, y, de los Círculos de calidad como marco participativo para conquistar la colaboración de todo el personal en el logro de las metas de cada grupo y de la empresa en general "En un auténtico círculo de calidad nadie está solo ante sus problemas, siempre tiene un equipo que los respalde. Posteriormente, deben desarrollarse las habilidades de la gerencia para realizar el despliegue de la política de la dirección y llevar a cabo una eficaz administración a través de la Gerencia dinámica".



La sensibilización y capacitación que se efectúa a nivel de supervisores y trabajadores, para lograr una actitud positiva, comedida y comprometida, también se requiere a nivel gerencial, ya que, también, en este nivel hay personas que confunden sus responsabilidades dándoles más importancia a asuntos de relaciones públicas que a su propio trabajo e, incluso, que están faltos de las habilidades en el trato con las personas, comunicación y liderazgo que en esta etapa se desarrollan.

#### **A nivel de supervisores y trabajadores.**

El trabajo participativo y, en particular, el desempeño en el mejoramiento de la calidad y la productividad requiere que el personal absorba una nueva visión del trabajo y de la empresa. El hombre debe ver el trabajo como un medio de desarrollo y realización y la empresa como la institución que ofrece la oportunidad de trabajo y en, consecuencia, para alcanzar sus objetivos de vida. En el área de tachos se implementa el sistema de automatización en todos los equipos que operan allí, con lo cual es necesario hacer ver a cada uno de los trabajadores el reto que se tiene al cambiar los sistemas antiguos de producción por los sistemas computarizados.

Siendo que en la familia constituye el valor más importante del hombre, se ha encontrado que el desarrollo de un mayor sentido de responsabilidad y mejor comunicación se logra usando a la familia como agente de cambio. Por esto, el primer paso para la sensibilización se da a través de un curso-taller de relaciones humanas en el hogar.

La sensibilización con los conceptos de objetivos y metas de la empresa, el interés por la calidad y la productividad y el gusto por el trabajo participativo en la empresa constituye el segundo paso de sensibilización y debe desarrollarse a través de un curso de Relaciones humanas en el trabajo.

### **Capacitación a técnicos de Círculos de calidad.**

La enseñanza de una metodología sistemática de solución de problemas constituye el tercer paso de la sensibilización y capacitación. Para esto además de enseñar las siete herramientas básicas de control de calidad que utilizan los círculos de calidad japoneses, es necesario adicionar tres herramientas más: 1. desviaciones, 2. habilidad de comunicación y 3. presentación de proyectos. De esta manera la metodología de solución de problemas consta de 10 herramientas que son las siguientes:

1. recolección de datos,
2. análisis de registro,
3. tormenta de ideas,
4. diagrama de Ishikawa,
5. principio de Pareto,
6. concepto moderno de control,
7. histogramas de frecuencia,
8. gráficas,
9. listas de revisión o de verificación ,
10. presentación de resultados.

El personal jerárquico, desde la dirección general hasta los supervisores de línea, deberán capacitarse, además, en el empleo de las herramientas administrativas de la gerencia dinámica y desarrollar las cualidades gerenciales que requiere un líder para llevar a su grupo a la calidad total.

## **2. Implementación.**

A medida que el grupo de tacheros va completando su programa de concientización y capacitación es de esperarse que deseen adoptar esta forma de trabajar por lo que irán tomando la decisión de convertirse en un círculo de calidad y, así, en forma agresiva hasta que todos los grupos organizacionales adopten esta forma de trabajar.

Esta etapa, entonces, está constituida de dos partes, una primera que corresponde a la formalización del programa y la segunda que es la verdaderamente importante que consiste en los cambios y actitudes siguientes:

1. comprometerse con la calidad total, la productividad y "justo a tiempo",
2. desarrollar mayor disciplina personal (mentalidad de logro),
3. adoptar mentalidad cuantitativa,
4. practicar una actitud participativa de y hacia los demás (estar dispuestos a ayudar y pedir ayuda),
5. planear, controlar y mejorar.

### **3. Mantenimiento o realización cotidiana de las actividades de los círculos.**

El sistema de administración por círculos de calidad implica un cambio de actitudes, hábitos o herramientas lo que cuesta trabajo asimilar, por lo que solamente la práctica cotidiana de estos elementos en el manejo de las diferentes situaciones de trabajo, permitirá incorporarlas como la manera natural de ser y de actuar.

### **4. Reforzamiento.**

La experiencia demuestra que el desarrollo de conductas progresistas requiere de continuos reforzamientos, hasta que dichas conductas pasan a ser una manera natural de ser y actuar.

El sistema de calidad total busca, entre otras cosas, el desarrollo de personas autosuficientes que amen su trabajo y estén dispuestas a contribuir al progreso de su propia familia y de la sociedad en que viven.

### **3.4 Soluciones Propuestas**

Estas soluciones que son el resultado del análisis del círculo de calidad del departamento de tachos, fueron analizadas y discutidas en varias sesiones del grupo y con el apoyo de diferentes asesores que con su experiencia y conocimiento dieron un valor agregado a las respuestas que se buscaban a los problemas planteados.

El Círculo de calidad esta integrado por:

- líder: Jefe de fabricación
- coordinador: Supervisor de tachos
- participantes: 2 Auxiliares de fábrica, 4 Tacheros de primera, 4 Tacheros de segunda y 4 Tacheros de refinería.

### **Soluciones.**

1. Supervisión de tachos, una hora antes de cada turno (hecha por el Supervisor de tachos).
2. Elaborar un estado de la sección de tachos, media hora antes de finalizar el turno.
3. Asignar un mecánico, específicamente, para la sección de tachos (que trabaje durante las 24 horas).
4. Concientización a canaleros y tanqueros, con programas de pláticas pre-zafra con todo el personal de fabricación.
5. Concientización a centrifugeros, programas de pláticas pre-zafra con todo el personal de fabricación.
6. Concientización a corredor de masas, programas de pláticas pre-zafra con todo el personal de fabricación.
7. Concientización a operadores de evaporadores.
8. Un operador de bombas de inyección.
9. Reporte de análisis de mieles cada hora.
10. Estricto control de vapor a tachos (menor a 5 libras).
11. Instalar una bomba "Nash" auxiliar de tachos.
12. Estricto control de vapor a evaporadores.

13. Instalación de una línea directa de agua caliente y fría a tachos, con su respectivas bombas.
14. Suficiente equipo para la preparación de semilla o importar la semilla de Estados Unidos. Preparación de la semilla en condiciones adecuadas y un responsable, específicamente, para eso.
15. Plan de control de limpieza de tachos (hervir agua).
16. Ampliación del tanque de magma.
17. Instalación de una válvula intermedia en tubería de pases (12" de diámetro).

**Cuadro No. 3**

**Costo de la implementación de las soluciones propuestas**

Solución	Costo
Un mecánico para el área de tachos (durante zafra)	Q 16,000.00
Un Ayudante de mecánico (durante zafra)	Q 8,000.00
Un operador de bombas de inyección (durante zafra)	Q 8,000.00
Valor bomba "Nash"	Q 100,000.00
Programa de concientización	Q 1,040.00
Impresión formularios de "Estado de tachos"	Q 380.00
Azúcar especial para semilla	Q 5,000.00

Total                      Q 138,420.00

Las soluciones propuestas no se han podido cumplir todas, según los resultados esperados. El problema básico que se ha detectado en los Círculos de calidad es, que no tienen responsabilidad todos los

integrantes en la implementación de las mejoras propuestas, sino solamente se limitan a dar soluciones de problemas.

Se ha estado midiendo la variación del proceso en el área de tachos desde el momento que se instaló la bomba Nash, se han determinado las causas de las variaciones que son anormales, se deben a causas externas de operación del área de tachos. Esto indica que se ha disminuido el problema que se tenía de bajo vacío.

Al ver el comportamiento del sistema del área de tachos en la zafra 98-99, se puede ver un gran cambio de mentalidad de las personas que trabajan allí. Es positivo, pero, falta mucho por hacer para alcanzar un desempeño superior a lo normal.

Se está analizando entrar en una etapa diferente, enfocar al sistema con un pensamiento sistémico, esto es: determinar los flujos de trabajo, determinar las relaciones, cliente interno-proveedor, encontrar diferentes rutas de cambio y no una pintura estética, encontrar redundancias, duplicidad, ineficiencias, etc.; trabajar bajo una administración horizontal.

El futuro de la optimización de la estructura es integrar la administración vertical (que se tiene actualmente) como una horizontal (sistemática). Se están creando equipos de trabajo para que su responsabilidad vaya más allá del área evaluada, para que se preocupen por el sistema, para llegar a ser una empresa de alto desempeño falta mucho, pero se está trabajando para alcanzar las metas.

### **3.5 Planificación de la producción del sistema de tachos.**

#### **3.5.1 Balance de materiales.**

El balance de materiales en una operación de tachos, se realiza de acuerdo con el sistema utilizado para la producción de masas cocidas y se efectúa de la siguiente forma:

- a. la meladura que entra al sistema se ha dividido en última instancia en solamente azúcar y miel final. A través del SJM (modelo matemático para calcular la distribución de sólidos, cuando en una etapa se introduce un componente que ha de ser separado en dos clases de diferente pureza), se puede calcular la relación que existe entre las cantidades de pol y brix presentes en cada corriente,
- b. la cantidad de sólidos en miel final puede ser obtenida dividiendo el pol entre la pureza de la misma miel,
- c. conociendo la pureza de la masa "C", el azúcar "C", miel final y su cantidad, por el SJM se encuentra la cantidad de masa y azúcar producida. El pol, en cada producto puede obtenerse multiplicando los sólidos encontrados por la pureza que corresponda,
- d. conociendo la pureza y la cantidad de masa "C", puede calcularse la cantidad de miel "B" producida (se asume que toda la producida se ha consumido),
- e. con la cantidad de masa "B" y las purezas de todos los productos utilizados para hacerla, se calcula la cantidad de miel "A" que se requiere,
- f. con la cantidad de miel "A" se evalúa la cantidad de masa "A" y sus cantidades de sólidos y pol,



g. con la cantidad de masa "A" se evalúa la cantidad de todos los materiales utilizados.

### **Balance de sólidos.**

El balance de sólidos en el sistema de masas es una relación matemática que distribuye los porcentajes de sólidos que van en el azúcar y a la miel producida. La técnica de Noel Derr (SJM) se aplica para verificar la separación lograda en cada masa. Es un indicador de la calidad de trabajo efectuado en el departamento de tachos.

### **Fórmula de retención general.**

La retención general indica el porcentaje de los sólidos contenidos en el azúcar comercial y la miel final. Se obtiene mediante la diferencia de pureza de la meladura entrando a los tachos y la miel final, dividido entre la diferencia obtenida por el azúcar comercial y pureza de la miel final, multiplicado por 100.

$$\text{Retención general} = \frac{J - M}{S - M} * 100$$

Donde:

**J:** pureza de la meladura

**M:** pureza masa cocida

**S:** pureza azúcar obtenida (pol en azúcar comercial)

## **Balance de Sólidos masa cocida "A"**

### a. Retención de la masa

Se obtiene de la diferencia de pureza de la masa y la miel, dividido por la diferencia de pureza (pol) del azúcar comercial y miel, multiplicado por 100. El resultado obtenido es el porcentaje de sólidos en el azúcar y a la miel.

$$\text{Retención Masa} = \frac{\text{Pureza Masa} - \text{Pureza miel}}{\text{Pol azúcar} - \text{Pureza miel}} * 100$$

### b. Por ciento de sólidos en la masa

Se obtiene dividiendo el por ciento de sólidos al azúcar (retención general) entre el por ciento de sólidos al azúcar (retención masa "A"), multiplicado por 100.

$$\% \text{ sólidos en la masa} = \frac{\text{sólidos al azúcar (retención general)}}{\text{sólidos al azúcar comercial}} * 100$$

### c. Por ciento de sólidos en el azúcar comercial

Se obtiene multiplicando el por ciento de sólidos en la masa y el por ciento de sólidos en el azúcar comercial (retención masa "A"), dividido entre 100.

$$\% \text{ sólidos en el azúcar} = \frac{\% \text{ sólidos masa} * \% \text{ sólidos en azúcar comercial}}{100}$$

a. Por ciento de sólidos en la miel

Se obtiene multiplicando el por ciento de sólidos de la masa y el por ciento de sólidos a la miel dividido entre 100.

$$\% \text{ sólidos en la miel} = \frac{\% \text{ sólidos masa} * \% \text{ sólidos a la miel}}{100}$$

**Balance de Sólidos masa cocida "B"**

La retención de la masa cocida se obtiene de la diferencia de pureza de la masa y la miel, dividido la diferencia de pureza de la magma y la miel, multiplicando por 100. El resultado es el por ciento de sólidos en el azúcar y a la miel.

$$\text{Retención Masa} = \frac{\text{Pureza Masa} - \text{Pureza miel}}{\text{Pol magma} - \text{Pureza miel}} * 100$$

a. Por ciento de sólidos en la masa

Se obtiene dividiendo el porcentaje de sólidos de la masa entre el por ciento de sólidos a la miel (retención masa "B"), multiplicando por 100.

$$\% \text{ sólidos en la masa} = \frac{\% \text{ sólidos en la masa}}{\% \text{ sólidos en la miel}} * 100$$

b. Por ciento de sólidos en el azúcar.

Se obtiene multiplicando el por ciento de sólidos en la masa y el por ciento de sólidos en el azúcar (retención masa "B") dividido entre 100.

$$\% \text{ sólidos en el azúcar} = \frac{\% \text{ sólidos masa} * \% \text{ sólidos en el azúcar}}{100}$$

c. Por ciento de sólidos en la miel

Se obtiene multiplicando el por ciento de sólidos en la masa "B" y el por ciento de sólidos a la miel "B" (retención masa "B") dividido entre 100.

$$\% \text{ sólidos en la miel} = \frac{\% \text{ sólidos masa} * \% \text{ sólidos a la miel}}{100}$$

### **Balance de sólidos masa cocida "C"**

La retención de la masa se obtiene de la diferencia de pureza de la masa y la miel final, dividido la diferencia de pureza del azúcar y la miel final, multiplicando por 100.

$$\text{Retención Masa} = \frac{\text{Pureza Masa} - \text{Pureza miel final} * 100}{\text{Pureza del azúcar} - \text{Pureza miel final}}$$

a. Por ciento de sólidos en la masa

Se obtiene dividiendo el por ciento de sólidos en la miel final (de la retención general) entre el por ciento de sólidos a la miel final (retención masa "C") multiplicando por 100.

$$\% \text{ sólidos en la masa} = \frac{\% \text{ sólidos en la miel final} * 100}{\% \text{ sólidos a la miel final}}$$

b. Por ciento de sólidos en el azúcar

Se obtiene multiplicando el por ciento de sólidos de la masa, por el por ciento de sólidos en el azúcar (retención masa "C") dividido entre 100.

$$\% \text{ sólidos en el azúcar} = \frac{\% \text{ sólidos masa} * \% \text{ sólidos en el azúcar}}{100}$$

c. Por ciento de sólidos en la miel final

Se obtiene multiplicando el por ciento de sólidos obtenidos en la masa, por el por ciento de sólidos a la miel final (retención masa "C"), dividido entre 100.

$$\% \text{ sólidos en la miel} = \frac{\% \text{ sólidos masa} * \% \text{ sólidos a la miel}}{100}$$

### **Contenido de cristales (cifra relativa).**

Es un indicador porcentual de los cristales, contenidos en la masa cocida y se obtiene utilizando la siguiente fórmula, la cual se aplica universalmente:

$$CC = \frac{PMC - PM}{100 - PM}$$

Donde:

CC: contenido de cristales

PMC: pureza de la masa cocida

PM: pureza de la miel

### **Caída de pureza de la relación masa cocida-miel.**

La diferencia de purezas, entre la masa cocida y la miel que ésta produce, es un indicador de la eficiencia del trabajo desarrollado en tachos, cristalizadores, centrifugas y en especial del personal operativo.

Para los ingenios, los valores siguientes se consideran como aceptables en las caídas de pureza:

#### **Cuadro No. 4**

#### **Caída de pureza de la relación masa cocida-miel**

Masa cocida	Caída de pureza (en puntos)
A	20
B	22
C	24

Los valores anteriores se obtienen cuando las masas cocidas son trabajadas con: buenas cristalizaciones, suficiente concentración de cristales, brix alto, granos parejos y de tamaño apropiado, templeas trabajadas apretadas y eficiente trabajo en los cristalizadores.

**Brix de las masas cocidas.**

Los parámetros aconsejables de un buen agotamiento en los tachos, para la producción de masas cocidas son los siguientes:

**Cuadro No. 5**  
**Parámetros de valores de Brix para masas cocidas**

Masa Cocida	°Brix
A	93.00 a 94.00
B	94.00 a 95.00
C	96.00 o más

## Cálculos del Balance de materiales para el área de tachos

DATOS ANALITICOS			
PRODUCTO	A	B	C
	BRIL	POL	PUREZA
1 Jugo Primario	17.41	14.92	85.70
2 Jugo Diluido	13.78	11.66	84.60
3 Jugo Normal	16.89	14.39	84.60
4 Jugo Residual	3.00	2.30	76.80
4a Bagazo	2.93	2.25	76.80
5 Jugo Alcalizado	13.07	11.05	84.57
6 Jugo Filtrado	9.27	7.80	84.14
7 Cachaça a los filtros	13.68	9.92	72.50
8 Torta de cachaça		2.00	
9 Jugo Clarificado	13.60	11.60	85.33
10 Meladura	61.35	52.36	85.35
11 Masa "A"	92.24	77.78	84.93
12 Azúcar "A"	99.80	98.68	98.88
13 Miel "A"	67.36	45.49	68.50
14 Masa "B"	94.00	65.80	70.00
15 Azúcar "B"	99.00	90.68	91.60
16 Masa "C"	91.27	83.60	91.60
17 Miel "B"	64.49	32.97	51.12
18 Masa "C"	99.16	54.19	54.65
19 Azúcar "C"	99.00	84.97	85.83
20 Masa "C"	90.00	77.25	85.83
21 Miel Final	88.30	29.03	32.88
22 Pie de tercera	90.00	58.50	65.00

BALANCE DE POL	
PERDIDAS EN:	% POL EN CAÑA
23 Miel Final	D 1.15
24 Cachaça	0.11
25 Indeterminados	0.15
26 Total en Fábrica	1.41
27 Bagazo	0.60
28 Pérdidas totales	2.01
29 Recobrado en azúcar	10.04
30 Pol en caña	12.05

**Negrilla** Datos tomados del Reporte Final o Promedios

y se entran al programa sin cálculo previo.

**Curso** Datos asumidos.

**Normal** Datos calculados, no se ingresa nada.



**PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN**

**CIFRAS DE EXTRACCION Y MOLIENDA**

PARAMETRO:	CANTIDAD
0 Toneladas de Caña Diaria (T.C.D.)	<b>17,500.00</b>
1 Toneladas de caña molida por hora	729.17
2 Pol % caña	<b>12.05</b>
3 Fibra % Caña	<b>12.62</b>
4 Agua de imbibicion % caña	<b>25.00</b>
5 Bagazo % caña	<b>26.82</b>
6 Humedad del bagazo %	<b>50.00</b>
7 Pol del Bagazo %	<b>2.25</b>
8 Fibra del Bagazo %	47.07
9 Jugo diluido % caña	<b>98.18</b>
10 Jugo normal % caña	<b>80.11</b>
11 Pol extraida % Pol en caña	<b>95.00</b>
12 Jugo alcalizado % caña	114.18
13 Jugo filtrado % caña	<b>15.00</b>
14 Cachaza a los filtros % caña	<b>15.00</b>
15 Torta de cachaza % caña	<b>3.90</b>
16 Pol de la torta de cachaza %	<b>2.00</b>
17 Agua de lavado de la torta % caña	<b>3.90</b>
18 Jugo clarificado % caña	99.18
19 Lechada de Cal % Caña	<b>1.00</b>
20 Meladura % caña	21.72
21 Evaporación % caña	77.46
22 Miel final Gls./T.C. a <u>88.30</u> oBrix	<b>6.47</b>
23 Rendimiento: Lbs. de azúcar / Ton. caña	<b>203.49</b>
24 Rendimiento: Lbs. de azúcar <u>98.68</u> Pol / Ton. Caña	<b>209.17</b>

**Negrilla: Datos tomados del Reporte Final o Promedios.**

El balance de materiales general de producción es el siguiente:

BALANCE DE MATERIALES								
						CAPACIDAD	17,500	T.C.D.
PRODUCTO	LIBRAS POR HORA							
	% Caña	Brix	Pol	Pureza	Peso	Humedad	Fibra	
A	B	C	D	E	F	G	H	
1. Caña	100	208,780	175,747		1,438,333		184,104	
2. Análisis de la Caña	100.00	14.31	12.05	84.19			12.62	
3. Agua de Inhibición	25.00				364,580			
4. Bago	26.82	11,438.74	8,800.31		391,125	195,563	184,104	
5. Análisis del Bago	26.82	2.93	2.25	75.80		50.00	47.07	
6. Jugo Diluido	98.18	197,300.89	166,946.91		1,431,792			
7. Análisis Jugo Diluido		13.78	11.65	84.60				
8. Jugo Alcalizado	114.18	217,579.02	184,039.41		1,665,125			
9. Análisis Jugo Alcalizado		13.07	11.05	84.57				
10. Lechada de Cal	1.00				14,583			
11. Agua Lavab Filtros	3.90				56,875			
12. Jugo Filtros	15.00	20,278.13	17,052.50		218,750			
13. Análisis Jugo Filtros		9.27	7.00	84.14				
14. Tarta de Cacha	3.90	2,985.40	1,138		56,875			
15. Análisis Tarta de Cacha		5.25	2.00					
16. Cacha a los Filtros	15.00	23,263.53	18,200		218,750			
17. Análisis Cacha a los Filtros		10.63	8.32	78.23				
18. Jugo Clarificado	99.18	194,315.49	165,809.41		1,445,375			
19. Análisis Jugo Clarificado		13.43	11.45	85.33				
20. Separación	77.461				1,129,642			
21. Meladura	21.72	194,315.49	165,841.22		316,733			
22. Análisis Meladura		61.35	52.36	85.35				
23. Pérdidas Intermedias	0.15	2,562.98	2,187.50		2,563			
24. Meladura al Azúcar y H. Final		191,752.51	163,653.72	85.35				
		B	C	D	E	F	G	H

El Balance de sólidos en la sección de tachos es el siguiente:

BALANCE DE SOLIDOS EN TACHOS							
DATOS DE ENTRADA							
MELADURA	85.68		MASA "B"	70.89		MASA "C"	54.64
MASA "A"	85.83		AZUCAR "B"	92.04		AZUCAR "C"	86.84
AZUCAR "A"	99.08		MAGMA "B"	92.04		MAGMA "C"	
MIEL "A"	70.09		MIEL "B"	50.44		MIEL FINAL	32.95
						PIE DE 3ra.	65.00
RETENCION GENERAL							
Retención General =							
85.68	-	32.95	x 100 =	79.74%	% Sólidos en el azúcar "A"		
99.08	-	32.95					
99.08	-	85.68	x 100 =	20.26%	% Sólidos a la Miel Final		
99.08	-	32.95					
CALCULO DE LA MASA "C"							
Retención Masa "C" =							
54.64	-	32.95	x 100 =	40.25%	% Sólidos en el azúcar "C"		
86.84	-	32.95					
86.84	-	54.64	x 100 =	59.75%	% Sólidos a la Miel Final		
86.84	-	32.95		100.00%			
Masa "C" % Sólidos							
		20.26%	x 100 =	33.91%			
		59.75%					
Azúcar "C" % Sólidos							
33.91%	x	40.25%	x 100 =	13.65%			
	100						
Miel Final % Sólidos							
33.91%	x	59.75%	x 100 =	20.26%			
	100			33.91%			
CALCULO DE LA MASA "B"							
Retención Masa "B" =							
70.89	-	50.44	x 100 =	49.16%	% Sólidos en el azúcar "B"		
92.04	-	50.44					
92.04	-	70.89	x 100 =	50.84%	% Sólidos a la Miel "B"		
92.04	-	50.44		100.00%			
Masa "B" % Sólidos							
		26.66%	x 100 =	52.45%			
		50.84%					
Azúcar "B" % Sólidos							
52.45%	x	49.16%	x 100 =	25.78%			
	100						
Miel "B" % Sólidos							
52.45%	x	50.84%	x 100 =	26.66%			
	100			52.45%			

Segunda parte del balance de sólidos en la sección de tachos:

CALCULO MASA "C" (Por Cruz de Cobenze)							
65.00	54.64	28.85%	x	33.91%	Pie 3ra.	Miel "B"	
50.44		71.15%	x	33.91%	9.78%	24.13%	
70.09	65.00	74.10%	x	9.78%	Miel "A"	Miel "B"	
50.44		25.90%	x	9.78%	7.25%	2.53%	
					Miel B	9.78%	
					24.13%	26.66%	
CALCULO DE LA MASA "A"							
Retención Masa "A" =							
85.83	-	70.09	x 100 =	54.29%	% Sólidos en el azúcar "A"		
99.08	-	70.09					
99.08	-	85.83	x 100 =	45.71%	% Sólidos a la Miel "A"		
99.08	-	70.09		100.00%			
Masa "A" % Sólidos							
		79.74%	x 100 =	146.86%			
		54.29%					
Azúcar "A" % Sólidos							
146.86%	x	54.29%	x 100 =	79.74%			
	100						
Miel "A" % Sólidos							
146.86%	x	45.71%	x 100 =	67.12%			
	100			146.86%			
CALCULO MASA "B" (Por Cruz de Cobenze)							
85.68	70.89	5.13%	x	52.45%	Meladura	Miel "A"	
70.09		94.87%	x	52.45%	2.69%	49.75%	
					Masa "A"	52.45%	
					7.25%	57.00%	
CALCULO MASA "A"							
MA a Masa "A"	67.12%	-	7.25%	-	49.75%	=	10.12%
Miel A	10.12	x	70.09	=			709.33
MeL	100	-	2.69	x	85.68	=	8,337.42
Azúcar B	25.78	x	92.04	=			2,372.93
Azúcar C	13.65	x	86.84	=			1,185.30
						TOTAL	12,604.97
MASA % SOL	146.86	x	85.83	=			12,604.97
						Diferencia	0.00
MATERIAL							
MASA "A"		97.31	25.78	13.65	10.12		146.86
MASA "B"		2.69			49.75		52.45
MASA "C"					7.25	26.66	33.91
TOTAL		100.00	25.78	13.65	67.12	26.66	233.22
JUGO CLARO Y SIROPE							
99.00	61.35	55.91%	x	0.99	Meladura	Miel "A"	
13.60		44.09%	x	0.1360	0.5535	0.0600	
					Jugo clarif	Azúcar C	
					1.48	13.65	
						13.65	
						Sirope "C"	
						15.13	

