88. Avances en la medición de cristales con sistema de cristalografía

Ing. Adolfo León Vivas Paredes, (1)Ing. Guillermo Botero Tascon, (2),(3) Ing. Ricardo Gardeazabal Micolta

---

Ing. Adolfo León Vivas Paredes, (1) Gerente de Fábrica Ingenio Providencia e-mail avivas@ingprovidencia.com (2)Ing. Guillermo Botero Tascon Director Elaboración Ingenio Providencia e-mail gbotero@incauca.com (3) Ing. Ricardo Gardeazabal Micolta Asesor Cristalografía y Gerente de Soluciones Científicas Ltda. E-mail :scientificas@gmail.com

Resumen

"La caña tiene un potencial de sacarosa que ronda el 15 % y con buenas prácticas de extracción, reducción de las pérdidas en la ruta del jugo a meladura y un buen programa de manejo en tachos, es posible recuperar hasta un 88 % de la sacarosa disponible". Convencionalmente se ha utilizado el método de observación visual y sensorial para determinar la cantidad de cristales presentes en un licor madre. La cristalografía es una herramienta especial del departamento de elaboración para realizar mediciones directas y en el momento del tamaño y distribución de cristales desde la emulsión hasta el azúcar final, con el objetivo de tomar decisiones a tiempo y lograr un cristal uniforme y bien distribuido.

Con este trabajo se pretende demostrar el uso y ventajas de la aplicación del sistema de cristalografía para la medición tanto de los cristales en emulsión así como el seguimiento del proceso hasta el azúcar final.

Abstract

"The cane has a potential of sucrose is about 15% and good harvesting practices, reduction of losses in the path of juice to cane syrup and a good management program in bins, you can recover up to 88% sucrose available ". Conventionally been used a method of visual and sensory observation to determine the amount of crystals in a mother liquor. Crystallography is a special tool for production department and make direct measurements at the time of crystal size and distribution from the emulsion until the final sugar.

Palabras Clave

Coeficiente de Variación (Varianza)

La varianza mide la mayor o menor dispersión de los valores de la variable respecto a