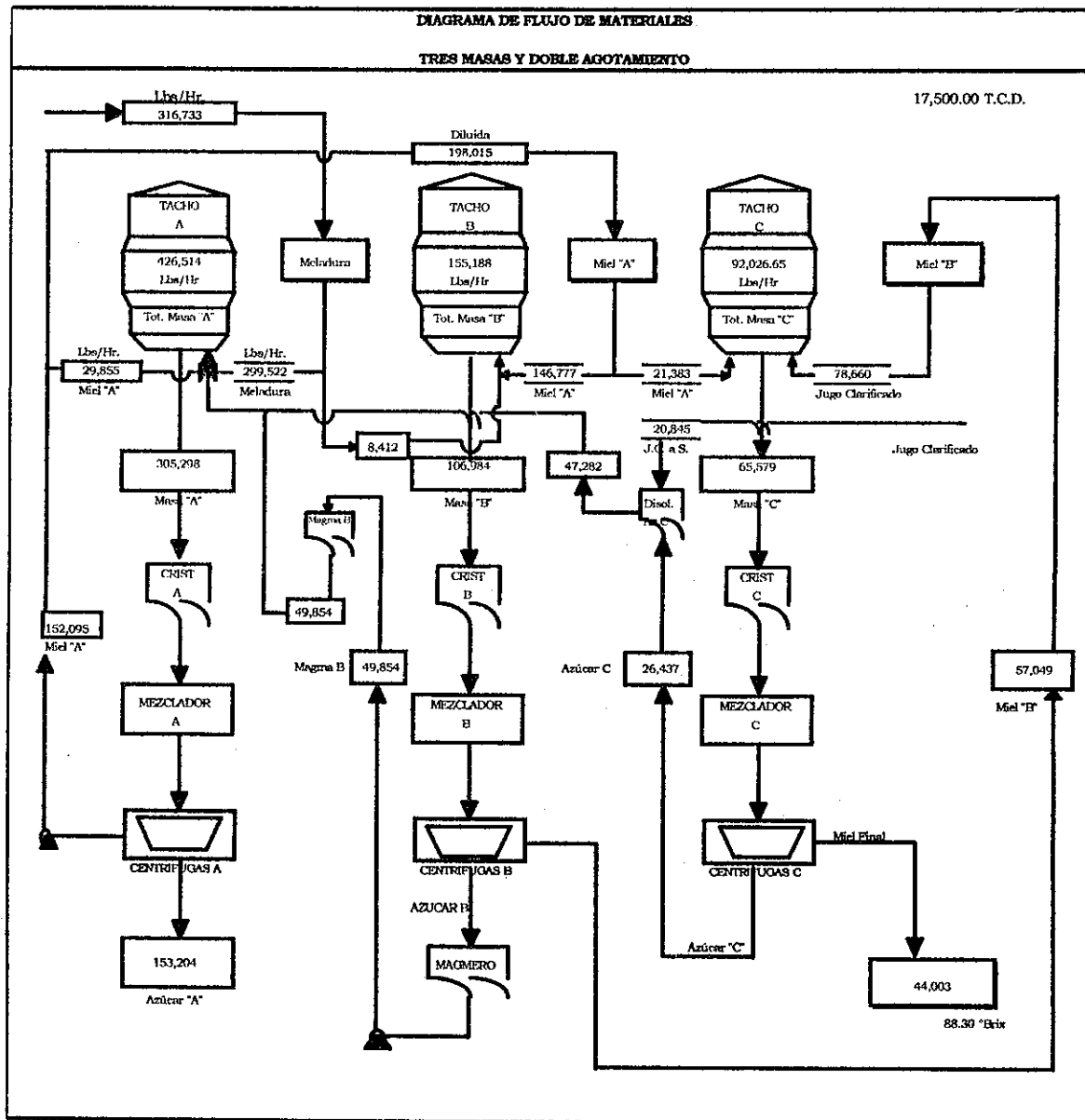
El balance de materiales en la sección de tachos es el siguiente:

BALANCE DE MATERIALES EN TACHOS								
CAPACIDAD DE MOLIENDA			17,500	T.C.D.				
PRODUCTO	% MAT CARA	BRIX	SOLIDOS LBS/HORA	POL LBS/HORA	MATERIAL			
					LBS/HORA	TEMP (°F)	G.P.M.	P/HORA
A	B	C	D	E	F	G	H	I
1 Coque	100.00	14.31	208,760	175,747	1,458,333			
2 Agua de Imulsión	25.09	0			364,583	160	730	5,857
3 Bogaño	26.82	2.93	11,459	8,800	391,125			
4 Jugo Diluido	98.18	13.78	197,301	166,947	1,431,792	85	2,709	21,731
5 Jugo Almidado	114.18	13.07	217,579	184,009	1,665,125	97	3,157.25	23,236
6 Lavado de Filtros	3.90	0			56,875	180	113.90	914
7 Jugo Filtrado	15.00	9.27	20,378	17,063	218,750	170	431.89	3,464
8 Tarta de Cuchuzas	3.99	5.25	2,985	1,138	56,875			
9 Jugo Clarificado	99.18	12.43	194,315	163,889	1,446,375	205	2,825	22,638
10 Evaporación	77.46				1,129,642			
11 Melchum	21.72	61.35	194,315	163,889	316,733	130	499	4,001
12 Cuchuzas Imulsificadas			2,565	2,188				
13 Neto al azúcar y Miel		61.35	191,753	163,654	312,555	130	492	3,948
<b>MASA "A"</b>								
14 Miel "A"	10.12	65.00	19,406	13,602	29,855	145	45	361
15 Melchum	95.83	61.35	182,737	157,443	299,522	130	472	3,783
17 Magna "B"	25.78	91.27	49,437	45,591	49,854	130	67	535
18 Sirope de azúcar "C"	15.13	61.35	29,008	25,157	47,282	130	74	597
19 Total	156.86		281,607	241,793	426,514			
20 Masa "A"	195.85	92.24	281,607	241,793	392,298	145	410	3,258
21 Evaporación					121,215		4.51	p3/TC
22 Azúcar "A"	79.74	99.89	152,897	159,879	153,294	96	204	1,636
23 Residuo de azúcar							215.97 lbs 96% Pol/TC	
23 Miel "A"	67.12	84.62	129,710	90,824	152,995	145	204	1,638
<b>MASA "B"</b>								
24 Melchum	2.69	61.35	5,161	4,422	8,412	130	13	106
26 Miel "A"	49.75	65.00	95,405	66,889	146,777	145	221	1,777
27 Magna "C"								
28 Total	52.45	126.35	100,565	71,291	155,188			
29 Masa "B"	32.45	94.00	100,565	71,291	106,984	145	144	1,152
30 Evaporación					48,204		1.58	p3/TC
31 Azúcar "B"	25.78	99.00	49,437	45,591	49,936			
32 Magna "B"	25.78	91.27	49,437	45,591	49,854	130	67	535
33 Miel "B"	26.66	89.62	51,129	25,789	57,049	145	77	614
<b>PIE DE "3A"</b>								
34 Miel "A"	7.25	65.00	13,839	9,742	21,383	145	32	239
36 Miel "B"	2.53	65.00	4,859	2,451	7,475	145	11	90
37 Total	9.78		18,758	12,193	28,859			
38 Pie de "3a"	9.78	90.00	18,758	12,193	20,842	145	28	224
39 Evaporación					8,016		0.31	p3/TC
<b>MASA "C"</b>								
40 Pie de "3a"	9.78	90.00	18,758	12,193	20,842	145	27.98	224.45
42 Miel "B"	24.13	65.00	46,270	23,339	71,184	145	107	862
43 Total	33.91		65,028	35,531	92,027			
44 Masa "C"	33.91	99.16	65,027.89	35,531.24	65,279	145	88	706
45 Evaporación					26,448		0.97	p3/TC
46 Azúcar "C"	13.65	99.00	26,173	22,729	26,437			
47 Magna "C"								
48 Azúcar "C" a sirope	13.65	99.00	26,173	22,729	26,437			
49 Jugo claro a sirope	1.48	13.60	2,835	2,429	20,845	200	41	326
50 Sirope de azúcar "C"	15.13	61.35	29,007.81	25,157.49	47,282	130	74	597
51 Miel Final	20.26	99.27	38,855	12,803	39,142			
52 Miel Final diluido	20.26	88.30	38,855	12,803	44,003	145	59	474
53						Miel Final:	4.86	Gls./TC



### 3.5.2 Nuevo diagrama de flujo de proceso de producción del sistema de tachos

Este diagrama conjuga varios de las soluciones propuestas por el círculo de calidad, se obtiene un balance para el área de tachos mejorado y sus cálculos están basados en una molienda promedio por día.



### **3.5.3 Controles de la producción del área de tachos**

En la sección de tachos, los sistemas de control son de dos clases: de control preventivo y control de retroalimentación. La finalidad de los sistemas de control preventivo es evitar que se produzcan desviaciones respecto del plan. Es decir, tratan de evitar las desviaciones mediante buen diseño del sistema. La retroalimentación no es más que información acerca de un proceso, la cual se remite a quien toma decisiones (o controlador) como elementos para una decisión "de control". En un sistema de control por retroalimentación se adopta un plan o norma, se vigila y mide el rendimiento verdadero del sistema y el estado de este último se retroalimenta a quien toma las decisiones. Las discrepancias significativas respecto del plan indican la necesidad de ajustar la acción (control) para que el sistema tome nuevamente su curso. Los sistemas de control por retroalimentación se conocen como sistemas dinámicos. Puesto que en los sistemas de control preventivo no tiene lugar la retroalimentación, se les considera sistemas estáticos.

Evidentemente, para controlar las actividades de la sección de tachos se emplearán normalmente los dos tipos de sistemas. Aunque cualquiera de ellos, si está bien diseñado, podría ejercer por sí mismo un control suficiente en la mayoría de los casos.

#### **Control preventivo.**

Los sistemas de control preventivo de la sección de tachos consisten, en buena parte, en las políticas, procedimientos, reglamentos, presupuestos y disposiciones de la misma. Muchos de esos sistemas se



describen en los manuales de capacitación y procedimientos que se entregan a los nuevos empleados, pero, muchos otros se comunican sólo verbalmente e, incluso, sin palabras (mediante un simple fruncimiento de ceño) a través de la organización informal.

Además de los procedimientos formales, se emplean también muchos otros medios para comunicar los controles preventivos, el más formal de los cuales es, por supuesto, el del superior inmediato.

Hay que pensar mucho para diseñar esos sistemas de manera que sean a toda prueba y requieran una supervisión mínima.

#### **El control por retroalimentación.**

El proceso da comienzo con metas y planes, los cuales indican todas las actividades que hay que realizar para que el sistema produzca resultados específicos. Se pretende que esas actividades y resultados, junto con otros programas y condiciones ambientales, produzcan el resultado final buscado.

El proceso de control por retroalimentación se compone de cuatro actividades principales:

1. vigilancia,
2. comparación,
3. retroalimentación,
4. Ajuste.

Las actividades de vigilancia sirven para recoger información. Los datos correspondientes a la actividad de un programa, los resultados producidos por dicho programa y los resultados parciales se miden y procesan en forma rutinaria para presentar informes específicos.

El hecho de saber que se han realizado actividades y logrado resultados, no es todavía suficiente para el control. Hay que comparar esos logros con lo que se había previsto. Las preguntas que típicamente habrá que plantear son las siguientes:

¿Se trabajan todas las horas que se habían planeado?

¿Se produce con los recursos disponibles, tanto servicios como se pretendía?

¿Se traducen los resultados parciales en los resultados finales que se buscan?

Estas comparaciones constituyen la base para la retroalimentación y el ajuste a través de la acción productivo-administrativa. Controlar implica conservar la duración hacia un objetivo específico. Sin un fin señalado, no habrá nada que guie la sección, de manera que la planificación y el control, aunque son actividades diferentes, están íntimamente relacionadas y son interdependientes.

Dentro de las organizaciones, las actividades principales se identifican como programas. Esos programas son los métodos

especificos mediante los cuales se propone la organización realizar sus planes estratégicos.

La comparación también podría demostrar que, si bien, los niveles de actividad están de acuerdo con lo previsto, los resultados de la actividad no lo están. Tal vez se han introducido algunas deficiencias en el sistema o las condiciones ambientales que existían cuando se concibió el programa han cambiado desde entonces y es necesario ajustar las metas.

#### **Retraso de la información.**

Un aspecto crítico de proceso de vigilancia y retroalimentación es el retraso de la información que se introduce, generalmente, sin intención en el sistema.

Los sistemas explosivos tienen su origen, por lo general, en los sistemas con retroalimentación positiva, en los cuales la acción de retroalimentación positiva, aumenta en efecto externo en lugar de disminuir, pero, el retraso de la información es un sistema de retroalimentación negativa, también puede dar lugar en ocasiones a un sistema explosivo, si el retraso y los ajustes resultantes son suficientes. Reduciendo ya sea la magnitud del ajuste o la duración del retraso (ejemplo: mejorando el sistema de información) se puede, por lo general, amortiguar un sistema explosivo de retroalimentación negativa.

## **Cuadros de control para retroalimentación.**

Uno de los elementos del sistema de control por retroalimentación más difícil de diseñar es el bloque de retroalimentaciones.

Un proceso que se repite rara vez producirá con exactitud la misma calidad, tamaño u otra dimensión que sea preciso controlar. Mas bien, con cada repetición se negará una variación respecto de algún promedio. Como esa variación se debe por lo general a un gran número de causas pequeñas no controlables, el patrón de variabilidad está bien descrito a menudo por la distribución normal.

La sucesión de mediciones que resulta de la repetición constante del proceso se puede considerar como una población de números distribuida normalmente, con alguna desviación media y estándar. Mientras la distribución siga siendo la misma, se considera que el proceso está "bajo control" y, simplemente, exhibe una variación fortuita. Una manera de determinar si la distribución permanece igual consiste en seguir verificando la medida de la distribución. Si adopta algún otro valor, se puede suponer que el proceso está "fuera de control".

El problema radica en que a las organizaciones les resulta demasiado costoso verificar constantemente las operaciones. En vez de eso verifican muestras del producto de la operación. Cuando se muestrea el sistema con fines de inspección, es indispensable que la muestra represente, cabalmente, a la población que se verifica, de manera que debe tomarse una muestra al azar. Una muestra al azar es

aquella que se toma de manera que cada uno de los elementos de la población tenga igual oportunidad de ser incluido en la misma.

En la sección de tachos hay que tomar en cuenta diferentes características del proceso, por ejemplo: los pies cúbicos de masa por tacho que esté trabajando, como están: los tanques de miel, los cristalizadores, los mezcladores, el tanque de magma, los portatemplas, los graneros, etc., lo que lo hace un sistema complejo. Luego de la reunión del grupo de calidad total de la sección se llegó a la conclusión de que una forma rápida y efectiva de tomar toda esa información para retroalimentarla es por medio de un formato gráfico (ver apéndice 5), que se llena de una forma sencilla y por cualquier persona de la sección en cualquier momento, pero el responsable de hacerlo es el encargado de la sección y debe reportarlo al jefe de fabricación o a su supervisor.

#### **3.5.4 Planificación del mantenimiento 98-99 para el área de tachos con participación activa del personal operativo.**

##### **Organización para planear y programar el mantenimiento.**

Organizar las actividades de mantenimiento puede tener mayor éxito cuando se toman como base principios sólidos y cuando la forma de organización satisface las pruebas de la lógica, la comunicación y el equilibrio.

## **Principios de organización.**

Los siguientes son los principios claves que se deben tomar en consideración cuando se organiza la función de mantenimiento.

### **a) Relación cliente-servicio**

La justificación natural para la existencia de la actividad de mantenimiento es que una empresa requiere que sus instalaciones y equipo estén en buenas condiciones de operación para cumplir con sus responsabilidades. Estas instalaciones deben mantenerse en un nivel que dé por resultado un uso eficaz y económico con respecto al objetivo. El costo de construcción y mantenimiento es parte del costo general de operación y los fondos para esta actividad se incluyen en los presupuestos de los departamentos operativos. En pocas palabras, el cliente paga la cuenta, las operaciones son el cliente principal o usuario del servicio de construcción y mantenimiento. El mantenimiento proporciona el servicio que se requiere, esta relación de cliente-servicio es la base para asignar autoridad y responsabilidades a los miembros del equipo de la organización.

### **b. Principio del tamaño óptimo del equipo.**

El tamaño óptimo del equipo es el menor número de obreros que pueda realizar un trabajo usando un buen método representativo en forma segura.

### **c. Principio de puntualidad.**

Puntos de control de la programación deben estar a intervalos de frecuencia suficiente de manera que los problemas se detecten a tiempo para que el trabajo se termine en las fechas planificadas.

#### **d. Responsabilidades de las actividades.**

El control del trabajo depende de la responsabilidad definida para cada actividad en la vida de una orden de trabajo. Por ejemplo, el solicitante es responsable de entregar la orden de trabajo al departamento de mantenimiento.

#### **Las formas y las relaciones de la organización.**

Existen dos formas básicas de organización de mantenimiento: 1. central y 2. por áreas. En una organización central, toda la actividad se controla desde un taller de mantenimiento. Es una organización por área, la autoridad se delega a los diversos talleres de área y es ahí donde se asignan los trabajos de mantenimiento. La organización central ofrece más control, mientras que la organización por área ofrece una mejor respuesta debido a que los requerimientos de traslado son más cortos. Una tercera forma de organización, la de centro-área, es una combinación de las dos primeras lo cual se usa en las organizaciones grandes y complejas y ofrece un arreglo que permite tanto un gran control como una rápida respuesta. Los trabajos se realizan cotidianamente en un área, se asignan ahí, mientras que los que no se usan seguido se despachan desde el taller central. Este último tipo de organización es el que se usa en la sección de tachos ya que se cuenta con un taller mecánico para que se realicen todos los trabajos de las diferentes áreas del ingenio, por lo que se hace necesario que allí programen todas las órdenes de trabajo.

### **Relaciones de la organización.**

Por lo general, una buena razón personal a supervisión es de 15:1 mientras que una buena razón del planificador a personal es de 30:1, por lo tanto, una unidad de trabajo básico está formada por 1 planificador, 2 Supervisores y 30 empleados de mantenimiento. Los supervisores de líneas que les reportan a ellos. Un ingeniero de mantenimiento y un coordinador de material pueden brindar apoyo a cerca de 100 Obreros.

### **Planeación del trabajo.**

#### **Cómo usar la orden de trabajo para comunicar las necesidades de mantenimiento.**

Como un gran volumen de estas solicitudes puede darse en un tiempo, relativamente corto, deben hacerse por escrito. La forma estándar para este propósito es la orden de trabajo que transmite la información entre el solicitante, el planificador y el capataz, el planificador y otros trabajadores o talleres, el capataz y el que realiza el trabajo y la supervisión y los altos mandos. En cada fase, el proceso, la orden queda más completa conforme se le agrega información ya que cada etapa del proceso es una fuente constante de retroalimentación de información que proporciona a los directivos hechos necesarios para tomar una acción correctiva. El objetivo de la orden de trabajo es promover la utilización óptima de la fuerza laboral de mantenimiento y proporcionar un registro escrito del trabajo que se realiza día con día.



La forma de orden de trabajo la va llenando en forma progresiva el planificador, el obrero y el capataz. El solicitante llena la información de la orden de trabajo, registra la solicitud en la bitácora y envía la orden a la oficina de planeación. El planificador verifica el trabajo en el campo, planea el trabajo y envía la orden de trabajo al capataz para que asigne a la persona adecuada.

### **Órdenes de trabajo para tareas de alta frecuencia.**

Muchas solicitudes de servicio de mantenimiento se terminan en menos de una hora. No es raro encontrar que un 80% de los trabajos corresponden a tan sólo un 20% de las horas laborales. Los procedimientos que controlan este 20% de las horas laborales deben ser eficaces y prácticos, de manera que la mayor parte del esfuerzo del capataz y del planificador pueda dirigirse hacia el 80% de las horas laborales. Una orden de trabajo por separado para cada uno de estos trabajos repetitivos y de corto alcance, pronto tendrá planificadores y capataces sumergidos en un papeleo innecesario. Por otra parte, cualquier procedimiento alternativo debe retener para la supervisión, un grado de control que contribuya a que las operaciones sean eficaces. Las órdenes de trabajo totales, cuyo contenido de trabajo no está definido ni especificado, no logran esto. La alternativa que se adapta mejor a esta situación es el uso de órdenes de trabajo, semanales, emitidas para un trabajador individual y que se cierran una vez a la semana. Con las ordenes de trabajo semanales, hay dos grupos generales de trabajo que se pueden controlar con muchas ventajas: las rutas específicas que se

recorren cada día y las asignaciones de alta frecuencia y agrupadas, como los ajustes menores que, con frecuencia, se dan fortuitamente.

Todos los empleados a quienes se asignen lista de verificación, se les debe asignar, también, las demás órdenes de trabajo rutinarias. Pueden necesitar otro trabajo en los momentos en que no se necesite trabajar en las listas de verificación.

### **Las ventajas de las órdenes de trabajo con lista de verificación.**

Las órdenes de trabajo con lista de verificación tienen muchas ventajas para el trabajador de mantenimiento, el solicitante y el planificador, puesto que reducen el número de órdenes de trabajo, requieren menos escritura para cada trabajo, reducen el tiempo de espera por las asignaciones, reducen el tiempo de respuesta y proporcionan una mejor comunicación. Los horarios planeados impresos se aplican sólo una vez y no se necesita manejar órdenes de trabajo separadas para cada evento.

### **Numeración de las órdenes de trabajo.**

El volumen de órdenes de trabajo procesadas en un año es muy grande, aún en las plantas, más bien, pequeñas. Por lo tanto, el éxito del sistema dependerá, en gran medida, del control cuidadoso del estado de cada orden de trabajo desde el momento en que ésta se origina y la recibe el planificador de mantenimiento, hasta el momento en que entra al archivo de órdenes terminadas (estos sistemas se manejan también con aplicaciones en computadora).

Existe un sistema de control numérico que usa dos conjuntos de números diferentes y que se emplea para esto. Estos conjuntos de números son el número de solicitante y el número de la orden de trabajo.

#### **Control numérico de las órdenes de trabajo en proceso.**

Cada uno de esos números se enlista de uno o más registros, junto con la descripción del trabajo y la información acerca del estado del trabajo. Cada registro representa un centro de información para todas las órdenes de trabajo que hayan pasado a través de ese punto de control. Para una recuperación más sencilla de la información, las entradas deben estar en secuencia numérica. La secuencia real de las solicitudes de un solo solicitante será diferente de la secuencia en que la sección de planeación de mantenimiento recibe las órdenes de trabajo de los diferentes solicitantes.

#### **Números de órdenes de trabajo para el trabajo de emergencia.**

Debido a que en algunos casos se responde a la llamada de emergencia antes de dar curso al papeleo, la orden de trabajo que el mecánico regresa al taller puede no traer número. Esta orden de trabajo se entrega al planificador y éste registra el trabajo, le asigna un número y aplica a posteriori las horas planeadas, basándose en el trabajo realizado, de manera que se puedan llevar completos los registros del historial.

### **Mantenimiento preventivo.**

Confome el equipo se vuelve más complejo, las consecuencias de permitir que suceda una descompostura se vuelven más graves. La preocupación más importante de los directivos es el riesgo de seguridad que se presenta cuando una máquinaria se descompone mientras la está usando un operario. Además, mientras más automatizado sea el proceso, es más probable que la máquina se dañe más. Otro efecto serio es que se interrumpa la producción o la programación de las operaciones, lo cual puede traer como consecuencia, que se presenten problemas de relación con los clientes e, incluso, que se pierdan pedidos.

Tanto el mantenimiento preventivo como el predictivo son técnicas avanzadas que elevan el mantenimiento por sobre la simple lucha acalorada y aumentan el control adminstrativo.

### **Definición de mantenimiento preventivo.**

El mantenimiento preventivo consiste en la planeación sistemática, programación y terminación a tiempo del trabajo de mantenimiento necesario que se diseña para garantizar la mayor disponibilidad de equipo e instalaciones, prolongar la vida útil de los activos de capital y reducir los costos. Este trabajo abarca inspección, limpieza, lubricación, reemplazo y reparación y se programa por año para realizarse a intervalos planeados regulares.

## **Cómo establecer el sistema de mantenimiento preventivo en el área de tachos.**

Para establecer cualquier trabajo de mantenimiento preventivo, se deben determinar tres factores, que son:

1. el contenido del trabajo, la descripción de las operaciones por hacer y la secuencia de estas,
2. la frecuencia, la cantidad de horas naturales o de máquina entre las repeticiones sucesivas del trabajo,
3. la programación, el o los días elegidos en un período de 6 meses para que se realice el trabajo.

La forma de asignación del mantenimiento preventivo se usa para describir el equipo o la instalación, el trabajo por realizar y el material requerido. La cantidad de cobertura que se incluye en la asignación de mantenimiento preventivo varía grandemente y dependerá de las características del trabajo y del equipo del que se trate. Los trabajos de inspección y lubricación, por ejemplo, suelen ser combinaciones de un gran número de tareas individuales que se efectúan en lugares muy poco diferentes unos de otros. Se destina muy poco tiempo a cada lugar, punto de inspección y lubricación. Para este tipo de trabajo, una asignación de mantenimiento preventivo sirve como hoja de ruta o para gran número de tareas de intervalos cortos (ver apéndice 6).

Las asignaciones de mantenimiento preventivo se establecen de la siguiente forma:

1. elíjase un área que sea crítica para la operación general de la planta y que esté experimentando un alto grado de actividad de mantenimiento;
2. comenzando con las rutas de inspección preventivas, defínase en detalle, el mantenimiento preventivo que se requiere. las fuentes de esta información son los supervisores e ingenieros de producción y mantenimiento y los manuales de mantenimiento y de operación del vendedor;
3. establézcase la frecuencia de repetición de la asignación;
4. prepárese la asignación de mantenimiento preventivo;
5. prográmese, anualmente, asignación de mantenimiento preventivo;
6. una vez ubicadas y programadas todas las asignaciones de mantenimiento preventivo de esta área, máquina o departamento, váyase a la siguiente área y repítase los cinco pasos que se enlistan arriba, hasta que todas las áreas de la sección queden incluidas en el sistema de mantenimiento preventivo.

### **Mantenimiento de reparación post zafra en la sección de tachos**

Este tipo de mantenimiento es el que se dá, luego de terminada una zafra en cada ingenio. Como el tiempo de la cosecha de caña

sólamente es en una época del año (por lo regular de noviembre-abril) ya que es donde alcanza su máxima madurez de sacarosa la planta y por las condiciones del clima en Guatemala es necesario realizar una reparación a todos los equipos que trabajaron durante la zafra.

En este mantenimiento, primero se desarman casi todos los equipos y se desmontan para su revisión, si existe algún problema se elabora su respectiva orden de reparación, de lo contrario, se vuelve a armar el equipo y a dejarlo listo para que arranque de nuevo es su siguiente período de trabajo.

Para planificar este mantenimiento, es necesario tomar en cuenta todos los recursos con los que se cuenta, ya que el personal que opera la sección durante la zafra lo hace en tiempo de reparación. Se debe tomar en cuenta, también, todas las modificaciones que puedan surgir por una mejora a los equipos (puede ser por automatización de los mismos o mejora de diseño) y el tiempo con que se cuenta para que toda la reparación se haga efectiva. Por medio de programas de computadora se asignan todas las tareas, recursos, tiempo estándar por tarea, tipo de trabajo a realizar y, por supuesto, su costo asociado para tener un panorama de los objetivos que hay que alcanzar. La planificación de la reparación en la sección de tachos luego de su formulación y replanteamiento inicial es el siguiente:

Cuadro No. 6  
PRESUPUESTO DE MANO DE OBRA REPARACION 88-89  
SECCION DE TACHOS

ACTIVIDAD	Tiempo Dias	No. de Personas	Categ. Puesto	COSTO DIARIO	Ordinamo	Horas Ext. 1	Horas Ext. 2	Tot. Hor. Ext. 1 y 2	Total Hrs. Extr. 2*2	Tot. Hor. Ext.	TOTAL MO	Prestaciones Legales 44%	Prestaciones Sociales 8%	Total Prestaciones	Total General
<b>A</b>															
<b>A.1</b>															
<b>CONSTRUCCION</b>															
DEL 13 AL 30	14	1	MECANICO ESP.	52.00	728.00						728.00	320.32	58.24	378.56	1,065.96
DEL 13 AL 30	14	2	MECANICO 1ra.	45.50	1,274.00						1,274.00	560.56	101.92	662.48	1,668.48
DEL 13 AL 30	14	3	MECANICO 2da.	39.50	1,659.00						1,659.00	729.96	132.72	862.68	2,521.68
DEL 13 AL 30	14	1	MECANICO 4ta.	29.00	406.00						406.00	178.64	32.48	211.12	617.12
DEL 13 AL 30	14	1	SOLD. MEC. ESP.	52.00	728.00						728.00	320.32	58.24	378.56	1,065.96
DEL 13 AL 30	14	1	SOLD. MEC. ESP.	47.00	1,316.00						1,316.00	579.04	105.28	684.32	2,000.32
DEL 13 AL 30	14	2	SOLDADOR 1RA.	39.50	1,659.00						1,659.00	729.96	132.72	862.68	2,521.68
DEL 13 AL 30	14	2	SOLDADOR 2DA.	24.81	694.68						694.68	305.66	55.57	361.2366	1,055.91
DEL 13 AL 30	14	16	AYUDANTE	21.25	4,760.00						4,760.00	2,094.40	360.80	2,455.20	7,215.20
DEL 13 AL 30	14	1	PEON	19.40	271.60						271.60	119.50	21.73	141.232	412.83
<b>A.5</b>															
<b>MAYO</b>															
DEL 1 AL 31	21	1	MECANICO ESP.	52.00	1,092.00						1,092.00	480.48	87.36	567.84	1,659.84
DEL 1 AL 31	21	2	MECANICO 1ra.	45.50	1,911.00						1,911.00	840.84	152.88	993.72	2,904.72
DEL 1 AL 31	21	3	MECANICO 2da.	39.50	2,488.50						2,488.50	1,094.84	198.08	1,292.92	3,781.42
DEL 1 AL 31	21	1	MECANICO 4ta.	29.00	609.00						609.00	267.96	48.72	316.68	925.68
DEL 1 AL 31	21	1	SOLD. MEC. ESP.	52.00	1,092.00						1,092.00	480.48	87.36	567.84	1,659.84
DEL 1 AL 31	21	2	SOLDADOR 1RA.	47.00	1,974.00						1,974.00	868.56	157.92	1,026.48	3,000.48
DEL 1 AL 31	21	3	SOLDADOR 2DA.	39.50	2,488.50						2,488.50	1,094.84	198.08	1,292.92	3,781.42
DEL 1 AL 31	21	2	ALBAÑIL 2DA.	24.81	1,042.02						1,042.02	458.48	83.96	541.8504	1,583.87
DEL 1 AL 31	21	16	AYUDANTE	21.25	7,140.00						7,140.00	3,141.60	571.20	3,712.80	10,852.80
DEL 1 AL 31	21	1	PEON	19.40	407.40						407.40	179.26	32.59	211.848	619.25
<b>A.9</b>															
<b>JUNIO</b>															
DEL 1 AL 30	22	1	MECANICO ESP.	52.00	1,144.00	32		312.00		312.00	1,456.00	640.64	116.48	757.12	2,213.12
DEL 1 AL 30	22	2	MECANICO 1ra.	45.50	2,020.00	64		546.00		546.00	2,566.00	1,121.12	203.84	1,324.96	3,872.96
DEL 1 AL 30	22	3	MECANICO 2da.	39.50	2,607.00	96		711.00		711.00	3,318.00	1,459.56	285.44	1,743.96	5,061.96
DEL 1 AL 30	22	1	MECANICO 4ta.	29.00	636.00	32		174.00		174.00	810.00	357.28	64.96	422.24	1,232.24
DEL 1 AL 30	22	1	SOLD. MEC. ESP.	52.00	1,144.00	32		312.00		312.00	1,456.00	640.64	116.48	757.12	2,213.12
DEL 1 AL 30	22	2	SOLDADOR 1RA.	47.00	2,088.00	64		564.00		564.00	2,652.00	1,158.08	216.96	1,374.96	4,026.96
DEL 1 AL 30	22	3	SOLDADOR 2DA.	39.50	2,607.00	96		711.00		711.00	3,318.00	1,459.56	285.44	1,743.96	5,061.96
DEL 1 AL 30	22	2	ALBAÑIL 2DA.	24.81	1,091.64	64		297.72		297.72	1,389.36	611.32	111.15	722.472	2,111.83
DEL 1 AL 30	22	16	AYUDANTE	21.25	7,480.00	512		2,040.00		2,040.00	9,520.00	4,189.80	761.60	4,950.40	14,470.40
DEL 1 AL 30	22	1	PEON	19.40	426.80	32		116.40		116.40	543.20	236.01	43.46	282.464	825.66
<b>A.13</b>															
<b>JULIO</b>															
DEL 1 AL 31	23	1	MECANICO ESP.	52.00	1,196.00	32		312.00		312.00	1,508.00	663.52	120.64	784.16	2,292.16
DEL 1 AL 31	23	2	MECANICO 1ra.	45.50	2,093.00	64		546.00		546.00	2,639.00	1,161.16	211.12	1,372.28	4,011.28
DEL 1 AL 31	23	3	MECANICO 2da.	39.50	2,725.50	96		711.00		711.00	3,436.50	1,512.06	274.92	1,786.98	5,223.48
DEL 1 AL 31	23	1	MECANICO 4ta.	29.00	667.00	32		174.00		174.00	841.00	370.04	67.28	437.32	1,278.32
DEL 1 AL 31	23	1	SOLD. MEC. ESP.	52.00	1,196.00	32		312.00		312.00	1,508.00	663.52	120.64	784.16	2,292.16
DEL 1 AL 31	23	2	SOLDADOR 1RA.	47.00	2,162.00	64		564.00		564.00	2,726.00	1,199.44	216.96	1,415.40	4,141.40
DEL 1 AL 31	23	3	SOLDADOR 2DA.	39.50	2,725.50	96		711.00		711.00	3,436.50	1,512.06	274.92	1,786.98	5,223.48
DEL 1 AL 31	23	2	ALBAÑIL 2DA.	24.81	1,141.26	64		297.72		297.72	1,438.98	633.15	115.12	748.2986	2,187.25
DEL 1 AL 31	23	16	AYUDANTE	21.25	7,620.00	512		2,040.00		2,040.00	9,660.00	4,339.40	789.80	5,177.20	14,837.20
DEL 1 AL 31	23	1	PEON	19.40	446.20	32		116.40		116.40	562.60	247.54	45.01	292.552	855.15
<b>A.17</b>															
<b>AGOSTO</b>															
DEL 1 AL 31	21	1	MECANICO ESP.	52.00	1,092.00	74		721.50		721.50	1,813.50	787.94	145.08	943.02	2,756.52
DEL 1 AL 31	21	2	MECANICO 1ra.	45.50	1,911.00	148		1,262.63		1,262.63	3,176.63	1,366.40	258.89	1,625.53	4,802.16
DEL 1 AL 31	21	3	MECANICO 2da.	39.50	2,488.50	222		1,644.19		1,644.19	3,132.69	1,816.36	330.62	2,146.9975	6,281.69
DEL 1 AL 31	21	1	MECANICO 4ta.	29.00	609.00	74		402.38		402.38	1,011.38	445.01	60.91	525.915	1,537.29
DEL 1 AL 31	21	1	SOLD. MEC. ESP.	52.00	1,092.00	74		721.50		721.50	1,813.50	787.94	145.08	943.02	2,756.52
DEL 1 AL 31	21	2	SOLDADOR 1RA.	47.00	1,974.00	148		1,304.25		1,304.25	3,278.25	1,442.43	262.26	1,740.69	4,992.54
DEL 1 AL 31	21	3	SOLDADOR 2DA.	39.50	2,488.50	222		1,644.19		1,644.19	3,132.69	1,816.36	330.62	2,146.9975	6,281.69
DEL 1 AL 31	21	2	ALBAÑIL 2DA.	24.81	1,042.02	148		688.48		688.48	1,730.50	761.42	138.44	899.897	2,630.36
DEL 1 AL 31	21	16	AYUDANTE	21.25	7,140.00	1184		4,717.50		4,717.50	11,857.50	5,217.30	946.60	6,163.90	18,021.40
DEL 1 AL 31	21	1	PEON	19.40	407.40	74		269.18		269.18	678.58	297.69	54.13	351.819	1,029.39
<b>A.20</b>															
<b>SUB-TOTAL DE DESMONTAJE Y CHECKEAD</b>															
					97,366.02			24,944.02		24,944.02	122,310.04	53,816.42	8,784.80	63,601.22	185,911.26



**PRESUPUESTO DE MANO DE OBRA REPARACION 96-99  
SECCION DE TACHOS**

ACTIVIDAD	Tiempo Días	No. de Personas	Categ Puesto	COSTO DIARIO	Ordinario	HORAS EXTRAS	TOTAL HORAS EXTRAS	TOTAL HORAS EXTRAS 22	TOTAL MO	Prestaciones Legales 44%	Prestaciones Sociales 8%	Total Prestaciones	Total General
<b>B</b>													
<b>B.1</b>	SEPTIEMBRE												
	DEL 1 AL 30	1	MECANICO ESP.	52.00	1,144.00	76	741.00	741.00	1,885.00	829.40	150.80	980.2	2,865.20
	DEL 1 AL 30	2	MECANICO 1ra.	45.50	2,002.00	152	1,296.75	1,296.75	3,298.75	1,451.45	263.90	1,715.35	5,014.10
	DEL 1 AL 30	3	MECANICO 2da.	38.50	2,607.00	228	1,688.63	1,688.63	4,296.63	1,890.08	343.65	2,233.725	6,529.35
<b>B.2</b>	DEL 1 AL 30	1	MECANICO 4ta.	23.00	638.00	76	413.25	413.25	1,051.25	462.55	84.10	546.65	1,597.90
	DEL 1 AL 30	1	SOLD. MEC. ESP.	52.00	1,144.00	76	741.00	741.00	1,885.00	829.40	150.80	980.2	2,865.20
<b>B.3</b>	DEL 1 AL 30	2	SOLDADOR 1RA.	47.00	2,068.00	152	1,339.50	1,339.50	3,407.50	1,469.30	272.60	1,741.9	5,179.40
	DEL 1 AL 30	3	SOLDADOR 2DA.	39.50	2,068.00	228	1,688.63	1,688.63	4,296.63	1,890.08	343.65	2,233.725	6,529.35
	DEL 1 AL 30	2	ALBAÑIL 2DA.	24.81	1,091.64	152	707.09	707.09	1,798.73	791.44	143.90	935.337	2,734.06
<b>B.4</b>	DEL 1 AL 30	16	AYUDANTE	21.25	7,480.00	1216	4,845.00	4,845.00	12,325.00	5,423.00	986.00	6,409	18,734.00
	DEL 1 AL 30	1	PEON	19.40	426.80	76	276.45	276.45	703.25	309.43	56.26	365.69	1,068.94
<b>B.5</b>	OCTUBRE												
	DEL 1 AL 31	1	MECANICO ESP.	52.00	1,144.00	76	741.00	741.00	2,301.00	1,012.44	184.08	1,196.52	3,497.52
	DEL 1 AL 31	2	MECANICO 1ra.	45.50	2,002.00	152	1,296.75	1,296.75	4,028.75	1,771.77	322.14	2,093.91	6,120.66
	DEL 1 AL 31	3	MECANICO 2da.	38.50	2,607.00	228	1,688.63	1,688.63	5,243.63	2,307.20	419.69	2,726.895	7,970.31
<b>B.6</b>	DEL 1 AL 31	1	MECANICO 4ta.	23.00	638.00	76	413.25	413.25	1,263.25	564.63	102.66	667.29	1,930.54
	DEL 1 AL 31	1	SOLD. MEC. ESP.	52.00	1,144.00	76	741.00	741.00	2,301.00	1,012.44	184.08	1,196.52	3,497.52
	DEL 1 AL 31	2	SOLDADOR 1RA.	47.00	2,068.00	152	1,339.50	1,339.50	4,169.50	1,807.18	332.76	2,140.34	6,322.44
	DEL 1 AL 31	3	SOLDADOR 2DA.	39.50	2,068.00	228	1,688.63	1,688.63	5,243.63	2,307.20	419.69	2,726.895	7,970.31
	DEL 1 AL 31	2	ALBAÑIL 2DA.	24.81	1,091.64	152	707.09	707.09	1,798.73	791.44	143.90	935.337	2,734.06
<b>B.8</b>	DEL 1 AL 31	16	AYUDANTE	21.25	7,480.00	1216	4,845.00	4,845.00	13,045.00	6,019.80	1,203.60	7,223.4	22,868.40
	DEL 1 AL 31	1	PEON	19.40	426.80	76	276.45	276.45	858.45	377.72	68.68	446.394	1,304.84
<b>B.9</b>	NOVIEMBRE												
	DEL 1 AL 20	1	MECANICO ESP.	52.00	780.00	52	604.50	604.50	1,800.50	792.22	144.04	936.26	2,736.76
	DEL 1 AL 20	2	MECANICO 1ra.	45.50	1,365.00	124	1,057.88	1,057.88	3,150.88	1,366.39	252.07	1,618.455	4,769.33
<b>B.10</b>	DEL 1 AL 20	3	MECANICO 2da.	38.50	1,777.50	168	1,377.56	1,377.56	4,105.06	1,805.35	328.25	2,133.5925	6,236.66
	DEL 1 AL 20	1	MECANICO 4ta.	23.00	435.00	82	337.13	337.13	1,004.13	441.82	80.33	522.145	1,526.27
	DEL 1 AL 20	1	SOLD. MEC. ESP.	52.00	780.00	52	604.50	604.50	1,800.50	792.22	144.04	936.26	2,736.76
<b>B.11</b>	DEL 1 AL 20	2	SOLDADOR 1RA.	47.00	1,410.00	124	1,092.75	1,092.75	3,254.75	1,432.06	280.38	1,692.47	4,947.22
	DEL 1 AL 20	3	SOLDADOR 2DA.	39.50	1,777.50	168	1,377.56	1,377.56	4,105.06	1,805.35	328.25	2,133.5925	6,236.66
	DEL 1 AL 20	2	ALBAÑIL 2DA.	24.81	1,091.64	124	873.79	873.79	1,718.09	755.96	137.45	893.4081	2,611.50
<b>B.12</b>	DEL 1 AL 20	16	AYUDANTE	21.25	5,100.00	962	3,952.50	3,952.50	11,775.50	5,173.90	944.80	6,118.7	17,894.20
	DEL 1 AL 20	1	PEON	19.40	281.00	62	225.53	225.53	671.73	295.58	53.74	349.297	1,021.62
<b>B.13</b>													
<b>B.14</b>													
<b>B.15</b>													
<b>SUB-TOTAL MONTAJE</b>										48,832.43	8,878.62	57,711.06	166,633.96
<b>TOTAL</b>										233,292.84	18,663.43	251,956.28	748,812.12
<b>REPARACION AREA DE TACHOS</b>										102,846.85	18,663.43	121,510.28	354,605.12



ID	Nombre de tarea	DUR	Ini	Fin	Qtr 2, 1998				Qtr 3, 1998				Qtr 4, 1998			
					Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec			
26	Revisión Valvulas descarga	2d	12/06/98	16/06/98					12/06	Marco Antonio Garcia						
27	Revisión Valvulas de pases	2d	10/07/98	14/07/98					10/07	Marco Antonio Garcia						
28	Revisión Valvulas Graneros	4d	13/08/98	19/08/98					13/08	Marco Antonio Garcia						
29	Revisión Condensador y tanque sello	2d	28/04/98	29/04/98					28/04	Herbert Godoy						
30	Revisión y Reparación Lucetas	2d	21/09/98	23/09/98							21/09	Marco Antonio Garcia				
31	Prueba Hidrostatica cuerpos Tachos #2	2d	23/09/98	25/09/98							23/09	Herbert Godoy				
32	Revisión Valv. vapor a calandria	3d	17/04/98	22/04/98					04	Juan Can Chic						
33	Rev. bomba Nash, valvula y cheque	7d	23/04/98	4/05/98					3/04	Santiago Contreras						
34	Revisión del reductor mov. agitador, coupling y aspaa	3d	21/04/98	24/04/98					04	Francisco Muralles						
35	Inst. completa mov. agitador, eje, coupling, aspaa, etc	7d	8/05/98	19/05/98					8/05	Francisco Muralles						
36	Rev. valvulas agua fria y caliente "cabezal	3d	30/04/98	5/05/98					30/04	Juan Can Chic						
37	Rev. valvulas agua condens. zanja y calderas	3d	8/05/98	13/05/98					8/05	Juan Can Chic						
38	Revisión tuberia lavamanos a tacho	1d	14/05/98	15/05/98					14/05	Juan Can Chic						
39	Revisión y cambio accesorios "codos" en gases incond	3d	15/05/98	20/05/98					15/05	Juan Can Chic						
40	Revisión Cachel	1d	21/05/98	21/05/98					21/05	Herbert Godoy						
41	Revisión Cilindros Hidraulicos	3d	17/04/98	22/04/98					04	Julio René Paredes Manzo						
42	TACHO No.3	170.5d	14/04/98	29/10/98												
43	Prueba hidrostatica No.1	0.5d	14/04/98	14/04/98					4	Marco Antonio Garcia						
44	Revisión Calandria	1d	15/04/98	15/04/98					04	Herbert Godoy						
45	Reparar Calandria	3d	28/04/98	1/05/98					28/04	Marco Antonio Garcia						
46	Revisión Valvulas descarga	2d	16/06/98	18/06/98						16/06	Marco Antonio Garcia					
47	Revisión Valvulas de pases	2d	14/07/98	16/07/98						14/07	Marco Antonio Garcia					
48	Revisión Valvulas Graneros	3d	19/08/98	24/08/98							19/08	Marco Antonio Garcia				
49	Revisión Condensador y tanque sello	1d	30/04/98	30/04/98					30/04	Herbert Godoy						
50	Revisión y Reparación Lucetas	3d	23/09/98	28/09/98							23/09	Marco Antonio Garcia				

ID	Nombre de tarea	DUR	Ini	Fin	Qtr 2, 1998			Qtr 3, 1998			Qtr 4, 1998			
					Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
51	Prueba Hidrostatica cuerpos Tachos #2	7d	20/10/98	29/10/98										
52	Revisar valvulas de vapor	3d	22/04/98	27/04/98	2/04	Juan Can Chic								
53	Revisión del reductor mov. agitador, coupling y aspas	3d	24/04/98	29/04/98	4/04	Francisco Muralles								
54	Alineación agitador y reparación aspa, tornillos quebrac	6d	19/05/98	27/05/98	19/05	Francisco Muralles								
55	Revisión Cachol	1d	22/05/98	22/05/98	22/05	Herbert Godoy								
56	Revisión Cilindros Hidraulicos	3d	22/04/98	27/04/98	2/04	Julio René Paredes Manzo								
57	TACHO No.4	146d	14/04/98	1/10/98										
58	Prueba hidrostatica No.1	0.5d	14/04/98	14/04/98	4	Marco Antonio Garcia								
59	Revisión Calandria	0.5d	16/04/98	16/04/98	04	Herbert Godoy								
60	Reparar Calandria	3d	1/05/98	6/05/98	1/05	Marco Antonio Garcia								
61	Revisión Valvulas descarga	2d	18/06/98	22/06/98		18/06	Marco Antonio Garcia							
62	Revisión Valvulas de pasas	3d	16/07/98	21/07/98		16/07	Marco Antonio Garcia							
63	Revisión Valvulas Graneros	2d	24/08/98	26/08/98		24/08	Marco Antonio Garcia							
64	Revisión Condensador y tanque sello	2d	1/05/98	4/05/98		1/05	Herbert Godoy							
65	Revisión y Reparación Lucetas	1d	28/09/98	29/09/98										
66	Prueba Hidrostatica cuerpos Tachos #2	2d	29/09/98	1/10/98										
67	Rev. tanque sello (Reparar lamina)	15d	17/04/98	8/05/98	04	Felipe Eliberto Márquez								
68	Revisión gral. valvulas	12d	20/05/98	5/06/98		20/05	Juan Can Chic							
69	Revisión Cachol	1d	25/05/98	25/05/98		25/05	Herbert Godoy							
70	Revisión bombas nash, valvulas y cheque	7d	4/05/98	13/05/98		4/05	Santiago Contreras							
71	Revisión Cilindros Hidraulicos	3d	27/04/98	30/04/98		27/04	Julio René Paredes Manzo							
72	Revisión de agitador	3d	29/04/98	4/05/98		29/04	Francisco Muralles							
73	TACHO No.5	146.5d	15/04/98	2/10/98										
74	Prueba hidrostatica No.1	0.5d	15/04/98	15/04/98	04	Marco Antonio Garcia								
75	Revisión Calandria	1d	16/04/98	17/04/98	04	Herbert Godoy								

ID	Nombre de tarea	DUR	Ini	Fin	Qtr 2, 1998				Qtr 3, 1998				Qtr 4, 1998				
					Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec				
76	Reparar Calandria	3d	6/05/98	11/05/98	6/05												
77	Revisión Valvulas descarga	2d	22/06/98	24/06/98	22/06												
78	Revisión Valvulas de pases	2d	21/07/98	23/07/98													
79	Revisión Valvulas Graneros	3d	26/08/98	31/08/98													
80	Revisión Condensador y tanque sello	1d	5/05/98	5/05/98	5/05												
81	Revisión y Reparación Lucetas	1d	29/09/98	30/09/98													
82	Prueba Hidrostatica cuerpos Tachos #2	1d	1/10/98	2/10/98													
83	Revisión Gral. valvulas	12d	5/06/98	23/06/98	5/06												
84	Revisión Bomba Nash valvula y Cheque	7d	13/05/98	22/05/98	13/05												
85	Revisión Cacho	1d	26/05/98	26/05/98	26/05												
86	Revisión cabezal agua condensados	15d	23/06/98	14/07/98													
87	Revisión Cilindros Hidraulicos	3d	30/04/98	5/05/98	30/04												
88	TACHO No.6	149d	15/04/98	6/10/98	30/04												
89	Prueba hidrostatica No.1	0.5d	15/04/98	15/04/98	04												
90	Revisión Calandria	0.5d	17/04/98	17/04/98	04												
91	Reparar Calandria	3d	11/05/98	14/05/98	11/05												
92	Revisión Valvulas descarga	2d	24/06/98	26/06/98													
93	Revisión Valvulas de pases	2d	23/07/98	27/07/98													
94	Revisión Condensador y tanque sello	2d	6/05/98	7/05/98	6/05												
95	Revisión Valvulas Graneros	3d	31/08/98	3/09/98													
96	Revisión y Reparación Lucetas	2d	30/09/98	2/10/98													
97	Prueba Hidrostatica cuerpos Tachos #2	2d	2/10/98	6/10/98													
98	Revisión Gral. valvulas	12d	14/07/98	30/07/98													
99	Revisión bomba Nash, Valv. y cheque	7d	22/05/98	2/06/98													
100	Revisión Cacho	1d	27/05/98	27/05/98													

ID	Nombre de tarea	DUR	Ini	Fin	Qtr 2, 1998				Qtr 3, 1998				Qtr 4, 1998					
					Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec					
101	Revisión 162h Cilindros Hidráulicos	3d	5/05/98	8/05/98	5/05													
102	TACHO No.7	152d	14/04/98	8/10/98														
103	Prueba hidrostática No.1	0.5d	16/04/98	16/04/98														
104	Revisión Calandria	1d	20/04/98	20/04/98														
105	Reparar Calandria	3d	14/05/98	19/05/98														
106	Revisión Valvulas descarga	2d	26/06/98	30/06/98														
107	Revisión Valvulas de pases	2d	27/07/98	29/07/98														
108	Revisión condensador y tanque sello	2d	8/05/98	11/05/98														
109	Revisión Valvulas Graneros	3d	3/09/98	8/09/98														
110	Revisión y reparación lucetas	2d	2/10/98	6/10/98														
111	Prueba Hidrostática cuerpos Tachos #2	2d	6/10/98	8/10/98														
112	Revisión Gral. valvulas	12d	30/07/98	17/08/98														
113	Revisión bomba nash Valt y cheque	7d	2/06/98	11/06/98														
114	Revisión Cacho	1d	28/05/98	28/05/98														
115	Revisión cilindros hidráulicos	3d	8/05/98	13/05/98														
116	Modificación tubería de vapor	7d	14/04/98	23/04/98														
117	TACHO No.8	129d	16/04/98	14/09/98														
118	Prueba hidrostática No.1	0.5d	16/04/98	16/04/98														
119	Revisión Calandria	0.5d	21/04/98	21/04/98														
120	Reparar Calandria	3d	19/05/98	22/05/98														
121	Revisión Valvulas descarga	2d	30/06/98	2/07/98														
122	Revisión Valvulas de pases	2d	29/07/98	31/07/98														
123	Revisión gral. valvulas	12d	17/08/98	2/09/98														
124	Revisión Condensador y tanque sello	2d	12/05/98	13/05/98														
125	Revisión y Reparación Lucetas	2d	8/09/98	10/09/98														

ID	Nombre de tarea	DUR	Ini	Fin	Qtr 2, 1998			Qtr 3, 1998			Qtr 4, 1998			
					Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
126	Prueba Hidrostatica cuerpos Tachos #2	2d	10/09/98	14/09/98										
127	Revisión cilindros hidraulicos	3d	13/05/98	18/05/98										
128	TACHO No.9	149.5d	17/04/98	8/10/98										
129	Prueba hidrostatica No.1	0.5d	17/04/98	17/04/98										
130	Revisión Calandria	1d	21/04/98	22/04/98										
131	Reparar Calandria	3d	22/05/98	27/05/98										
132	Revisión Valvulas descarga	2d	2/07/98	6/07/98										
133	Revisión Valvulas de pases	3d	31/07/98	5/08/98										
134	Revisión Valvulas Graneros	2d	10/09/98	14/09/98										
135	Revisión Condensador y tanque sello	2d	14/05/98	15/05/98										
136	Revisión y Reparación Lucetas	2d	2/10/98	6/10/98										
137	Prueba Hidrostatica cuerpos Tachos #2	2d	6/10/98	8/10/98										
138	Revisión grai. valvulas	12d	2/09/98	18/09/98										
139	Revisión Cilindros Hidraulicos	3d	18/05/98	21/05/98										
140	TACHO No.10	152d	17/04/98	12/10/98										
141	Prueba hidrostatica No.1	0.5d	17/04/98	17/04/98										
142	Revisión Calandria	0.5d	22/04/98	22/04/98										
143	Reparar Calandria	3d	27/05/98	1/06/98										
144	Revisión Valvulas descarga	2d	6/07/98	8/07/98										
145	Revisión Valvulas de pases	2d	5/08/98	7/08/98										
146	Revisión Valvulas Graneros	3d	14/09/98	17/09/98										
147	Revisión Condensador y tanque sello	2d	18/05/98	19/05/98										
148	Revisión y Reparación Lucetas	2d	6/10/98	8/10/98										
149	Prueba Hidrostatica cuerpos Tachos #2	2d	8/10/98	12/10/98										
150	Revisar tubo 6" diam. cabezal condens.	2d	23/04/98	27/04/98										

ID	Nombre de tarea	DUR	Ini	Fin	Qtr 2, 1998			Qtr 3, 1998			Qtr 4, 1998		
					Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
151	Revisión cilindros hidráulicos	3d	21/05/98	26/05/98	21/05 [ Julio René Paredes Manzo								
152	TACHO CONTINUO	153.5d	20/04/98	15/10/98									
153	Prueba hidrostática No. 1	0.5d	20/04/98	20/04/98	/04 [ Marco Antonio García								
154	Revisión Calandria	1d	23/04/98	23/04/98	3/04 [ Herbert Godoy								
155	Reparar Calandria	7d	1/06/98	10/06/98	1/06 [ Marco Antonio García								
156	Revisión Valvulas descarga C-3	5d	20/04/98	27/04/98	/04 [ Daniel Santos								
157	Revisión Valvulas de pases C-1, C-2	5d	27/04/98	4/05/98	27/04 [ Daniel Santos								
158	Revisión Valvulas Graneros	10d	4/05/98	18/05/98	4/05 [ Daniel Santos								
159	Revisión Condensador y tanque sello	7d	18/05/98	27/05/98	18/05 [ Daniel Santos								
160	Revisión y Reparación Lucetas	20d	27/05/98	24/06/98	27/05 [ Daniel Santos								
161	Prueba Hidrostática cuerpos Tachos #2	3d	12/10/98	15/10/98	12/10 [ Herbert Godoy								
162	REV. gral. valvulas	16d	24/06/98	16/07/98	24/06 [ Daniel Santos								
163	Cambio de mangueras de hule	15d	16/07/98	6/08/98	16/07 [ Daniel Santos								
164	Rev. cabezal meladura y 60 niveles alimet.	10d	6/08/98	20/08/98	6/08 [ Daniel Santos								
165	Revisión agitador de tacho.	4d	4/05/98	8/05/98	4/05 [ Francisco Murrailles								
166	Revisión Bombas Nash	7d	11/06/98	22/06/98	11/06 [ Santiago Contreras								
167	Rev. bombas Meladura	7d	22/06/98	1/07/98	22/06 [ Santiago Contreras								
168	Rev. bombas condens. C1, 2 y 3	3d	1/07/98	6/07/98	1/07 [ Santiago Contreras								
169	Revisión bombas Magma	10d	6/07/98	20/07/98	6/07 [ Santiago Contreras								
170	Modificar drenajes graneros C1 y C2	2d	8/05/98	12/05/98	8/05 [ Felipe Eilberto Márquez								
171	Revisión Graneros	16d	20/08/98	11/09/98	20/08 [ Daniel Santos								
172	Revisión agitador y reductor	7d	11/09/98	22/09/98	11/09 [ Francisco Murrailles								
173	Instalacion Valvula 12" Descarga C1 a Magmero	3d	12/05/98	15/05/98	12/05 [ Felipe Eilberto Márquez								
174	Revisión cilindros hidráulicos	3d	26/05/98	29/05/98	26/05 [ Julio René Paredes Manzo								



#### **4. RESULTADOS OBTENIDOS DEL REPLANTEAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO**

Los resultados obtenidos en la sección de tachos no solamente depende de la misma sino del balance de todos los departamentos que juegan un papel dentro del proceso productivo. Existen factores que se escapan del control de la sección como por ejemplo: la calidad de la caña que viene del campo, el clima, las infecciones que se puedan dar en pasos anteriores a la cristalización, la mala operación de otras secciones, las condiciones del material que entra a los tachos no sea la adecuada, etc., pero que influyen de alguna forma en la operación de la sección.

Los resultados que se evaluarán son de diferentes parámetros y ayudarán para la comparación del trabajo en la sección de tachos y su respectiva retroalimentación para realizar las operaciones en el futuro de una manera más correcta. En los resultados se toman en cuenta ciertas correcciones que se hicieron a raíz de las evaluaciones del Círculo de calidad y que dan una idea del avance que se tuvo en el comportamiento del trabajo durante la operación en la sección.

Se hará un comparativo entre la zafra 1996-1997 y la 1997-1998 para evaluar cada uno de los parámetros que se toman en cuenta para ver la eficiencia de la sección.

#### **4.1 Producción.**

La producción del área de tachos se puede medir por las templeas que se producen durante el período de zafra, éstas son de diferentes calidades, por ejemplo, la templa "A", templa "B" y templa "C" y como se explicó, anteriormente, cada una tienen diferentes propósitos.

Cada templa tiene un volumen promedio de 1,800 pies<sup>3</sup> de masa y un tiempo de cocción en el tacho de, aproximadamente, 2 horas con 30 minutos. Al final de este tiempo se le da a la masa el apriete para un brix de 92 a 93 grados, con esta concentración ya se puede descargar el tacho.

En la sección de tachos a evaluar se cuenta con once tachos, incluyendo un tacho continuo. De éstos, cinco sirven para hacer templeas de agotamiento y los restantes para hacer templeas de producción o sea las masas "A".

##### **4.1.1 Resultados.**

La producción de templeas en el año 98 es la siguiente:

**Cuadro No. 7**  
**Producción templas año 1998**

ZAFRA 88	Reporte Diario de Fabricación										
	HOY										
	MPGA A	MPGA B	MPGAC	DA	MPGA A	MPGA B	MPGAC	DA	MPGA A	MPGA B	MPGAC
1	29	6	1	47	6	13	8	93	12	10	5
2	18	3	3	48	4	13	8	94	14	12	7
3	18	8	6	49	9	13	7	95	16	14	8
4	14	8	5	50	11	13	8	96	22	14	10
5	12	6	5	51	12	9	7	97	18	14	11
6	20	6	4	52	10	11	6	98	19	13	8
7	17	7	5	53	14	13	7	99	20	11	9
8	26	9	7	54	10	12	8	100	20	14	8
9	15	6	3	55	10	13	7	101	22	13	8
10	NO HAY SISTEMA			56	10	12	8	102	29	12	9
11	27	8	6	57	11	14	7	103	22	14	8
12	26	8	5	58	15	12	9	104	24	14	10
13	32	11	7	59	10	13	8	105	19	13	10
14	10	10	6	60	NO HAY SISTEMA			106	24	14	9
15	6	10	7	61	14	13	10	107	20	11	8
16	2	10	7	62	17	12	8	108	11	15	8
17	4	9	6	63	18	14	8	109	20	15	10
18	3	11	8	64	17	11	8	110	17	15	11
19	2	10	7	65	10	10	6	111	18	14	9
20	4	15	8	66	18	15	7	112	15	16	11
21	4	10	9	67	12	12	9	113	15	15	9
22	1	10	7	68	17	13	8	114	15	15	10
23	17	10	5	69	17	12	8	115	19	16	10
24	4	12	8	70	21	14	7	116	14	17	13
25	7	10	6	71	17	13	13	118	12	18	9
26	5	13	8	72	12	8	6	119	11	14	10
27	7	9	6	73	15	13	8	120	12	17	10
28	12	13	10	74	11	14	8	121	23	14	6
29	6	11	7	75	13	13	8	122	22	15	10
30	6	11	8	76	13	12	8	123	10	15	10
31	7	14	8	77	19	12	7	124	12	19	11
32	7	3	3	78	19	12	9	125	13	15	13
33	NAVIDAD			79	19	12	7	126	14	18	10
34	8	1	2	80	17	13	8	128	NO HAY SISTEMA		
35	20	7	3	81	21	13	9	127	17	19	14
36	30	10	6	82	21	15	10	129	22	17	11
37	22	8	5	83	18	13	9	130	25	17	11
38	30	10	6	84	21	15	10	131	19	17	11
39	27	12	6	85	17	13	9	132	14	17	13
40	33	11	7	86	16	12	8	133	17	15	12
41	26	8	4	87	16	14	9	134	7	12	9
42	25	12	7	88	15	14	9	135	16	15	11
43	21	9	4	89	13	16	9	136	10	17	12
44	18	11	7	90	13	16	12	137	23	22	7
45	7	12	7	91	12	14	9				
46	13	12	7	92	15	16	10				

	MPGA A	MPGA B	MPGA C
TOTAL	2038.00	1634.00	1,053.00
TEMPLAS DIA	14.88	11.98	7.69
TEMPLAS HR	0.62	0.50	0.32

NOTA: HAY DIAS EN LOS QUE NO SE TIENE EN CUENTA LOS DATOS DEL PROCESADOR POR QUE LE HAY PROBLEMAS CON EL SISTEMA DE COMPUTADORAS QUE PROCESAN LA INFORMACION

La producción de templas en el año 97 es la siguiente:

**Cuadro No. 8**  
**Producción templas año 1997**

ZAFRA 97				REPORTE DIARIO DE FERRICION								
DAZAZFP	MASA A	MASA B	MASA C	DA	MASA A	MASA B	MASA C	DA	MASA A	MASA B	MASA C	
1	6	0	0	57	13	11	6	113	9	10	8	
2	11	3	0	58	16	11	7	114	7	13	8	
3	20	4	4	59	19	14	6	115	6	8	10	
4	15	4	3	60	18	13	8	116	4	8	5	
5	18	5	3	61	19	10	7	117	7	11	9	
6	25	5	5	62	19	12	7	118	6	10	8	
7	22	5	4	63	15	8	5	119	12	10	7	
8	29	7	5	64	10	12	5	120	8	10	8	
9	29	7	5	65	10	12	7	121	7	11	7	
10	31	6	5	66	6	10	7	122	7	12	10	
11	32	7	5	67	5	14	6	123	6	11	7	
12	36	19	4	68	8	12	8	124	8	11	8	
13	34	8	7	69	5	10	7	125	9	10	7	
14	30	8	6	70	3	8	5	126	8	11	5	
15	30	8	5	71	3	9	6	127	30	9	8	
16	31	7	6	72	6	9	7	128	19	8	4	
17	32	9	6	73	6	10	7	129	0	0	0	
18	28	6	3	74	4	12	6	130	0	0	0	
19	NO HABIA SISTEMA			75	14	11	6	131	0	0	0	
20	28	7	6	76	3	5	5	132	0	0	0	
21	26	8	4	77	15	5	4	133	1	0	1	
22	28	10	5	78	4	10	5	134	9	6	3	
23	21	9	5	79	7	10	6	135	3	9	7	
24	7	3	2	80	7	11	8	136	7	9	9	
25	18	11	5	81	5	12	7	137	5	11	7	
26	19	11	7	82	6	10	7	138	5	9	9	
27	18	9	5	83	8	10	7	139	5	11	8	
28	16	11	7	84	5	10	5	140	12	10	7	
29	18	10	5	85	4	10	6	141	6	9	6	
30	22	9	7	86	5	9	6	142	4	8	7	
31	15	10	7	87	7	10	6	143	7	11	8	
32	15	10	7	88	7	10	7	144	4	10	8	
33	16	9	6	89	8	10	8	145	4	6	5	
34	10	9	7	90	13	9	5	146	16	6	3	
35	14	12	6	91	13	4	4	147	19	8	6	
36	NAVEDO			92	17	11	6	148	24	9	6	
37	NAVEDO			93	9	13	7	149	31	11	7	
38	1	2	0	94	6	10	7	150	29	10	7	
39	12	9	6	95	6	11	5	151	33	10	8	
40	8	11	5	96	8	10	8	152	36	10	7	
41	8	12	8	97	6	9	7	153	37	11	6	
42	14	14	9	98	6	11	8	154	33	9	6	
43	0	0	0	99	8	11	7	155	31	10	8	
44	0	0	0	100	7	11	6	156	25	7	6	
45	6	7	3	101	9	10	8	157	35	10	6	
46	10	10	8	102	16	10	6	158	31	8	6	
47	8	12	7	103	16	12	8	159	30	9	7	
48	10	12	7	104	19	11	7	160	36	10	8	
49	12	12	7	105	15	6	4	161	19	8	5	
50	7	12	7	106	10	12	7					
51	8	13	9	107	10	13	7					
52	8	11	6	108	6	13	10					
53	8	11	6	109	4	10	7					
54	11	12	7	110	5	10	8					
55	12	11	8	111	8	11	9					
56	14	11	8	112	9	9	8					

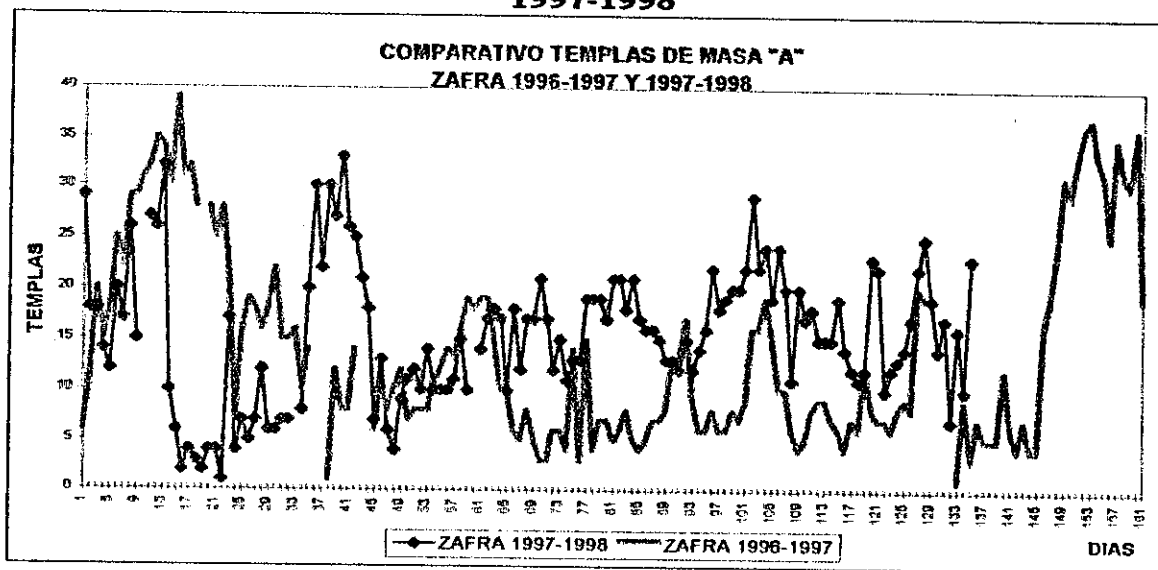
  

	MASA A	MASA B	MASA C
TOTAL	2108	1434	953
TEMPLAS/DIA	13.09	8.91	5.92
TEMPLAS/HR.	0.56	0.37	0.25

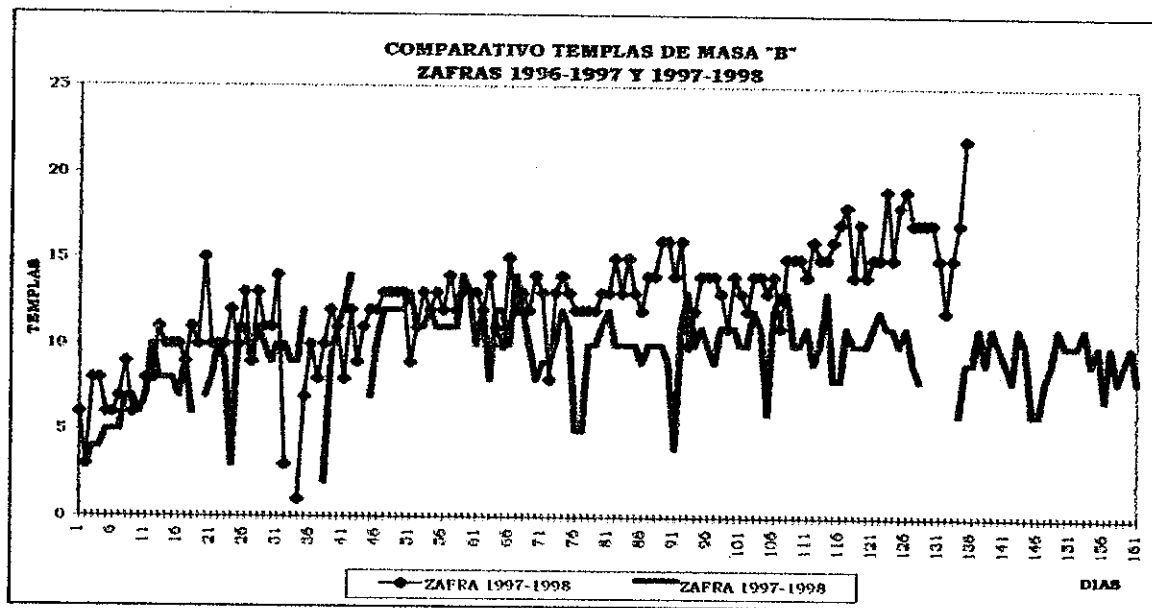
NOTA: HAY DIAS EN LOS QUE NO SE TIENEN LECTURAS DEL PROCESO PORQUE HUBO PROBLEMAS CON EL SISTEMA DE COMPUTADORAS QUE PROCESA LA INFORMACION

Las gráficas comparativas entre la producción de las diferentes  
 templas de la zafra 1996-1997 y 1997-1998 son las siguientes:

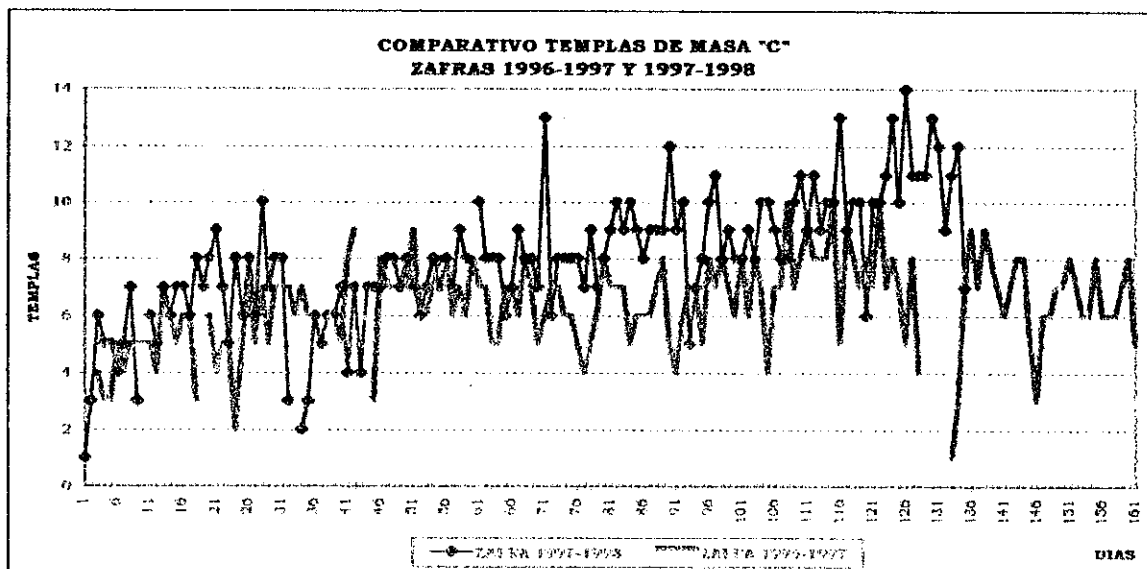
**Figura 10**  
**COMPORTAMIENTO DE TEMPLAS DE MASA "A" ZAFRAS 1996-1997 Y**  
**1997-1998**



**Figura 11**  
**COMPORTAMIENTO DE TEMPLAS DE MASA "B" ZAFRAS 1996-1997 Y**  
**1997-1998**



**Figura 12**  
**COMPORTAMIENTO DE TEMPLAS DE MASA "C" ZAFRAS 1996-1997 Y**  
**1997-1998**



Para ver el comportamiento individual de cada templa por zafra, consultar el apéndice 7.

#### **4.1.2 Puntos críticos pendientes en la producción de tachos**

Como se puede observar, en las gráficas anteriores se tienen diferentes comportamientos, esto se debe a diferentes causas, pero, la eficiencia de trabajo se refleja así:

ZAFRA-98	MASA A	MASA B	MASA C
<b>TOTAL</b>	<b>2.038.00</b>	<b>1.634.00</b>	<b>1.053.00</b>
<b>TEMPLAS/DIA</b>	<b>14.88</b>	<b>11.93</b>	<b>7.69</b>
<b>TEMPLAS/HR.</b>	<b>0.62</b>	<b>0.50</b>	<b>0.32</b>

ZAFRA-97	MASA A	MASA B	MASA C
TOTAL	2108	1434	953
TEMPLAS/DIA	13.09	8.91	5.92
TEMPLAS/HR.	0.55	0.37	0.25

Estos cuadros muestran el rendimiento total por templa, por zafra, por día y por hora; se puede decir:

1. en la zafra 97/98 hubo más producción de Templas "A" que en la zafra 96/97, incrementándose un 12.03% templas/día en promedio en relación al número de días producidos,
2. en la zafra 97/98 hubo más producción de Templas "B" que en la zafra 96/97 incrementándose un 25.31% templas/día en promedio en relación al número de días producidos,
3. en la zafra 97/98 hubo más producción de Templas "C" que en la zafra 96/97 incrementándose un 23.02% templas/día en promedio en relación al número de días producidos,
4. se puede decir que la producción de las diferentes templas mejoró pero, esto no quiere decir que el trabajo en el área de tachos es eficiente al 100%, ya que se tienen que tomar en cuenta otros aspectos (comportamiento de brix, de pol, pureza, granulometría, etc.).

#### **4.2 Tamaño de grano (granulometría)**

Para hacer el estudio de granulometría, se toman en cuenta diferentes aspectos, como los siguientes:

### a. Dispersión del tamaño de grano de azúcar

El procedimiento es sencillo y consiste en tamizar azúcar en un set de tamices, según el tipo de azúcar y calcular el porcentaje de azúcar retenida y el porcentaje de azúcar acumulada en cada tamiz.

**Cuadro No. 9**  
**Dispersión del tamaño de grano de azúcar**

TAMIZ	ABERTURA (micrómetros)	% RETENIDO	% ACUMULADO
20	850	5	5
20	700	18	23
30	600	12	35
35	500	15	50
40	420	15	65
60	250	25	90
80	180	5	95
100	150	5	100

Se calcula el tamaño de grano al 16% de azúcar acumulado, al 50% y al 84% y se aplica la fórmula siguiente:

Dispersión (Abertura 16% - Abertura 84%) \* 100 / (2\*Abertura 50%)

Ejemplo:

Abertura 16% = 723

Abertura 50% = 491 Estos datos son calculados por extrapolación

Abertura 84% = 293

Dispersión = 43.78%



Se establecen los criterios de aceptación, según el tipo de azúcar. Los criterios son Excelente, Bueno, Regular y Malo.

**Cuadro No. 10**  
**Criterios de aceptación sugeridos en la dispersión del tamaño de grano por tipo de azúcar**

%	Refino	Superior	Estándar	Moreno	Crudo
0-10	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
10-20	Excelente	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
20-30	Bueno	Bueno	Regular	Regular	Regular
30-40	Regular	Regular	Regular	Malo	Malo
> de 40	Malo	Malo	Malo	Malo	Malo

**b. Tamaño de grano.**

Una frase importante durante el control del azúcar es la determinación del tamaño de grano, conocida, generalmente, como análisis con tamices. Sin importar cual sea la forma de hacer el informe, el análisis se realiza haciendo pasar una cantidad adecuada de muestra, generalmente, 100 gramos, a través de una serie de tamices de diferentes aberturas.

**c. Variables.**

**c.1 Variables independientes.**

Tiempo de retención en la secadora.

Tiempo de retención en la enfriadora.

Temperatura de secado.

Temperatura de enfriado.

### **c.2 Variables dependientes.**

Coefficiente de dispersión y tamaño de grano de azúcar Estándar y Refino local.

### **d. Muestra a analizar.**

Los tipos de azúcar analizada son: Estándar y Refino Local.

Los puntos de toma de muestra son: salida de las centrifugas, salida de secadora y salida de enfriadora.

El tipo de muestra utilizada para el análisis es compuesta, la cual será formada tomando muestra cada 5 minutos durante dos horas para formar una sola que es la que va a ser analizada.

El número de muestras a analizar es: 10 para cada etapa de un período de 3 semanas. Esto será tanto para azúcar Estándar como para Refina Local.

El número de muestras está limitada por el tiempo de fabricación de azúcar Estándar y Refina Local.

**e. Análisis estadístico y matemático.**

**e.1 Método estadístico.**

**e.1.1 Diseño aleatorio por bloques completos.**

Se realiza una observación por tratamiento en cada bloque y el orden en que los tratamientos son medidos en cada bloque se determina aleatoriamente.

El modelo estadístico para este diseño es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

$i = 1, 2, \dots, a$   
 $j = 1, 2, \dots, b$

En donde:

$\mu$ : es una media general

$\alpha_i$ : es el efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$\beta_j$ : es el efecto del  $j$ -ésimo bloque

$\epsilon_{ij}$ : es término usual NID(0,  $\sigma^2$ ) de error aleatorio

$Y_i$ : el total de las observaciones del tratamiento  $i$  (muestra).

$Y_j$ : el total de todas las observaciones muestreadas (universo).

**e.1.2 Análisis de variancia para un diseño aleatorio por bloques completos.**

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media de Cuadrados	F <sub>0</sub>
Tratamientos	$\Sigma Y_i^2/b - Y_{..}^2 / N$	a - 1	SS tratamientos / (a-1)	SS tratamientos/MS <sub>t</sub>
Bloques	$\Sigma Y_j^2/2 - Y_{..}^2 / N$	b - 1	SS bloques / (b-1)	SSbloques/(b-1)
Error	SS <sub>2</sub> (por diferencia)	(a - 1)(b - 1)	SS <sub>2</sub> / (a-1)(b-1)	
Total	$\Sigma Y_{ij}^2 - Y_{..}^2 / N$	N - 1		

**Fórmulas para calcular las sumas de cuadrados.**

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b Y_{ij}^2 - Y_{..}^2 / N$$

$$SS_{\text{Tratamiento}} = \sum_{i=1}^a Y_i^2 / b - y_{..}^2 / N$$

$$SS_{\text{Bloque}} = \sum_{j=1}^b Y_j^2 / a - y_{..}^2 / N$$

$$SSE = SS_T - SS_{\text{Tratamiento}} - SS_{\text{Bloque}}$$

**Especificaciones**

i = a = tratamientos: Centrifugas, Secadora, Enfriadora.

J = b = Bloques: 10 pruebas realizadas o repeticiones.

### **e.1.3 Prueba de Tukey.**

Su procedimiento requiere el uso de  $q_{\alpha} (a,f)$  para determinar el valor crítico de todas las comparaciones por pares, independientemente de cuántas medias estén en un grupo. Así la prueba de Tukey declara dos medias significativas diferentes si el valor absoluto de sus diferencias muestrales excede:

$$T_{\alpha} = q_{\alpha} (a,f)S_{yi}$$

$S_{yi}$ : La suma de cuadrados del tratamiento  $i$  (muestra)

En todas las comparaciones sólo se usa un valor crítico  $T_{\alpha}$  como base, para determinar el valor crítico y, en consecuencia, ningún par de medias se declara significativamente diferente, a menos que  $|Y_i - Y_j|$  exceda a  $T_{\alpha}$ .

### **4.2.1 Resultados.**

Los cuadros de resultados obtenidos en las pruebas de granulometría son los siguientes:

**Cuadro No. 11**

**Tamaño de grano de azúcar estándar a 50% en micrómetros**

No de Muestra	Centrífugas	Secadora	Enfriadora
1	722.35	595.62	600.99
2	783.92	671.80	648.03
3	785.82	761.37	589.93
4	723.78	599.04	589.12
5	753.17	607.01	593.39
6	712.81	582.66	564.57
7	761.37	533.21	535.92
8	785.87	594.42	589.93
9	766.46	722.32	649.01
10	782.59	600.00	593.88

Fuente: Resultados de análisis granulométricos realizados en laboratorio.

**Cuadro No. 12**

**Coefficiente de dispersión de azúcar estándar (%)**

No de Muestra	Centrífugas - Opinión		Secadora - Opinión		Enfriadora - Opinión	
1	27.40	Bueno	31.41	Regular	30.24	Regular
2	29.55	Bueno	30.52	Regular	29.91	Bueno
3	25.70	Bueno	27.62	Bueno	31.93	Regular
4	27.86	Bueno	32.05	Regular	30.30	Regular
5	28.85	Bueno	35.17	Regular	33.82	Regular
6	28.82	Bueno	31.80	Regular	31.81	Regular
7	27.62	Bueno	34.89	Regular	33.83	Regular
8	25.70	Bueno	29.93	Bueno	31.93	Regular
9	27.34	Bueno	27.49	Bueno	29.39	Bueno
10	29.41	Bueno	34.97	Regular	33.71	Regular

Fuente: Resultados de análisis granulométricos realizados en laboratorio.

**Cuadro No. 13****Tamaño de grano de azúcar refino local a 50% en micrómetros**

No de Muestra	Centrifugas	Secadora	Enfriadora
1	555.23	372.57	376.29
2	573.75	337.94	410.94
3	524.02	334.58	403.26
4	580.86	442.65	380.23
5	591.40	381.27	423.41
6	529.28	414.32	456.25
7	370.34	482.86	414.81
8	588.96	378.79	429.37
9	560.74	348.88	427.39
10	465.93	397.35	354.68

Fuente: Resultados de análisis granulométricos realizados en laboratorio.

**Cuadro No. 14****Coefficiente de dispersión de azúcar refino local (%)**

No de Muestra	Centrifugas - Opinion		Secadora - Opinion		Enfriadora - Opinion	
1	37.02	Regular	40.38	Regular	41.10	Regular
2	38.32	Regular	42.86	Malo	37.06	Regular
3	38.89	Regular	40.30	Malo	37.43	Regular
4	36.14	Regular	37.61	Regular	44.43	Regular
5	30.95	Bueno	33.03	Bueno	34.05	Bueno
6	38.17	Regular	33.33	Regular	28.17	Bueno
7	33.86	Bueno	44.05	Regular	35.52	Regular
8	33.00	Bueno	32.28	Bueno	32.98	Bueno
9	37.06	Regular	47.68	Malo	33.47	Bueno
10	39.47	Regular	37.49	Regular	42.49	Regular

Fuente: Resultados de análisis granulométricos realizados en laboratorio.

### Resultados de análisis de varianza.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el análisis estadístico de tipo diseño aleatorizado por bloques completos.

**Cuadro No. 15**  
**Análisis de varianza de grano de azúcar estándar**

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados en $\mu\text{m}$	Media de Cuadrados en $\mu\text{m}$	F <sub>0</sub>	F <sub>0.05</sub>
Bloque	9.00	36,934.59			
Tratamientos	2.00	148,366.91	74,183.45	54.24	3.55
Error	18.00	24,618.43	1,367.69		
Total	29.00	209,919.93			

Fuente: Cálculos matemáticos realizados por programa especial de análisis de varianza de laboratorio.

**Cuadro No. 16**  
**Análisis de varianza coeficiente de dispersión azúcar estándar**

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados en $\mu\text{m}$	Media de Cuadrados en $\mu\text{m}$	F <sub>0</sub>	F <sub>0.05</sub>
Bloque	9.00	74.62			
Tratamientos	2.00	96.88	48.44	21.72	3.55
Error	18.00	40.10	2.23		
Total	29.00	211.60			

Fuente: Cálculos matemáticos realizados por programa especial de análisis de varianza de laboratorio.



**Cuadro No. 17**

**Análisis de varianza de tamaño de grano azúcar refino local**

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadros en $\mu\text{m}$	Media de Cuadros en $\mu\text{m}$	$F_o$	$F_{0.05}$
Bloque	9.00	13,665.00			
Tratamientos	2.00	124,408.15	62,204.07	19.56	3.55
Error	18.00	57,237.15	3,179.84		
Total	29.00	195,310.30			

Fuente: Cálculos matemáticos realizados por programa especial de análisis de varianza de laboratorio.

**Cuadro No. 18**

**Análisis de varianza coeficiente de dispersión azúcar refino local**

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados en $\mu\text{m}$	Media de Cuadrados en $\mu\text{m}$	$F_o$	$F_{0.05}$
Bloque	9.00	260.45			
Tratamientos	2.00	39.09	19.55	1.024	3.55
Error	18.00	271.54	15.09		
Total	29.00	571.08			

Fuente: Cálculos matemáticos realizados por programa especial de análisis de varianza de laboratorio.

**Resultados de la prueba de Tukey.**

Se presentan las diferencias que existen en los resultados de cada punto de toma de muestras analizadas:

**a. Resultados de prueba a los datos obtenidos de tamaño de grano de azúcar Estándar.**

T-3 = (salida de la centrifuga)

T-2 = (salida de la secadora)

T-1 = (salida de la enfriadora)

Coefficiente de variación (Cv) = 5.60 %

Prueba de Tukey ( $T_{\alpha}$ ) = 42.20

Diferencia Entre:

T-1 Y T-3 = 162.33 (D. Significativa respecto a  $T_{\alpha}$ )

T-1 Y T-2 = 131.06 (D. Significativa respecto a  $T_{\alpha}$ )

T-2 Y T-3 = 31.27 (D. No significativa respecto a  $T_{\alpha}$ )

**b. Resultados de la prueba a los datos obtenidos de coeficiente de dispersión de azúcar estándar.**

Coefficiente de Variacion (Cv) = 4.93 %

Prueba de Tukey ( $T_{\alpha}$ ) = 1.70

Diferencia Entre:

T-1 Y T-3 = 3.86 (D. Significativa respecto a  $T_{\alpha}$ )

T-1 Y T-2 = 3.76 (D. Significativa respecto a  $T_{\alpha}$ )

T-2 Y T-3 = 0.10 (D. No significativa respecto a  $T_{\alpha}$ )

## **Resultados de pruebas especiales.**

Se presentan resultados de pruebas granulométricas realizadas en condiciones especiales de laboratorio.

### **a. Resultados de granulometría de azúcar crudo a temperatura de 23°C, sin pasar por secadora y enfriadora.**

Coefficiente de dispersión = 25.67%

Opinión = BUENO

Tamaño de grano a 50% = 684.41 micrómetros.

### **b. Resultados de granulometría de azúcar crudo con 18 caídas a 3 pies de altura, a temperatura de 23°C, sin pasar por secadora y enfriadora.**

Coefficiente de dispersión = 25.98%

Opinión = BUENO

Tamaño de grano a 50% = 665.02 micrómetros.

### **c. Resultados de granulometría de azúcar crudo con 18 caídas a 8 pies de altura a una temperatura de 23° c, sin pasar por secadora y enfriadora.**

Coefficiente de dispersión = 24.05%

Opinión = BUENO

Tamaño de grano a 50% = 710.32 micrómetros.

**d. Resultados de granulometría de azúcar crudo a temperatura 70° c, sin pasar por secadora y enfriadora.**

Coeficiente de dispersión = 24.56%

Opinión =BUENO

Tamaño de grano a 50% = 710.32 micrómetros.

**4.2.2 Puntos críticos pendientes.**

**Discusión de resultados.**

**Granulometría.**

1. El tamaño de grano a 50% de azúcar Estándar muestra que el grano salido de Centrífuga mantiene un promedio ( $Y_i$ ) de 757.81 micrómetros, Secadora de 626.75 micrómetros, Enfriadora 595.48 micrómetros; lo que significa que el grano al salir de la Centrífuga es el 17.29% más grande que al salir de la Secadora y 21.42% al salir de la Enfriadora; esto se debe a que el mecanismo que utilizan estos equipos y las condiciones del azúcar al salir de la centrífuga permiten que el grano formado al entrar en el proceso siguiente suelte un polvillo que es capturado por los diferentes equipos y devuelto al sistema de nuevo, pero, ese polvillo que se desprende del grano es la diferencia entre una y otra etapa del proceso.

2. El Coeficiente de dispersión de azúcar Estándar ( $Y_i$ ), muestra un promedio en salida de Centrífuga de 27.83%, con opinión de

100% BUENO; Secadora 31.59%, con opinión 30% BUENO y 70% REGULAR; Enfriadora 31.69%, con una opinión 20% BUENO y 80% REGULAR. Lo que significa que un grano de opinión 100% BUENO al salir de Centrifuga, baja a un grano opinión 20% BUENO al salir de la Enfriadora; esto se debe a la misma causa del desprendimiento del polvillo por el proceso de los diferentes equipos.

3. El tamaño de grano a 50% de azúcar Refino Local, muestra que el grano salido de Centrifuga mantiene un promedio ( $\bar{Y}_i$ ) de 534.05 micrómetros, Secadora 389.12 micrómetros, Enfriadora 407.66 micrómetros. Lo que significa que el grano a la salida de Centrifuga es el 27.14% mayor que el grano al salir de Secadora y 23.67% mayor que al salir Enfriadora. El tamaño de grano al salir de la Secadora es 4.67% menor que el grano al salir de la Enfriadora. La diferencia del tamaño de grano de Secadora a Enfriadora es que hay un ciclón en cada una de estos que absorbe el polvillo, aunque en la Secadora se ha eliminado parte del polvillo en la Enfriadora se elimina el resto de éste, por lo que en la Enfriadora ha quedado el grano más grande y se tiene una diferencia en cada una de estas etapas del proceso.

4. El coeficiente de dispersión de azúcar refino local muestra un promedio en salir de Centrifuga de 36.29%, con opinión 30% BUENO y 70% REGULAR; Secadora 38.90%, con opinión 20% BUENO Y 50% REGULAR; Enfriadora 36.73%, con opinión 40% BUENO Y 60% REGULAR. Lo que se observa es que se dan opiniones variadas, pero, se mantiene en porcentajes más altos la opinión REGULAR en las tres etapas de proceso, esto se debe a las características antes mencionadas

del desprendimiento del polvillo por el tipo de operación de los diferentes equipos.

### **Análisis de varianza.**

Decisión tomada en resultados:

- Resultados: Cuadro No. 5.
- Resultados: Cuadro No. 6
- Resultados: Cuadro No. 7
- Resultados: Cuadro No. 8

### **Prueba de Tukey.**

1. El tamaño de grano y Coeficiente de dispersión, indica que no hay diferencia significativa entre el grano de salida de Secadora respecto del grano al salir de la Enfriadora; pero, si hay una diferencia marcada entre estos dos puntos de toma de muestra con relación al grano de salida de Centrifuga. El grano sufre un cambio desde el momento de entrar a la Secadora, comprobándose esto con esta prueba.

2. El coeficiente de dispersión de azúcar Refino local demostró no tener diferencia significativa en las tres etapas de proceso estudiadas (Centrifuga, Secadora y Enfriadora) manteniendo un estándar desde la Centrifuga hasta la salida de la Enfriadora. A pesar de que se mantiene los parámetros para tener mejores resultados se tiene que lograr un nivel de aceptación de Excelente.

## **Pruebas Especiales.**

1. Según los coeficientes de Dispersión de azúcar cruda sin pasar por secadora y enfriadora, obtenidos como resultados granulométricos considerando un  $\pm 1\%$  de error, muestran que la caída de grano a una base de metal (hierro) desde una altura de 3 y 8 pies a temperatura de 23°C y caída de grano desde 8 pies muestran que en las simulaciones realizadas en el Laboratorio no se presentaron cambios ya que la diferencia es mínima y según los estándares establecidos la opinión de aceptabilidad es Buena, sin embargo, en las condiciones operacionales óptimas sí se observaron porque se necesita llegar a niveles de aceptabilidad ubicados en el nivel "Excelente".

Esto significa que no se han logrado establecer en las pruebas de laboratorio las condiciones operacionales óptimas.

### **4.3 Rendimiento.**

#### **4.3.1 Resultados.**

El rendimiento que se va a medir de la operación de tachos es con base en los grados brix y pol alcanzados en cada una de las templeas producidas.

Se hará un comparativo de la operación del área de tachos entre la zafra 1996-1997 y 1997-1998.

**Cuadro No. 19**  
**Resultados Brix Zafra 1997-1998**

ZAFRA-98			BRIX								
DIA	TEMPLAS			DIA	TEMPLAS			DIA	TEMPLAS		
	A	B	C		A	B	C		A	B	C
1	89.84	92.46	100.40	47	91.71	94.03	99.54	93	91.44	93.20	98.74
2	90.20	94.24	98.70	48	92.07	93.43	99.56	94	90.81	91.73	99.42
3	90.80	94.15	98.76	49	91.75	93.55	100.30	95	90.76	93.27	98.78
4	91.97	92.82	98.57	50	91.74	93.85	99.58	96	91.73	93.63	97.90
5	91.08	93.93	98.99	51	91.56	93.62	99.55	97	91.90	93.56	98.72
6	90.82	93.70	98.16	52	92.15	93.75	99.93	98	92.23	94.14	99.62
7	91.25	94.57	99.41	53	91.57	93.40	99.59	99	91.69	93.92	99.51
8	90.78	89.48	98.09	54	91.71	93.88	100.15	100	91.79	93.76	99.58
9	90.69	94.33	98.91	55	91.66	93.88	99.38	101	90.96	92.86	98.85
10	91.11	92.64	98.38	56	91.83	93.65	99.92	102	91.72	93.63	99.17
11	90.19	93.75	98.20	57	92.01	93.81	99.42	103	91.77	93.13	98.68
12	90.67	92.08	96.99	59	91.92	93.88	99.21	104	91.86	93.41	99.58
13	91.43	93.40	98.83	59	92.02	94.20	99.41	105	91.86	92.89	98.91
14	90.80	93.52	98.27	60	91.95	94.43	99.78	106	92.03	93.51	99.91
15	91.11	94.06	98.30	61	91.77	93.86	99.43	107	91.10	93.89	98.90
16	90.70	93.76	98.40	62	91.55	94.43	99.18	108	91.17	93.20	99.90
17	91.11	94.60	99.40	63	91.49	93.99	98.82	109	91.46	93.43	98.86
18	91.49	94.04	99.96	64	91.76	94.25	99.37	110	91.61	93.73	98.70
19	91.47	93.74	100.02	65	91.60	94.20	99.24	111	91.91	93.21	99.38
20	91.96	94.63	100.15	66	91.78	94.41	99.64	112	91.85	94.05	99.06
21	90.70	93.98	99.98	67	92.10	93.82	99.76	113	91.97	93.83	98.84
22	91.25	93.72	99.19	68	92.12	94.11	99.60	114	91.52	93.88	98.93
23	90.98	93.98	100.01	69	92.23	93.98	99.56	115	92.28	93.60	98.52
24	91.81	94.07	99.27	70	91.69	93.63	99.35	116	92.35	93.46	98.08
25	91.58	94.40	99.72	71	91.46	93.82	98.97	117	91.89	93.48	97.72
26	91.45	93.28	99.41	72	91.59	93.93	93.13	118	91.61	93.47	97.55
27	91.88	94.27	98.33	73	91.00	93.48	99.34	119	92.40	94.21	98.57
28	91.98	94.66	99.36	74	91.67	93.80	98.98	120	92.24	93.68	98.68
29	91.29	94.64	99.32	75	91.56	94.00	99.50	121	90.28	93.46	98.38
30	91.64	94.07	99.49	76	90.99	93.48	99.60	122	91.05	93.23	98.30
31	91.33	93.76	99.19	77	91.86	93.85	99.17	123	92.09	93.43	98.58
32	91.26	92.93	98.23	78	90.94	94.00	99.35	124	91.77	92.95	97.85
33	NAVIDAD			79	91.63	93.60	99.47	125	91.73	93.53	98.61
34	91.43	94.40	99.62	80	91.81	93.91	99.67	126	91.88	93.26	98.62
35	91.44	94.03	99.48	81	91.89	93.39	99.67	127	91.30	92.58	97.84
36	91.71	93.54	100.62	82	91.61	93.51	99.74	128	NO HABIA SISTEMA		
37	91.44	93.40	99.61	83	91.04	93.35	99.29	129	91.60	93.51	98.39
38	91.08	93.96	100.72	84	91.43	93.19	99.49	130	91.98	93.61	98.44
39	91.87	93.38	100.73	85	91.85	93.97	99.41	131	92.41	93.61	98.51
40	91.25	93.38	100.28	86	91.29	92.97	99.02	132	92.05	93.42	98.26
41	90.90	94.23	100.22	87	95.15	93.63	99.16	133	92.08	93.56	98.64
42	91.06	93.25	100.11	88	92.06	93.91	98.69	134	91.96	94.08	98.80
43	91.32	93.78	100.22	89	92.19	93.56	99.12	135	92.45	93.85	98.54
44	91.26	93.82	99.70	90	91.70	93.51	99.03	136	92.26	93.66	98.27
45	91.38	93.50	99.64	91	91.51	93.93	98.99	137	91.70	93.39	97.55
46	91.41	93.67	99.41	92	91.36	93.40	98.46				
<b>TOTAL</b>								12362	12643	13378	
<b>BRIX POR DIA</b>								91.57	93.65	99.10	
<b>BRIX POR HR.</b>								3.82	3.90	4.13	

NOTA: HAY DIAS EN LOS QUE NO SE TIENEN LECTURAS DEL PROCESO PORQUE HUBO PROBLEMAS CON EL SISTEMA DE COMPUTADORAS QUE PROCESA LA INFORMACION



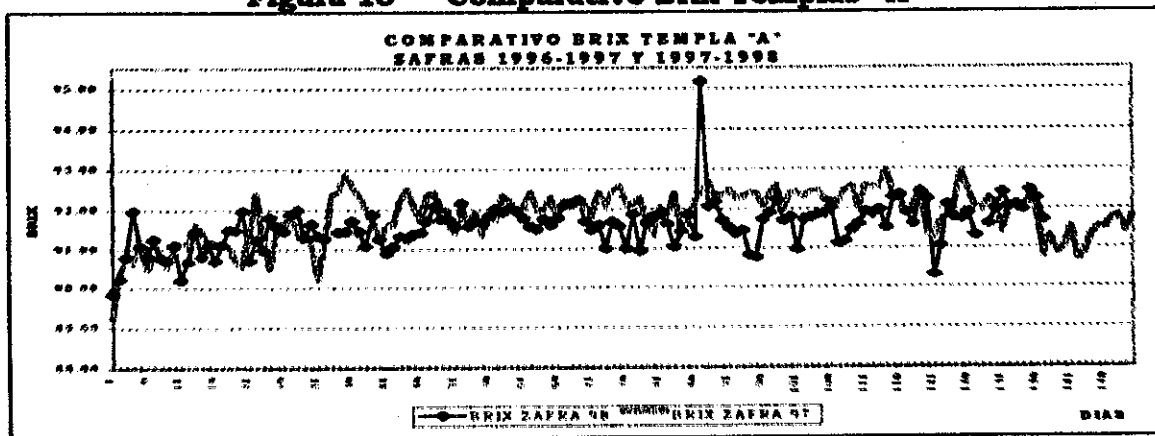
**Cuadro No. 20**  
**Resultados Brix Zafra 1996-1997**

ZAFRA-97				BRIX								
DIA	TEMPLA			DIA	TEMPLA			DIA	TEMPLA			
	A	B	C		A	B	C		A	B	C	
1	89.24	0.00	0.00	57	91.94	94.53	98.95	113	92.17	94.14	99.33	
2	90.39	92.72	98.80	58	91.42	93.90	98.40	114	92.16	93.92	98.84	
3	90.68	95.20	97.56	59	91.88	94.60	100.08	115	92.44	94.64	99.35	
4	90.64	94.09	97.93	60	91.68	94.51	99.03	116	92.53	95.17	98.51	
5	91.06	93.07	98.65	61	91.90	94.56	98.80	117	92.01	94.83	99.07	
6	90.49	93.58	98.82	62	91.35	94.56	99.22	118	92.57	94.39	98.41	
7	90.78	94.16	99.28	63	91.74	94.02	99.56	119	92.52	94.72	98.90	
8	90.69	94.13	97.71	64	91.72	93.88	98.71	120	92.50	95.04	98.75	
9	90.52	94.05	98.39	65	92.33	94.40	99.70	121	92.93	94.99	98.88	
10	91.03	94.69	99.56	66	92.19	94.41	98.68	122	92.32	94.40	99.67	
11	91.14	93.66	97.93	67	91.96	94.14	99.65	123	92.12	94.50	99.52	
12	91.10	94.12	98.28	68	92.05	94.23	99.78	124	91.84	94.21	99.18	
13	91.58	94.14	99.40	69	92.41	94.58	99.71	125	92.05	93.72	98.76	
14	91.43	94.03	98.22	70	91.97	94.03	99.71	126	92.48	93.85	99.28	
15	0.00	94.31	98.39	71	91.99	94.42	99.95	127	91.30	93.12	99.11	
16	0.00	94.25	98.66	72	92.27	94.50	99.81	128	91.23	94.17	98.97	
17	91.15	94.72	98.17	73	91.76	94.18	99.55	129	0.00	0.00	0.00	
18	91.14	93.46	99.46	74	92.18	94.57	99.27	130	0.00	0.00	0.00	
19	NO HABIA SISTEMA			75	92.19	94.52	99.05	131	0.00	0.00	0.00	
20	91.07	94.65	98.69	76	92.11	93.80	99.69	132	0.00	0.00	0.00	
21	90.99	94.31	99.62	77	92.09	93.96	99.97	133	91.64	94.64	100.75	
22	90.66	93.01	98.53	78	91.83	94.89	99.66	134	91.80	94.78	98.42	
23	90.53	92.97	98.41	79	92.37	94.55	99.48	135	92.09	94.58	99.25	
24	91.35	94.41	95.97	80	92.06	94.51	99.45	136	92.88	94.86	99.58	
25	92.36	93.89	99.02	81	92.43	93.91	98.98	137	92.39	95.13	99.31	
26	91.20	93.89	99.88	82	92.55	95.10	99.36	138	92.04	94.19	99.18	
27	90.50	94.20	98.73	83	92.07	94.11	98.48	139	91.95	94.44	99.23	
28	91.45	93.81	99.16	84	92.12	94.02	99.61	140	92.24	94.91	98.89	
29	91.66	93.81	0.00	85	92.26	94.43	99.45	141	92.14	94.85	98.96	
30	91.73	94.35	98.69	86	91.61	94.44	99.02	142	91.39	95.15	98.95	
31	91.43	93.89	99.09	87	91.33	94.12	98.82	143	92.01	95.26	99.45	
32	91.29	93.44	99.48	88	92.01	94.71	98.88	144	91.95	94.15	99.79	
33	91.26	94.24	99.03	89	91.83	94.48	99.02	145	92.03	94.82	99.10	
34	90.20	92.49	99.02	90	92.36	94.46	98.25	146	92.26	93.70	98.01	
35	91.05	93.71	99.89	91	91.36	94.61	96.66	147	91.89	94.40	98.09	
36	NAVIDAD			92	91.69	94.31	98.84	148	90.76	93.64	97.90	
37	NAVIDAD			93	92.14	94.26	99.19	149	91.28	92.18	97.55	
38	92.36	95.04	98.48	94	92.46	94.21	99.09	150	90.85	93.13	98.45	
39	92.42	94.39	99.56	95	92.65	94.48	98.15	151	90.97	94.05	99.00	
40	92.83	94.16	99.55	96	92.34	94.78	99.25	152	91.50	94.27	98.60	
41	92.54	94.65	98.77	97	92.32	94.25	99.68	153	90.70	94.68	99.27	
42	92.34	94.73	99.73	98	92.45	94.01	99.81	154	90.81	93.55	99.62	
43	0.00	0.00	0.00	99	92.25	94.34	99.48	155	91.31	93.72	99.37	
44	0.00	0.00	0.00	100	92.30	94.32	99.26	156	91.50	94.86	98.50	
45	92.02	94.11	99.02	101	92.39	94.39	99.61	157	91.49	93.28	98.83	
46	91.66	93.99	99.30	102	92.36	93.97	99.35	158	91.71	93.44	99.15	
47	91.27	93.85	98.87	103	92.06	94.46	99.99	159	91.79	94.64	99.74	
48	91.60	93.40	99.23	104	92.38	94.37	99.54	160	91.40	93.96	98.21	
49	91.59	93.65	99.17	105	92.57	94.44	99.04	161	91.79	94.30	97.81	
50	92.22	93.32	99.63	106	91.98	94.42	98.85					
51	92.47	94.02	98.92	107	92.37	94.06	99.61					
52	92.05	94.47	99.13	108	92.41	94.26	99.39					
53	91.70	94.45	99.72	109	92.28	94.33	98.91					
54	92.35	94.75	98.65	110	92.42	94.30	99.60					
55	92.38	94.31	99.73	111	92.43	94.28	99.10					
56	91.99	94.49	99.02	112	92.20	94.34	99.33					
<b>TOTAL</b>								<b>13769</b>	<b>14228</b>	<b>14858</b>		
<b>BRIX POR DIA</b>								<b>91.79</b>	<b>94.22</b>	<b>99.05</b>		
<b>BRIX POR HR.</b>								<b>3.82</b>	<b>3.93</b>	<b>4.13</b>		

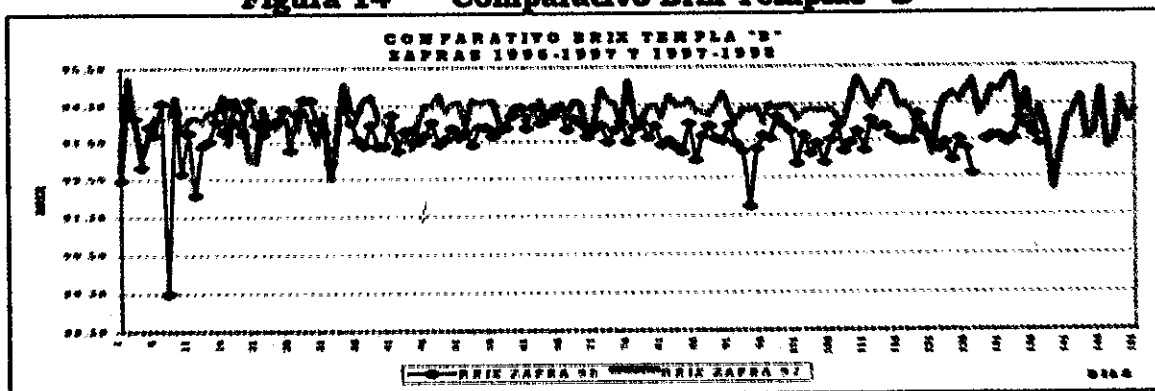
NOTA: HAY DIAS EN LOS QUE NO SE TIENEN LECTURAS DEL PROCESO PORQUE HUBO PROBLEMAS CON EL SISTEMA DE COMPUTADORAS QUE PROCESA LA INFORMACION

Las gráficas que dan una idea de la comparación del brix entre las dos zafras mencionadas son las siguientes (para ver el comportamiento individual por templa del brix por zafra ver apéndice 8):

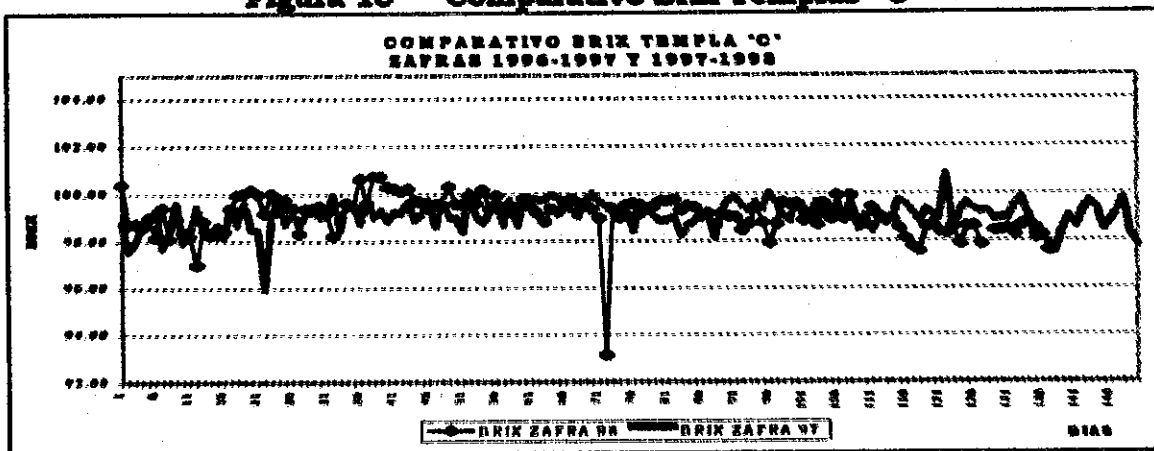
**Figura 13 Comparativo Brix Templas "A"**



**Figura 14 Comparativo Brix Templas "B"**



**Figura 15 Comparativo Brix Templas "C"**



**Cuadro No. 21**  
**Resultados Pol Zafra 1997-1998**

ZAFRA- 98				POL							
DIA	TEMPLA			DIA	TEMPLA			DIA	TEMPLA		
	A	B	C		A	B	C		A	B	C
1	77.87	69.77	68.00	47	78.98	65.72	54.80	93	80	69.20	54.64
2	78.69	68.77	61.55	48	78.96	65.89	55.00	94	79	69.27	54.95
3	79.74	70.10	59.15	49	78.96	67.70	54.59	95	79	67.45	54.29
4	79.81	68.75	57.46	50	78.56	66.89	55.28	96	77	64.69	52.03
5	78.25	66.93	56.99	51	79.71	66.29	54.87	97	78	65.03	52.35
6	77.77	65.37	56.10	52	79.23	66.85	54.33	98	78	66.13	54.09
7	78.54	66.78	53.39	53	79.87	66.95	54.58	99	77	64.95	52.12
8	78.56	66.85	55.30	54	78.19	68.91	53.27	100	78	66.25	53.10
9	77.42	66.79	54.37	55	79.00	66.50	53.95	101	79	67.16	54.09
10	79.88	67.38	55.33	56	78.54	66.34	53.31	102	78	65.77	54.13
11	77.20	67.09	55.65	57	78.13	65.31	54.14	103	77	65.42	52.89
12	78.01	66.97	54.32	59	78.49	65.38	53.86	104	76	64.18	52.37
13	79.18	65.57	55.55	59	78.90	66.61	54.03	105	75	65.59	51.31
14	78.83	67.18	53.50	60	78.74	65.25	54.57	106	76	62.32	52.67
15	78.14	67.30	55.33	61	79.05	65.99	53.90	107	77	64.35	52.22
16	77.80	66.58	54.87	62	78.03	65.34	53.72	108	78	67.44	54.11
17	78.02	66.22	53.42	63	77.72	65.74	53.98	109	77	64.38	53.02
18	79.02	65.83	53.76	64	78.13	66.10	54.61	110	76	64.25	51.98
19	79.16	65.93	54.52	65	78.80	66.52	53.80	111	79	66.26	54.71
20	79.52	64.49	52.99	66	78.78	66.34	54.65	112	78	66.29	53.62
21	77.97	65.99	53.32	67	78.36	64.47	53.52	113	78	66.01	53.52
22	78.87	67.60	55.30	68	76.93	65.23	53.86	114	78	66.63	54.06
23	78.77	67.84	54.54	69	77.87	66.04	55.11	115	77	63.04	51.36
24	78.85	65.15	54.31	70	77.10	64.43	54.88	116	76	65.43	53.31
25	79.09	66.29	54.41	71	78.61	65.36	53.50	117	75	62.91	53.43
26	79.21	65.97	54.92	72	78.64	66.73	54.70	118	75	62.73	53.87
27	78.41	65.36	53.97	73	78.85	66.80	55.11	119	75	60.31	53.50
28	79.02	65.53	53.69	74	78.38	65.82	55.13	120	74	59.95	55.23
29	79.03	65.68	53.01	75	79.19	65.99	54.49	121	74	64.13	55.68
30	79.32	67.15	54.88	76	78.50	66.77	54.96	122	75	65.10	54.85
31	79.57	66.98	55.13	77	79.50	66.58	52.60	123	75	63.86	53.18
32	78.79	67.57	54.89	78	78.62	65.56	54.10	124	74	62.93	52.81
33	NAVIDAD			79	78.89	66.59	55.02	125	75	63.76	53.22
34	79.46	67.44	56.92	80	79.62	66.52	53.77	126	74	63.14	53.09
35	79.69	67.14	52.52	81	79.38	65.36	53.42	127	74	63.93	54.21
36	79.04	66.72	54.53	82	78.71	65.59	54.54	128	NO HABIA SISTEMA		
37	79.14	67.00	54.51	83	78.49	65.25	54.38	129	74	62.66	53.02
38	78.39	66.19	55.23	84	77.92	65.26	53.42	130	75	62.60	53.94
39	78.99	66.39	54.56	85	78.25	65.32	53.36	131	75	61.93	52.36
40	78.26	66.97	53.99	86	78.16	65.65	56.10	132	76	62.77	52.70
41	77.35	66.01	54.08	87	78.13	64.12	53.51	133	76	62.63	53.06
42	79.42	66.15	53.89	88	77.02	63.96	52.84	134	75	62.83	53.50
43	78.26	67.92	54.09	89	78.12	63.92	53.09	135	72	61.58	52.87
44	78.30	66.56	53.97	90	78.08	64.04	53.61	136	75	61.52	51.98
45	79.50	66.76	55.01	91	78.83	67.17	53.93	137	76	61.84	52.33
46	79.03	65.38	53.58	92	79.17	67.42	54.60				
<b>TOTAL</b>									<b>10,507</b>	<b>8,866</b>	<b>7,319</b>
<b>POL POR DIA</b>									<b>76.69</b>	<b>64.71</b>	<b>53.43</b>
<b>POL POR HR.</b>									<b>3.20</b>	<b>3.20</b>	<b>3.20</b>

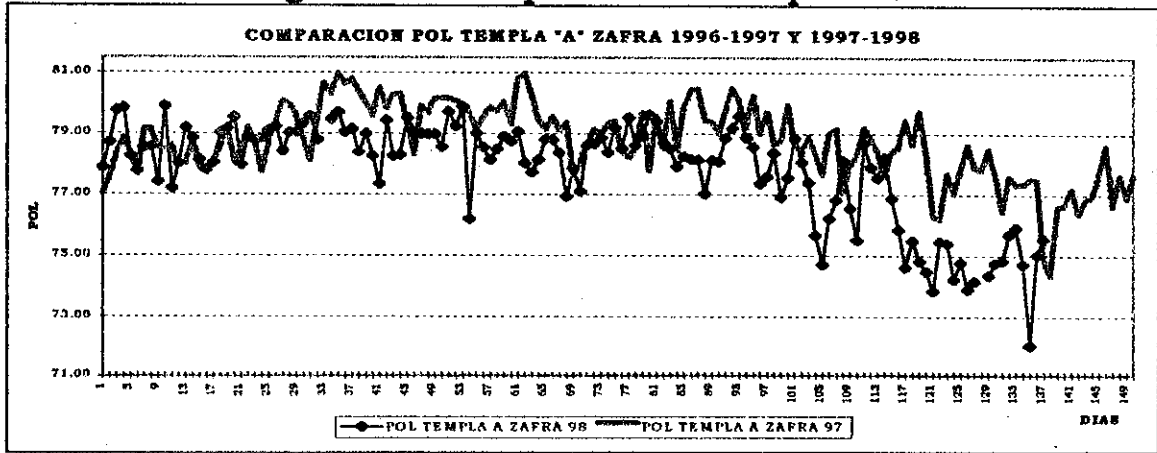
NOTA: HAY DIAS EN LOS QUE NO SE TIENEN LECTURAS DEL PROCESO PORQUE HUBO PROBLEMAS CON EL SISTEMA DE COMPUTADORAS QUE PROCESA LA INFORMACION

**Cuadro No. 22**  
**Resultados Pol Zafra 1996-1997**

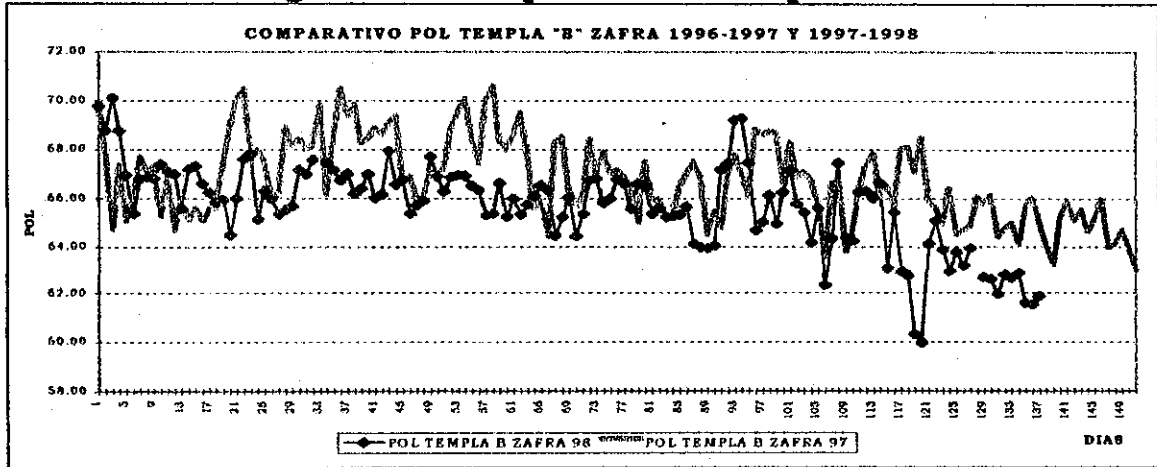
ZAFRA-97				POL								
DIA	TEMPLA			DIA	TEMPLA			DIA	TEMPLA			
	A	B	C		A	B	C		A	B	C	
1	77.03	0.00	0.00	55	79.65	67.07	53.85	109	78.33	67.09	54.43	
2	77.51	69.55	53.20	56	80.11	66.88	53.90	110	78.89	66.74	53.06	
3	78.34	67.78	57.60	57	80.14	67.29	53.75	111	78.32	65.85	54.07	
4	78.83	64.73	52.68	58	80.14	68.84	54.70	112	77.65	63.52	53.12	
5	78.33	67.32	52.80	59	80.06	69.52	53.84	113	78.99	66.60	54.20	
6	77.71	65.08	54.95	60	79.95	70.06	55.44	114	79.15	66.70	54.26	
7	79.11	66.04	54.15	61	79.63	68.55	54.12	115	77.04	63.78	53.47	
8	79.13	67.67	54.07	62	79.16	67.41	53.71	116	77.94	64.64	51.98	
9	78.51	67.05	53.13	63	79.55	69.98	55.30	117	78.28	66.45	54.78	
10	78.46	67.30	52.97	64	79.84	70.59	57.14	118	79.18	67.34	53.30	
11	78.59	65.29	53.78	65	79.71	68.37	54.20	119	78.84	67.83	53.14	
12	78.00	66.80	53.71	66	80.02	67.97	52.70	120	78.38	66.11	54.23	
13	78.04	64.89	54.22	67	79.32	68.60	53.56	121	77.80	66.52	54.62	
14	78.71	65.90	54.67	68	80.81	69.50	55.36	122	78.38	65.58	55.07	
15	0.00	65.11	53.21	69	80.98	67.78	54.11	123	78.55	68.03	54.75	
16	0.00	65.57	51.93	70	80.19	65.58	53.32	124	79.43	68.09	54.69	
17	77.87	65.06	52.35	71	79.43	65.89	54.19	125	78.64	67.08	53.82	
18	77.91	65.59	53.40	72	79.14	64.41	53.70	126	79.71	68.46	55.93	
19	NO HABIA SISTEMA			73	79.52	68.26	54.35	127	78.34	65.88	54.37	
20	78.05	65.57	52.61	74	79.10	68.51	54.08	128	76.27	65.63	54.14	
21	78.58	67.40	52.29	75	79.33	66.40	52.45	129	0.00	0.00	0.00	
22	79.14	68.80	54.30	76	77.57	65.65	54.07	130	0.00	0.00	0.00	
23	78.05	70.07	55.94	77	78.01	65.97	53.40	131	0.00	0.00	0.00	
24	78.50	70.48	54.24	78	78.63	68.41	54.83	132	0.00	0.00	0.00	
25	79.18	67.50	52.91	79	79.13	66.97	54.00	133	76.20	64.92	51.00	
26	78.66	67.96	51.79	80	78.95	67.89	53.82	134	77.68	66.39	53.71	
27	77.74	67.44	54.06	81	79.33	66.97	53.42	135	77.03	64.50	52.08	
28	78.68	66.16	52.90	82	79.38	67.16	54.39	136	77.82	64.70	53.78	
29	79.46	66.09	52.57	83	78.46	66.84	53.23	137	78.62	64.92	53.80	
30	80.05	68.92	55.55	84	78.21	66.54	53.65	138	77.89	66.06	53.66	
31	79.96	68.18	56.04	85	78.55	65.02	53.75	139	77.80	65.78	54.59	
32	79.54	68.41	57.06	86	79.68	67.47	54.11	140	78.48	66.14	53.99	
33	78.75	68.01	55.84	87	77.78	65.96	53.42	141	77.61	64.41	53.30	
34	78.12	68.17	55.53	88	79.55	65.94	54.36	142	76.44	64.80	53.59	
35	79.54	69.79	58.94	89	78.50	65.10	53.64	143	77.57	65.01	53.03	
36	NAVIDAD			90	80.03	65.21	54.51	144	77.32	64.06	52.97	
37	NAVIDAD			91	78.45	66.47	54.12	145	77.33	65.62	53.14	
38	80.64	66.16	57.60	92	79.83	66.99	54.49	146	77.50	66.02	54.55	
39	80.28	68.41	55.83	93	80.43	67.50	55.43	147	77.46	64.98	54.57	
40	80.95	70.48	57.64	94	80.44	66.88	54.59	148	74.79	64.04	54.23	
41	80.61	69.37	55.79	95	79.43	64.53	52.30	149	74.34	63.19	53.72	
42	80.79	69.82	56.84	96	79.37	65.45	54.02	150	76.60	65.24	55.07	
43	0.00	0.00	0.00	97	78.99	64.80	52.65	151	76.64	65.83	53.10	
44	0.00	0.00	0.00	98	79.70	66.97	54.13	152	77.16	65.10	53.17	
45	80.36	68.26	55.07	99	80.46	67.78	54.20	153	76.37	65.53	53.45	
46	79.97	68.45	56.48	100	80.04	66.97	53.45	154	76.80	64.64	52.83	
47	79.59	68.89	56.22	101	79.21	66.12	53.60	155	76.96	65.15	52.85	
48	80.48	68.63	54.58	102	80.22	68.81	55.11	156	77.59	65.94	53.61	
49	79.83	69.06	55.95	103	78.98	68.61	54.73	157	78.58	63.98	53.16	
50	80.27	69.33	57.07	104	79.69	68.75	54.60	158	76.64	64.15	54.20	
51	80.29	66.60	56.05	105	78.67	68.63	54.55	159	77.62	64.69	51.61	
52	79.31	66.89	55.45	106	78.74	68.67	54.71	160	76.89	63.91	52.84	
53	78.33	65.98	53.01	107	79.91	68.28	53.82	161	77.82	62.97	54.88	
54	79.88	66.06	53.86	108	78.70	66.83	53.60					
<b>TOTAL</b>									<b>11,810</b>	<b>10,080</b>	<b>8,175</b>	
<b>POL POR DIA</b>									<b>78.73</b>	<b>66.76</b>	<b>54.14</b>	
<b>POL POR HR.</b>									<b>3.28</b>	<b>2.78</b>	<b>2.26</b>	

NOTA: HAY DIAS EN LOS QUE NO SE TIENEN LECTURAS DEL PROCESO PORQUE HUBO PROBLEMAS CON EL SISTEMA DE COMPUTADORAS QUE PROCESA LA INFORMACION

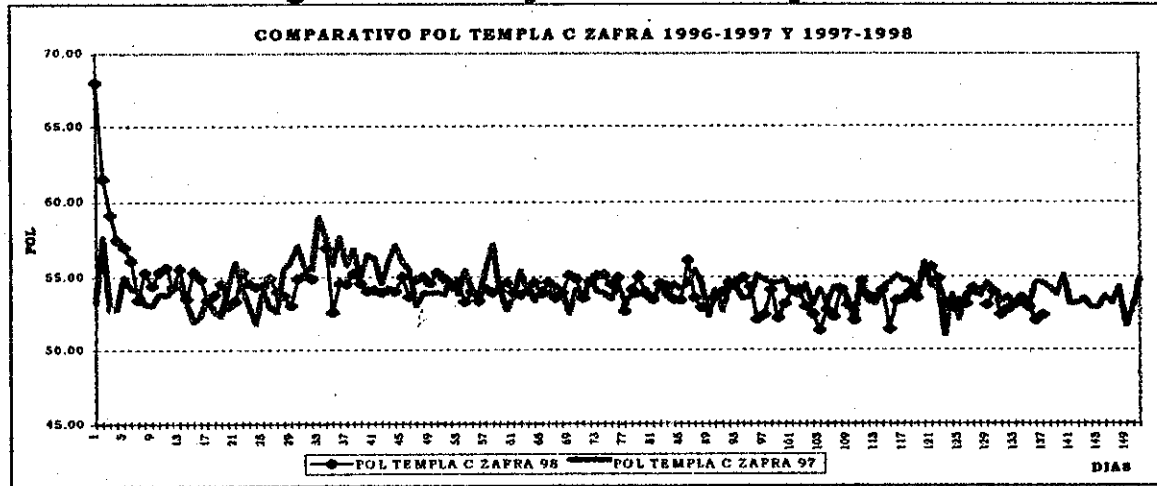
**Figura 16 Comparativo Pol Templas "A"**



**Figura 17 Comparativo Pol Templas "B"**



**Figura 18 Comparativo Pol Templas "C"**



#### **4.3.2 Puntos críticos pendientes.**

De la interpretación de las gráficas anteriores se puede decir lo siguiente:

##### **Comparativo de Brix**

1. En la zafra 96/97 el comportamiento del brix de la templa "A" estuvo más alto que en la zafra 97/98. El promedio del brix de la zafra 96/97 es de 91.79 y para la zafra 97/98 es 91.57, esto indica que la operación fue más eficiente en la zafra 96/97 al lograr un brix más alto en esta templa, en un 0.24%.
2. En la zafra 96/97 el comportamiento del brix de la templa "B" estuvo más alto que en la zafra 97/98. El promedio del brix de la zafra 96/97 es de 94.22 y para la zafra 97/98 es 93.65, esto indica que la operación fue más eficiente en la zafra 96/97 al lograr un brix más alto en esta templa, en un 0.60%.
3. En la zafra 97/98 el comportamiento del brix de la masa "C" fue ligeramente mayor que la zafra 96/97 (99.10 contra 99.05 respectivamente) situándose un 0.05% arriba, esto indica que hubo una mejor operación de agotamiento de mieles en la zafra 97/98 y, por consiguiente, menor recirculación de las mismas.

##### **Comparativo de Pol**

1. En la zafra 97/98 el pol de las templeas "A" estuvo más bajo que en la zafra 96/97 (77.83 contra 78.73 respectivamente) esto es, debido a

que el tipo de material que se trabaja en la templa no tenía las condiciones adecuadas de operación o que la caña que ingresaba de campo traía enfermedades propias de la planta y que afectan en el rendimiento operativo.

2. En la zafra 97/98 el pol de las templas "B" estuvo más bajo que en la zafra 96/97 (65.67 contra 66.76 respectivamente) esto es debido a que el tipo de material que se trabaja en la templa no tenía las condiciones adecuadas de operación o que la caña que ingresaba de campo traía enfermedades propias de la planta y que afectan en el rendimiento operativo.
3. En la zafra 97/98 el pol de las templas "C" estuvo más alto que en la zafra 96/97 (54.22 contra 54.14 respectivamente) esto es debido a que el tipo de material que se trabaja en la templa no tenía las condiciones adecuadas de operación o que la caña que ingresaba de campo traía enfermedades propias de la planta y que afectan en el rendimiento operativo.

#### **4.4 Producción de pies cúbicos de masa por tonelada de caña.**

El término "volumen de grano" se emplea para designar el volumen mínimo de masa cocida que debe introducirse al tacho antes de abrir vapor. Evidentemente, es necesario cubrir por completo toda la calandria en un tacho antes de abrir vapor. De otro modo la ebullición arrojaría a la meladura sobre las partes expuestas del metal caliente, originándose pérdidas por caramelización que oscurece el azúcar. A este espacio también se le llama "pie de templa".

El pie de templa se expresa, generalmente, en por ciento de la capacidad de trabajo del tacho y varía del 20 al 40%. Puede verse, fácilmente, la ventaja de reducir este espacio en lo posible, ya que el pie de templa entra al tacho en la forma de meladura virgen o magma de alta pureza y es sólo sobre el resto de la templa como puede disminuirse la pureza con la admisión de mieles A o B (de primera o de segunda). El volumen para el pie de templa determina, entonces, la posibilidad de un agotamiento rápido en el tacho resultando una mayor caída de pureza cuando se emplean grandes cantidades de mieles de bajo grado.

#### 4.4.1 Resultados

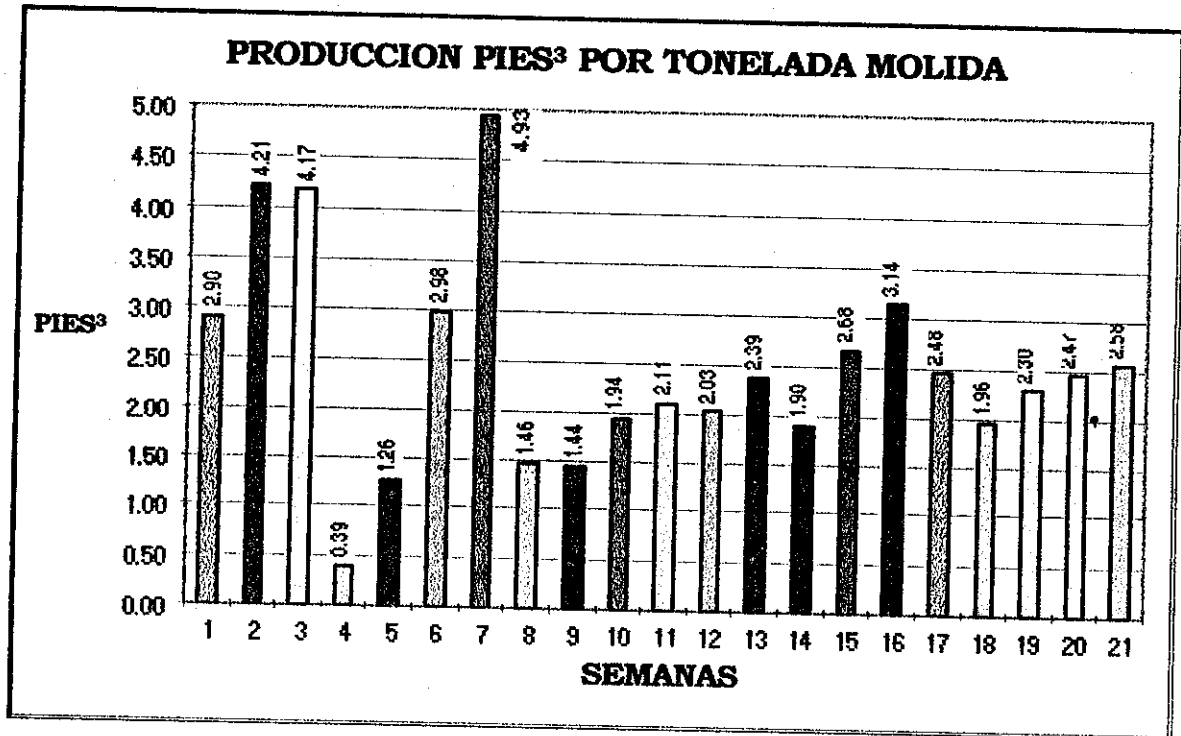
PRODUC. REAL SEMANA	TONELADAS MOLIDAS	TEMPLAS A PRODUCIDAS	PROMEDIO PIES3/TEMPLA	PIES3 TOTAL PRODUCIDOS	PRODUCCION PIES3/TONELADA
1	22,777.21	30.00	2,200.00	66,000.00	2.90
2	65,305.35	125.00	2,200.00	275,000.00	4.21
3	77,013.84	146.00	2,200.00	321,200.00	4.17
4	94,882.22	17.00	2,200.00	37,400.00	0.39
5	98,098.31	56.00	2,200.00	123,200.00	1.26
6	57,653.22	78.00	2,200.00	171,600.00	2.98
7	81,199.15	182.00	2,200.00	400,400.00	4.93
8	100,890.99	67.00	2,200.00	147,400.00	1.46
9	101,047.26	68.00	2,200.00	145,200.00	1.44
10	108,793.51	96.00	2,200.00	211,200.00	1.94
11	105,388.38	101.00	2,200.00	222,200.00	2.11
12	107,160.38	99.00	2,200.00	217,800.00	2.03
13	116,999.45	127.00	2,200.00	279,400.00	2.39
14	112,148.03	97.00	2,200.00	213,400.00	1.90
15	95,899.39	117.00	2,200.00	257,400.00	2.68
16	106,378.00	152.00	2,200.00	334,400.00	3.14
17	95,078.98	107.00	2,200.00	235,400.00	2.48
18	102,281.73	91.00	2,200.00	200,200.00	1.96
19	102,436.51	107.00	2,200.00	235,400.00	2.30
20	105,857.61	119.00	2,200.00	261,800.00	2.47
21	39,240.20	46.00	2,200.00	101,200.00	2.58
PROMEDIO REAL PIES3/TON CAÑA PRODUCIDOS					2.46

PLANIFICADO  
POR  
SEMANA

TONELADAS MOLIDAS	TEMPLAS A PRODUCIDAS	PROMEDIO PIES3/TEMPLA	PIES3 TOTAL PRODUCIDOS	PRODUCCION PIES3/TONELADA
112,000.00	135.00	2,200.00	297,000.00	2.65



**Figura 19**  
**PRODUCCIÓN PIES<sup>3</sup> POR TONELADA DE CAÑA**



#### **4.4.2 Puntos Críticos Pendientes.**

Los resultados de los pies<sup>3</sup> de masa producidos por tonelada de caña, reflejados con anterioridad, tienen valores muy dispares entre semana y semana, lo cual refleja un comportamiento no uniforme.

Se distingue lo siguiente:

1. Al ver el comportamiento real de los factores evaluados, se observa lo siguiente:

	PROMEDIO				
	TONELADAS MOLIDAS	TEMPLAS A PRODUCIDAS	PROMEDIO PIES3 TEMPLA	PIES3 TOTAL PRODUCIDOS	PRODUCCION PIES3/TONELADA
<b>PRODUCC. REAL</b>	90,310.94	96.48	2,200.00	212,247.62	2.46
<b>PLANIFICADO</b>	112,000.00	135.00	2,200.00	297,000.00	2.65
<b>DIFERENCIA</b>	21,689.06	38.52	0.00	84,752.38	0.19
<b>DIFERENCIA %</b>	19%	29%	0%	29%	7%

Existe un 7% en promedio de diferencia entre lo planificado y lo real lo cual dice que el trabajo de producción no obtuvo el rendimiento deseado.

- Al tener 7% de diferencia en rendimiento de pies<sup>3</sup> por tonelada de caña molida se tiene también un 29% menos en el rendimiento de templas producidas, este comportamiento se debe a que la operación no tuvo la eficiencia esperada (no hubo un efectivo control en los parámetros de operación de los equipos, por ejemplo: existió bajo vacío, el apriete que necesita la templa no es el adecuado, falta de vapor, etc.). Analizando el comportamiento del brix en el área de tachos se ve claramente que el número de templas producidas es menor a lo planificado debiéndose, esencialmente, a que se utiliza más tiempo de producción por templa, esto se debe también a que existen problemas del material que ingresa a los equipos, por ejemplo: enfermedades que trae la caña molida, azúcares reductores altos, poca concentración de sacarosa en la templa, etc.
- Una producción más baja de lo planificado no solamente se debe a una mala operación en el departamento de tachos sino, también, a una calidad baja del material que ingresa a los equipos de esta sección, por lo que es indispensable tener un mejor control en el mismo para que los problemas que existieron se disminuyan con el tiempo, a través de mejores prácticas de operación y de una

motivación constante del personal para hacerles conciencia de que el rendimiento de toda la operación es un trabajo en equipo.

#### **4.5 Retroalimentación.**

La retroalimentación en cualquier proceso, es el recabar toda la información y guardarla como un historial para tener antecedentes de la forma en que se trabajó y buscar las opciones que puedan existir para corregir los problemas que queden pendientes de solucionar.

Luego del análisis del equipo de calidad integrado en la sección de tachos y de la búsqueda de soluciones a los problemas existentes es necesario hacer ajustes a las soluciones encontradas ya que en la medida que se busca el mejoramiento continuo se van hallando puntos frágiles no visualizados.

Para tener objetivos a largo plazo claros, se debe de seguir diferentes estrategias, seleccionando diferentes problemas y buscando cada vez mejores soluciones aún cuando los mismos problemas hayan sido solucionados, todo esto se enfoca para hacer cada vez más eficiente y efectivo el trabajo en equipo integrando a todas las partes del proceso como un todo.

Ciertas sugerencias claves que ayudarán, a una mejor visualización de la selección del problema a solucionar, son:

1. seleccionar un proyecto en el cual quien lo plantea, su jefe superior y su empresa estén interesados,

2. seleccionar un proceso y no un sistema,
3. seleccionar un proceso y no una solución deseada,
4. seleccionar un proceso con un ciclo de duración que sea relativamente breve,
5. seleccionar un proyecto cuyos resultados sean mensurables,
6. seleccionar un proyecto que signifique un reto.

## 5. CONCLUSIONES

1. La filosofía de Círculos de calidad consiste en un grupo de trabajadores que tienen un área de responsabilidad compartida y que se reúnen, voluntariamente, con regularidad para tratar, analizar y recomendar soluciones a problemas relacionados con el trabajo, esta actividad tiene como finalidad, desarrollar la metodología de la solución de los problemas de una manera directa por los trabajadores en coordinación con sus supervisores, permitiendo que el trabajo sea más confiable y seguro, más sencillo y más productivo. Esta metodología se conoce como solución participativa de problemas, y reconoce tanto el interés y entusiasmo como los conocimientos, habilidades y capacidad creadora del trabajador lo cual le permite introducir mejoras en su propio trabajo.
2. Toda la filosofía de Calidad total se puede llevar a cabo si la gerencia tiende a proporcionar y fomentar el desarrollo y perfeccionamiento de los empleados.
3. Los resultados obtenidos en la sección de tachos no solamente dependen de la misma sino del balance de todos los departamentos que juegan un papel dentro del proceso productivo. Existen factores que se escapan del control de la sección, como por ejemplo: la calidad de la caña que viene del campo, el clima, las infecciones que lleve la caña, mala operación de otras secciones, las condiciones del material

que entra a los tachos no sea la adecuada, etc., por ejemplo: en la zafra 97/98 hubo más producción de Templas "A", "B" y "C" que en la zafra 96/97, incrementándose un 12.03%, 25.31% y 23.02% templas/día, respectivamente, en promedio, en relación al número de días producidos. Como se muestra en los resultados, la producción de las diferentes templas mejoró, pero, esto no quiere decir que el trabajo en el área de tachos es eficiente al 100%, ya que se tienen que tomar en cuenta otros factores como: en la zafra 96/97 el comportamiento del brix de la templa "A" y "B" estuvo más alto que en la zafra 97/98. En la zafra 97/98 el comportamiento del brix de la masa "C" fue ligeramente mayor que la zafra 96/97. A pesar de que la producción de templas fue más alta en la zafra 97/98, el rendimiento de trabajo en esta área no refleja un comportamiento esperado ya que en las templas "A" y "B" existieron algunos problemas (mal material, mala operación, etc.), pero, en la templa "C" en la zafra 97/98 hubo un mejor agotamiento de mieles en comparación con la zafra 96/97 de mieles y, por ende, menor recirculación de la misma.

4. Con base en los análisis granulométricos se muestra que el tamaño de grano a 50% de azúcar Estándar salido de Centrifuga mantiene un promedio ( $Y_i$ ) de 757.81 micrómetros, Secadora de 626.75 micrómetros, Enfriadora 595.48 micrómetros; lo cual significa que el grano al salir de la Centrifuga es el 17.29% más grande que al salir de la Secadora y 21.42% al salir de la Enfriadora; esto se debe a que el mecanismo que utilizan estos equipos y las condiciones del azúcar al salir de la centrifuga permiten que el grano formado en el momento de

pasar al siguiente paso del proceso desprenda un polvillo que marca la diferencia entre una y otra etapa.

5. El tamaño de grano a 50% de azúcar Refino local, muestra que el grano salido de Centrífuga mantiene un promedio ( $Y_i$ ) de 534.05 micrómetros, Secadora 389.12 micrómetros, Enfriadora 407.66 micrómetros. Lo que significa que el grano a la salida de Centrífuga es el 27.14% mayor que el grano al salir de Secadora, y 23.67% mayor que al salir Enfriadora. La diferencia del tamaño de grano de Secadora a Enfriadora es que hay un ciclón en cada una de éstos que absorbe el polvillo, aunque en la Secadora se ha eliminado parte del polvillo en la Enfriadora se elimina el resto de éste, por lo que en la Enfriadora ha quedado el grano más grande y se tiene una diferencia en cada una de estas etapas del proceso.
  
6. Según los coeficientes de dispersión de azúcar cruda sin pasar por secadora y enfriadora, obtenidos como resultados granulométricos considerando un  $\pm 1\%$  de error, muestran que la caída de grano a una base de metal (hierro) desde una altura de 3 y 8 pies a temperatura de  $23^\circ\text{C}$  y caída de grano desde 8 pies muestran que en las simulaciones realizadas en el Laboratorio no se presentaron cambios ya que la diferencia es mínima y según los estándares establecidos la opinion de aceptabilidad es Buena, sin embargo, no se han logrado establecer en las pruebas de Laboratorio los resultados óptimos que se necesitan del tamaño del grano de azúcar producido.
  
7. En la evaluación de los resultados de producción  $\text{pies}^3$  de masa por tonelada de caña dio una diferencia del 7% en rendimiento

comparativo entre lo planificado y lo real, así ,también, por tonelada de caña molida se tiene un 29% menos en el rendimiento de templas producidas; este comportamiento se debe a que la operación no tuvo la eficiencia esperada (no hubo un efectivo control en los parámetros de operación de los equipos, por ejemplo: bajo vacío, el apriete que necesita la templa no es el adecuado, falta de vapor, etc.).

8. Analizando el comportamiento del brix en el área de tachos se observa claramente, que el número de templas producidas es menor a lo planificado, debiéndose, esencialmente, a que se utiliza más tiempo de producción por templa, esto se debe a que existen problemas del material que ingresa a los equipos, por ejemplo: enfermedades que trae la caña molida, azúcares reductores altos, diatraea, poca concentración de sacarosa en la templa, etc.

9. Se tiene, según estadísticas, para la Zafra 1996-1997 durante las 24 horas de operación de la fábrica, una retención equivalente a 180 minutos (3 horas); con la implementación de los programas de Calidad total y la estimulación del personal se obtuvo un resultado positivo, ya que para la Zafra 1997-1998 este tiempo retenido bajo, aproximadamente, a 120 minutos (2 horas) lo que da un 33.33% menos de tiempo de retraso. Esto enlazado a que en la zafra 97/98 hubo más producción de Templas "A" en comparación de la zafra 96/97, incrementándose un 12.03% templas/día en promedio en relación con el número de días producidos dice que es efectivo practicar un sistema diferente de trabajo como el planteado para obtener mejores rendimientos de operación. En conclusión, la



operación en el área de tachos fue más eficiente aunque por motivos del tipo de material que ingresaba a los equipos no fue tan eficaz al no lograr los rendimientos en Brix y Pol óptimos.

## **6. RECOMENDACIONES**

1. Monitorear y hacer muestreos constantes del rendimiento esperado de la variedad de caña a sembrar para medir los resultados esperados contra los reales, se tiene que tomar en cuenta que la investigación y el desarrollo de ciertas variedades se hacen en una determinada región y, por eso, se tiene que revisar que esas mismas características sean adaptables al medio guatemalteco.
2. En la sección de molinos es esencial que exista control cada media hora para comparar si los parámetros de operación se ajustan a los óptimos del proceso. Revisar los parámetros de agua de imbibición, mantener una alimentación uniforme que permita estabilidad y mejor extracción, al mismo tiempo, tratar de mantener una limpieza adecuada del sistema para disminuir las pérdidas de sacarosa por inversión microbiana. Se tiene que controlar, constantemente, el porcentaje de humedad (que no sea mayor del 50%) que lleva el bagazo a calderas ya que, también, es imprescindible en la operación de esa sección.
3. Controlar, constantemente, la operación adecuada en los clarificadores de jugo y el pH resultante de la operación de esa sección ya que este proceso es esencial para tener las condiciones adecuadas del material en las siguientes etapas del proceso.

4. La adopción de la Calidad total como la nueva forma de vida en una organización, requiere de un alto compromiso del nivel gerencial hacia la adopción de una mentalidad de servicio orientada al cliente (externo o interno) y hasta que este compromiso no sea alcanzado no debe iniciarse el cambio de cultura en los siguientes niveles, pues, esto resultaría en un cúmulo de frustraciones, que entorpecerán el proceso de reconvención total.
  
5. Buscar opciones de análisis estadístico como la prueba de Duncan u otro, para el análisis de resultados y con esta variante se puede establecer el método más eficiente y eficaz que determine la condiciones operacionales de proceso en las pruebas de laboratorio, óptimas y así, comprobar las causas de la rotura de grano de azúcar Estandar y Refino Local.
  
6. Es necesario implementar sistemas de automatización en el área de tachos para monitorear, constantemente, la operación de esa sección, también sería de bastante utilidad lograr una motivación diferente en las personas que trabajan en esa área, ya que, son trabajadores que tienen una autoestima muy elevada por el tipo de trabajo que desempeñan, esto se podría aprovechar para que sientan que todas las sugerencias que hacen a sus supervisores sean escuchadas y, con ello, tener un estado anímico alto que los conduciría a trabajar en un ambiente propicio.
  
7. Para tener objetivos claros a largo plazo, se deben seguir diferentes estrategias, seleccionando diferentes problemas y buscando, cada vez,

mejores soluciones, aún cuando los mismos problemas hayan sido solucionados, todo esto se enfoca para hacer cada vez más eficiente y efectivo el trabajo en equipo, integrando a todas las partes del proceso como un todo, especialmente, en el área de tachos ya que es un equipo que tiene varios años de estar trabajando y que tienen mucho que dar para tener un sistema de automotivación constante.

## 7. BIBLIOGRAFIA

1. BENNIS, Warren G., **Desarrollo Organizacional: Su Naturaleza, Sus Orígenes y Perspectivas**, Costa Rica: 1997, Editorial Fondo Educativo Interamericano,. Pags. 3-45.
2. CLAYTON, J., **System of Cane Sugar Factory Control**, Brisbane: 1998, Editorial ISSOT. Pags. 9-66.
3. CHEN, James C.P. **Manual del azúcar de caña**, Editorial LIMUSA, México: 1996. Pags. 25-48.
4. FEIGENBAUM, Armand V., **Control Total de la Calidad**, México D.F.: 1995, Editorial Continental. Pags. 5-45.
5. GEORGETOWN UNIVERSITY, **Sistema TSE para la Resolución de Problemas "Técnicas en Soluciones Empresariales"**, Washington D.C. Abril 1998. Pags. 2-37.
6. HODSON, William, **Maynard, Manual del Ingeniero Industrial**, cuarta edición, Mexico D.F.: Agosto 1996, Editorial McGraw Hill. Pags. 89-143.
7. HUGOT, E. **Manual para Ingenieros azucareros**, octava edición, México: 1995, Editorial Continental S.A. de C.U. Pags. 225-357.

8. ISHIKAWA, Kaoru, **Qué es Control Total de la Calidad?**, Bogotá: 1997, Editorial Norma. Pags. 9-54.
  
9. KELLY, Michael R., **Manual de Solución de Problemas**, tercera edición, México: 1997, Editorial Panorama. Pags. 142-155.
  
10. MIZE, J.H., **Operations Plannig and Control**, U.S.A.: 1996, Editorial Prentice Hall. Pags. 8-31.

## APÉNDICE 1

### Sistema Quarz

Los hornos con el sistema Quarz están compuestos de charolas en forma de gavetas que corren en su alojamiento. Sobre la gaveta inferior, por la que entra el aire de combustión se coloca la cal viva. El aire pasa en seguida a la charola superior, sobre la cual se distribuye el azufre. Algunos deflectores desvían el aire y lo obligan a pasar tanto por la cal como por el azufre: Cuando éstos no existen, el rendimiento del horno baja a la mitad.

A la salida del comportamiento de azufre, el gas que contiene ahora entre el 12 y el 16% de  $\text{SO}_2$  (Dióxido de Azufre) sube por la columna del aparato de sulfitación a través de un sublimador y de una chimenea de dobles paredes con circulación de agua.

El agua que enfría la chimenea pasa al horno, al que enfría, a su vez, en su paso.

## **APÉNDICE 2**

### **Filtros prensa.**

Un filtro prensa se compone de una serie de placas separadas por marcos del mismo espesor, unas y otros independientes y móviles que corren sobre 2 barras soporte y que pueden apretarse las unas contra los otros por medio de un dispositivo de tornillo o por medio de una presión hidráulica.

## **APÉNDICE 3**

### **Rillieux.**

Cuando Norbert Rillieux concibió sus primeras ideas sobre la evaporación a múltiple efecto, él no tenía las tablas de vapor que hoy son tan conocidas y la termodinámica no se conocía como ciencia aplicada, así que él formuló algunos principios conocidos, que son los siguientes:



**Primer principio.**

En un evaporador de múltiple efecto, por cada kilogramo de vapor que se use, se obtendrán tantos de evaporación, como vasos tenga el equipo.

**Segundo principio.**

Si se extraen vapores de cualquier unidad o vaso de un evaporador de múltiple efecto para sustituir vapor en un proceso concurrente, el ahorro de vapor logrado equivaldrá a la cantidad de vapor extraída, dividido por el número de unidades que contenga el sistema y multiplicada por la posición que ocupe en el grupo la unidad de la cual se ha extraído vapor.

**Tercer principio.**

En todo aparato en el cual se condense vapor o evaporaciones, es necesario extraer continuamente la acumulación de gases incondensables que, indefectiblemente, quedarán en el compartimento que contiene la superficie calórica.

***En resumen, el principio Rillieux es: "Un kilogramo de vapor, evapora un kilogramo de agua"***

## APÉNDICE 4

### Fórmula SJM de Noel Deerr.

Comenzando con el material primario, que puede ser jugo claro, meladura o masa cocida de pureza  $j$ , se recupera de él azúcar de pureza  $s$  en una relación  $Q$  por unidad de peso de materia seca en el material primario en consideración. Se obtienen también mieles de pureza  $m$ . Igualando el peso de sacarosa presente en el material primario con el peso de sacarosa recuperada en el azúcar y las mieles obtenidas y expresando todas estas cantidades en términos de unidad de peso de materia seca en el material primario, se tendrá:

$$Q = \frac{s(j - m)}{j(s - m)}$$

Donde  $Q$  = recuperación en la operación.

# APÉNDICE 5

### TACHOS 2<sup>da</sup> y 3<sup>da</sup>

TACHO	P <sup>1</sup>	2 <sup>o</sup>	3 <sup>o</sup>	SN	DB	CT	LZ
1							
2							
3							
4							
5							

## ESTADO DE TACHOS

BOMBAS VACIO TACHOS:

BOMBAS DE VACIO EVAPORADORES:

GRANEROS

### TACHOS DE 1<sup>da</sup>

TACHO	P <sup>1</sup>	1 <sup>o</sup>	DB	M	CT	LZ
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						

LZ = LIMPIEZA.

GRANERO	1 <sup>o</sup>	2 <sup>o</sup>	3 <sup>o</sup>	SN	DB	CT
1						
2						
3						
4						
5						

### TANQUERIA DE MIELES

MIEL "B"

BE \_\_\_\_\_

MIEL "A"

BE \_\_\_\_\_

MEZCLA

MELADURA

BE \_\_\_\_\_

TANQUE MAGMA

RECIBIDORES 2<sup>da</sup>

RECIBIDORES 1<sup>da</sup>

PORTA TEMPLAS 3<sup>da</sup>

MEZCLADORES

MATERIAL	BRIX	POL.	PUREZA	H <sub>2</sub> O
MELADURA				
MIEL A				
MIEL B				
MIEL FINAL				
MAGMA				
ULTIMA MASA "C"				
AZUCAR				

CRISTALIZADORES 3<sup>da</sup>

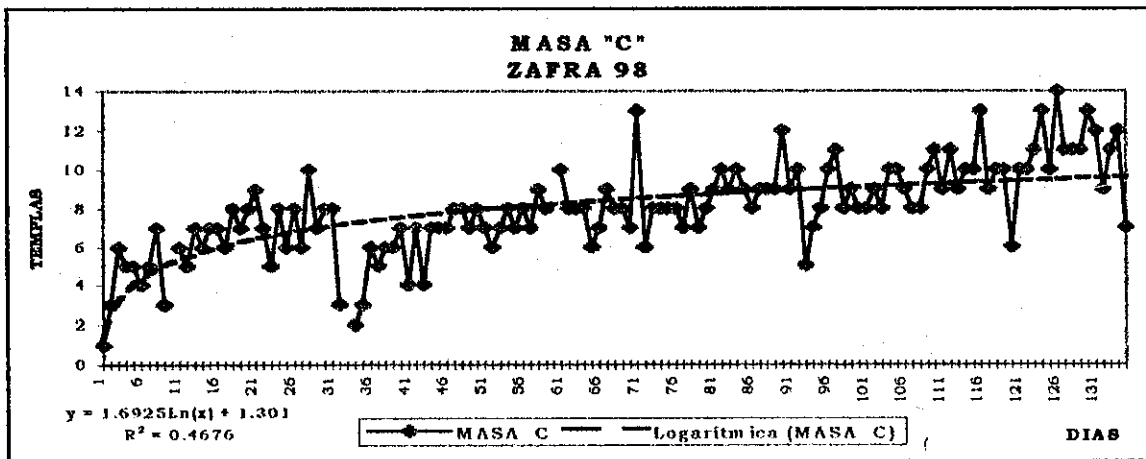
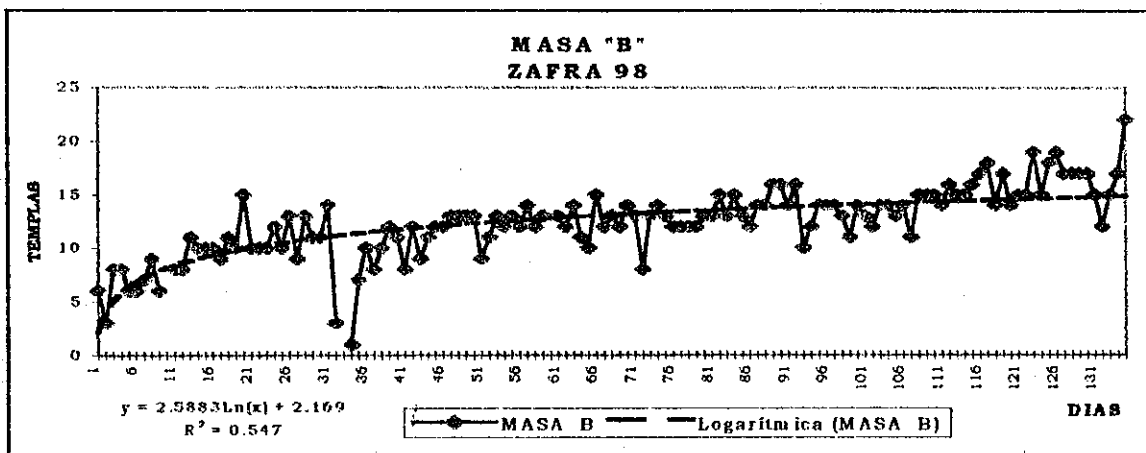
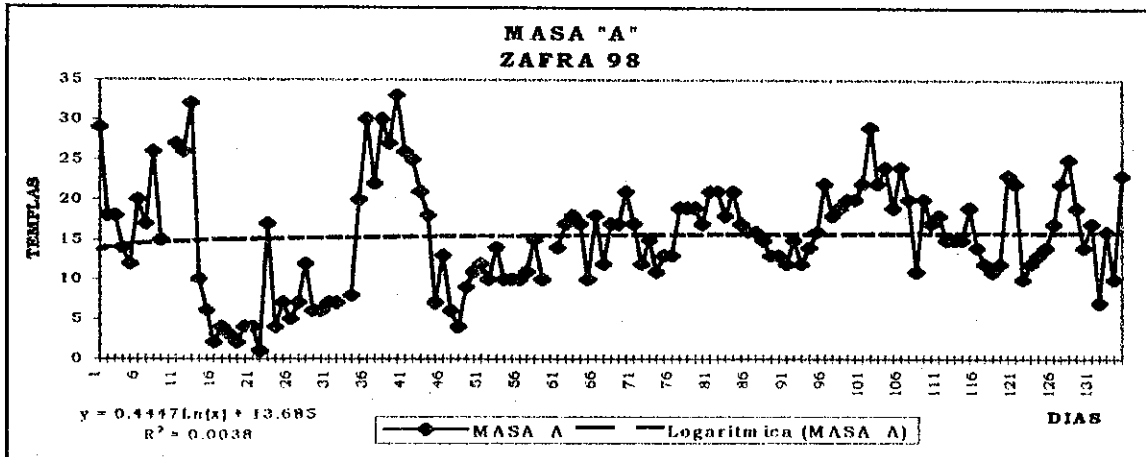
F.) \_\_\_\_\_

## APÉNDICE 6

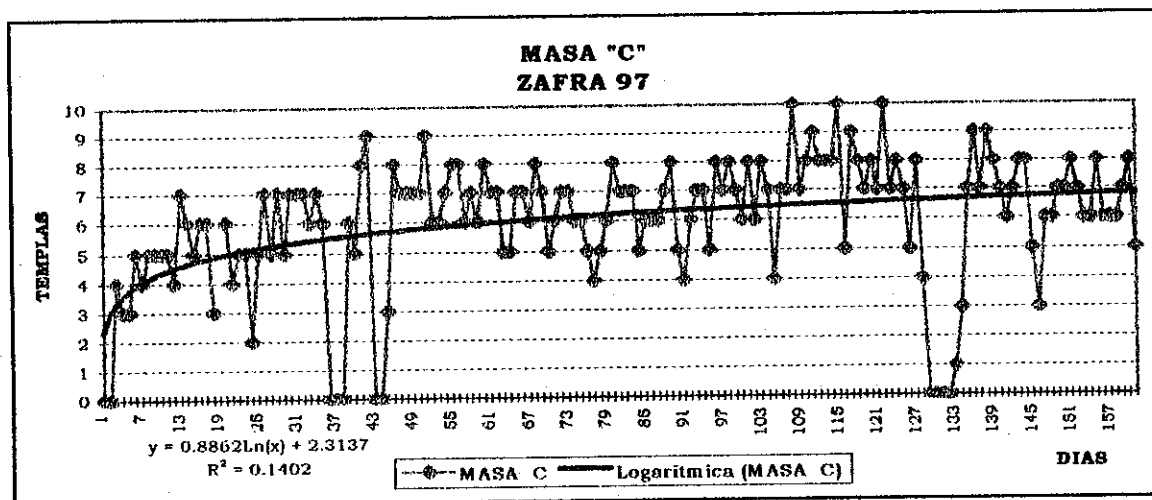
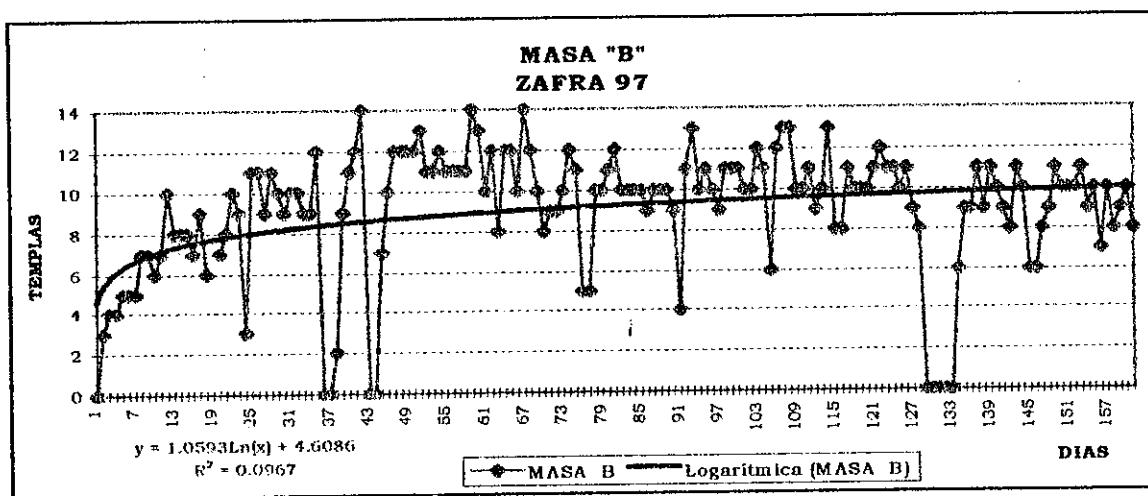
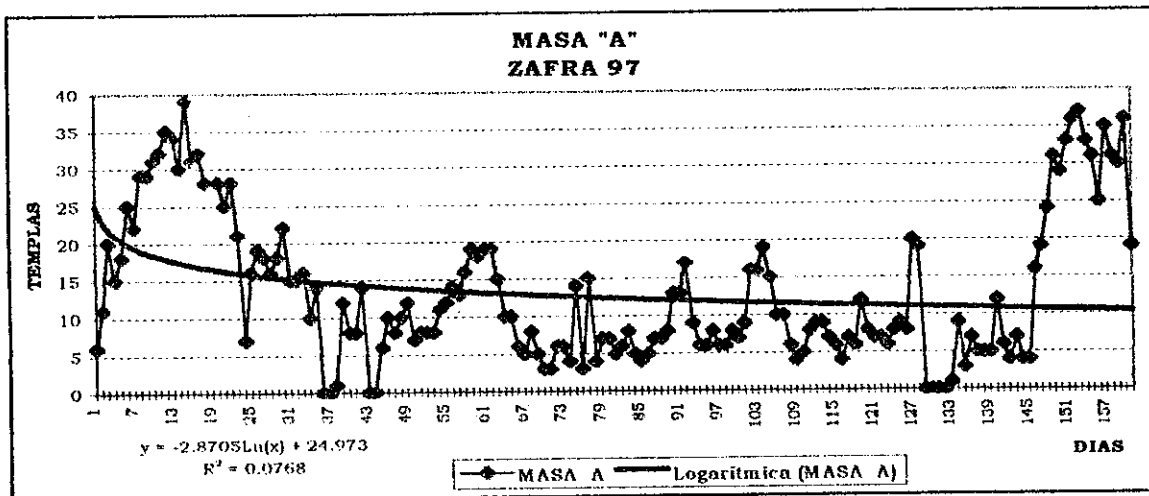
ASIGNACION DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		NO	De				
RECIBIDO POR		Pág	De				
1.-NO. DE EQUIPO	2.-NOMBRE DEL EQUIPO						
3.-FECHA DE VENCIMIENTO	4.-UBICACION	5.-TAMÑO	6.-TIPO				
7.-HORAS PLANEADAS	8.-TRABAJO POR REALIZAR (USE LOS ENCABEZADOS DE LAS COLUMNAS SOLO PARA EL TRABAJO DE LUBRICACION, VER ABAJO)		9.-FRECUEN. Diario				
11.-TIPO DE TRABAJO  LIMPIAR <input type="checkbox"/> REEMPLAZAR <input type="checkbox"/> REPARAR <input type="checkbox"/> VERIFICAR <input type="checkbox"/> LUBRICAR <input type="checkbox"/>	LUGAR DE LUBRICACION A	AJUSTES NO TPO B C		TIPO DE LUBRICACION D	CANTIDAD DE LUBRICACION E	FREC. (LUBRIC.) AÑADIR ELIMINAR F G	
12.-MATERIAL							
REF	NO	DESCRIPCION	7				
			8				
			9				
			10				
			11				
			12				
			13				
			14				
			15				
			16				
			17				
			18				
			19				
			20				
			21				
			22				
			23				
REF	TRABAJO NECESARIO						
8	BAJO-AÑADIR ACEITE						
18	PEQUEÑA FUGA, REPARAR VALVULA						
A.							
B.							
C.							
D.							
	Horas anuales	Fecha	Aprobado				

## APÉNDICE 7

### Resultados: Producción Zafra 98

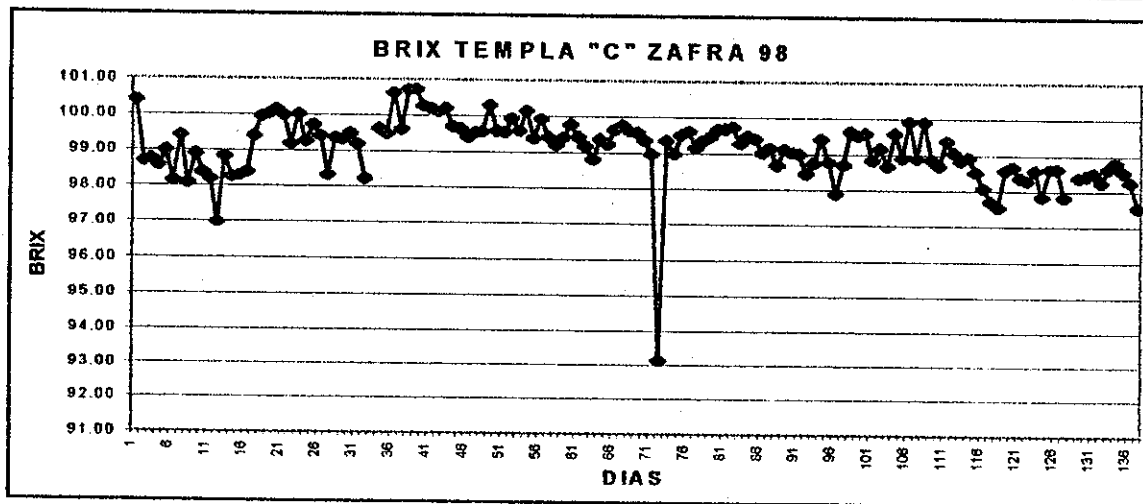
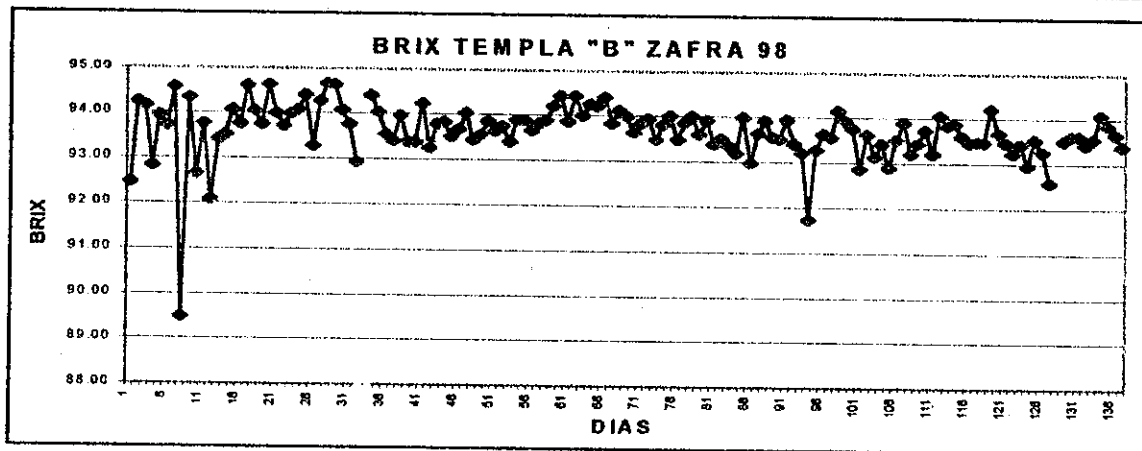
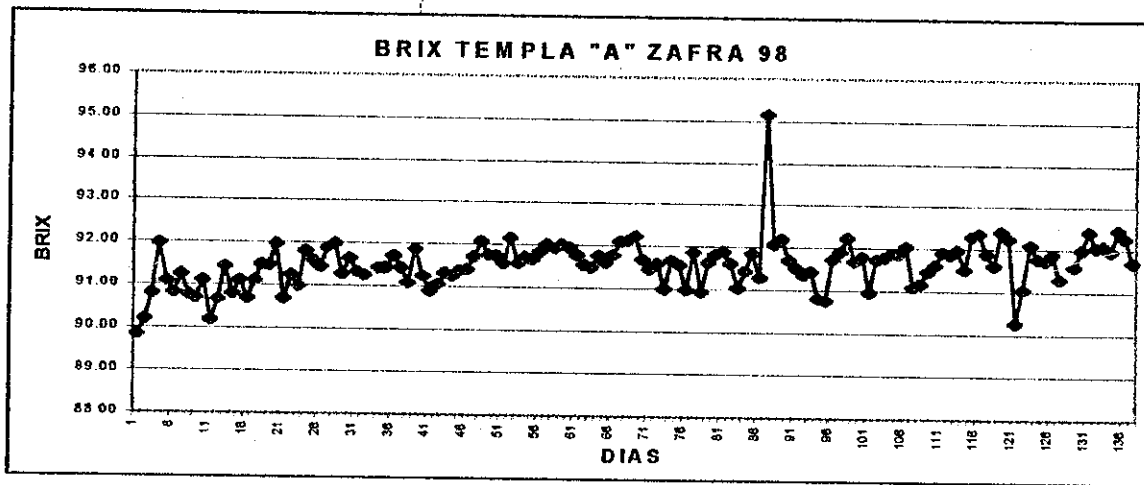


## Resultados: Producción Zafra 97

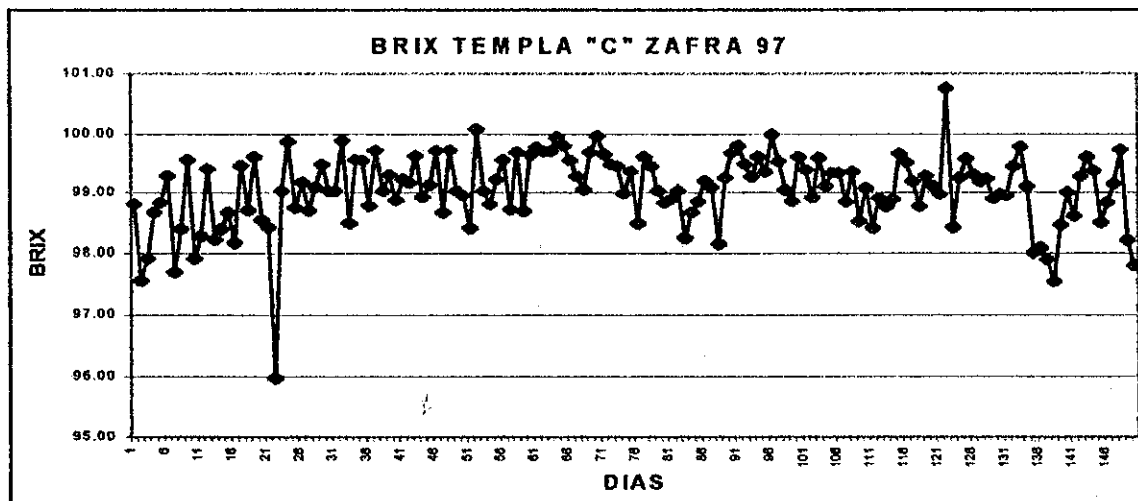
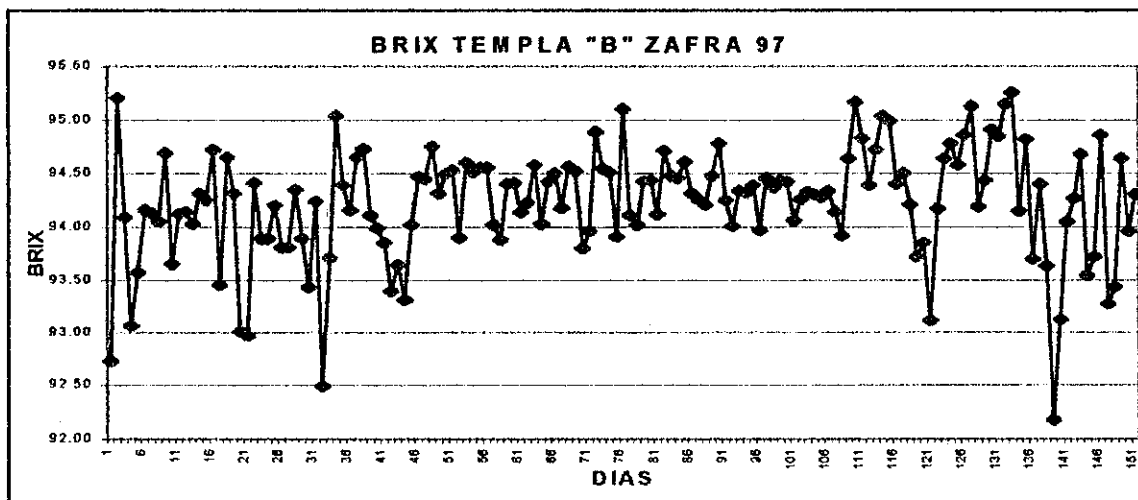
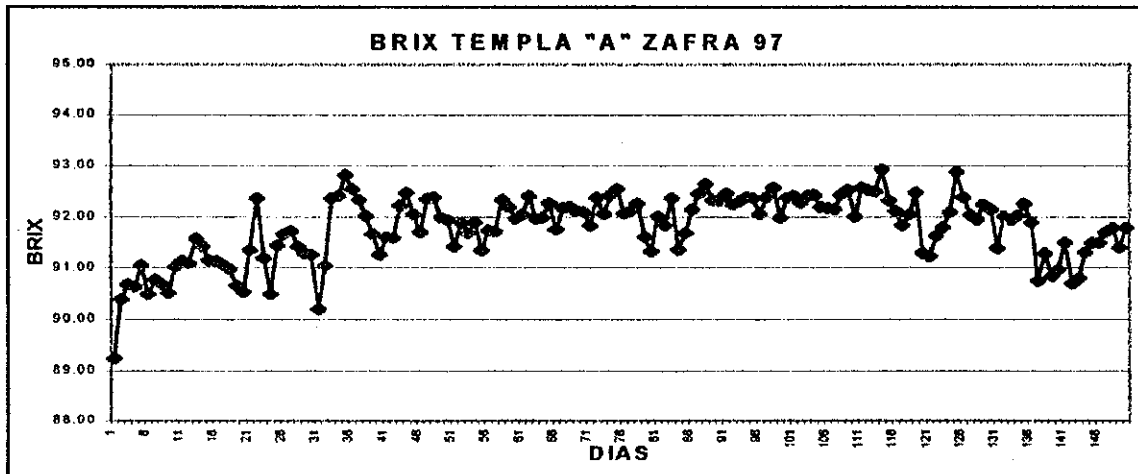


# APÉNDICE 8

## Resultados: Brix Zafra 98



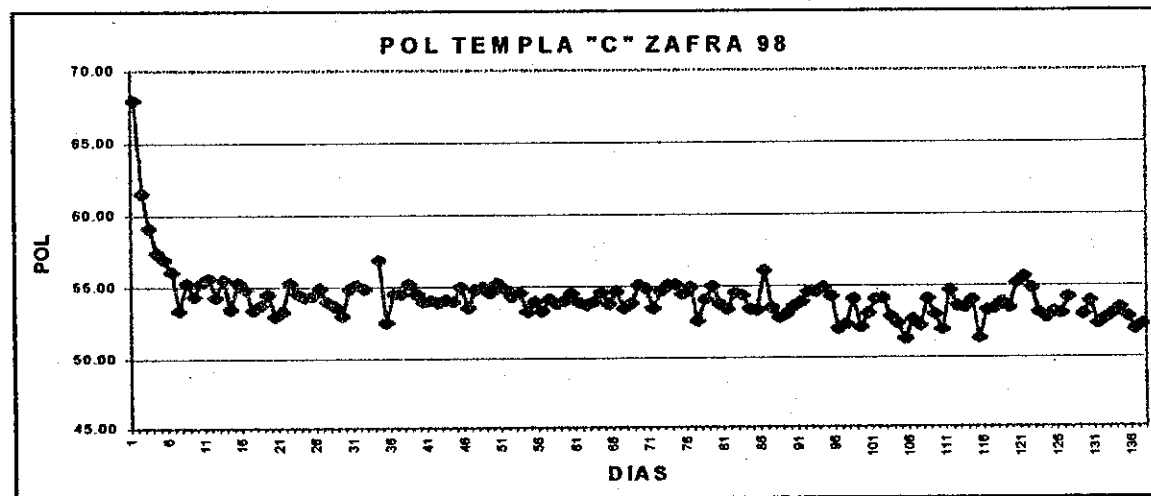
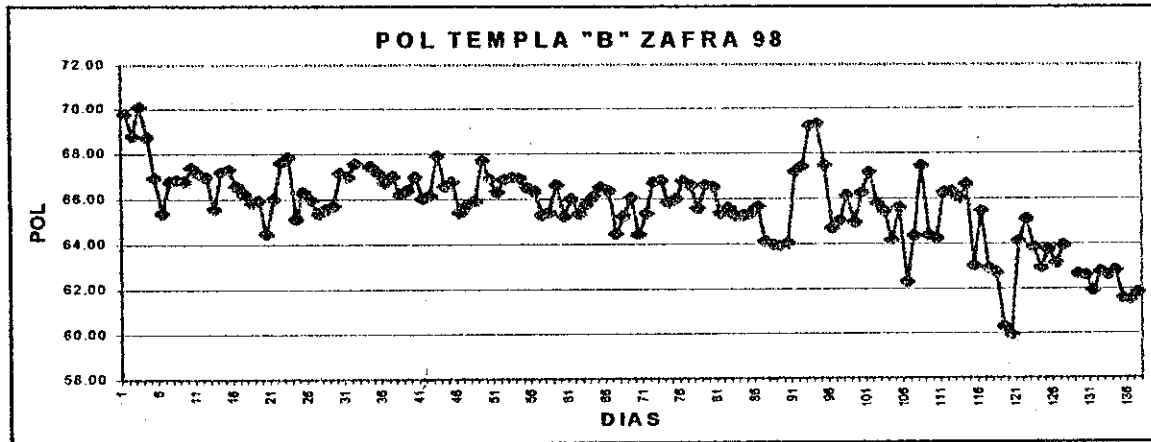
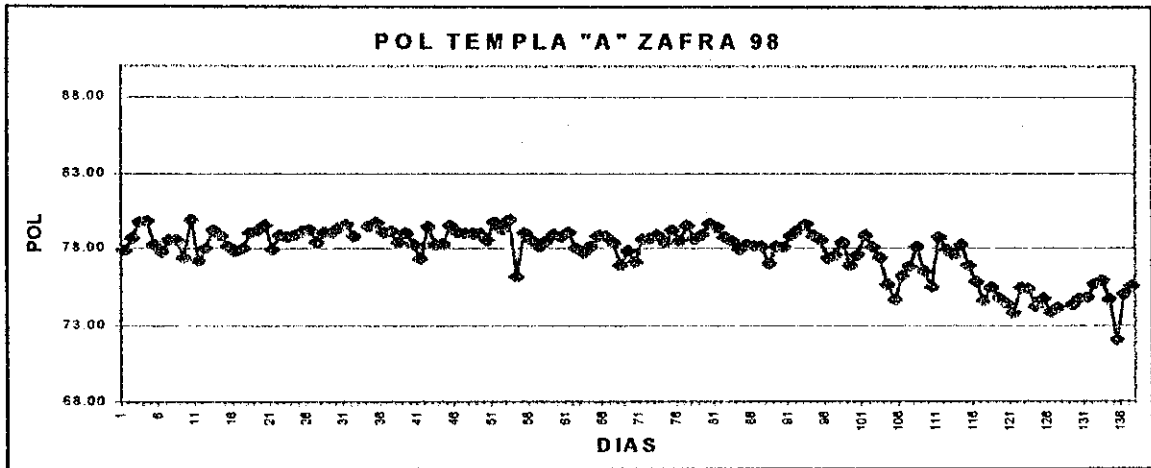
**Resultados: Brix Zafra 97**





# APÉNDICE 9

## Resultados: Pol Zafra 98



**Resultados: Pol Zafra 97**

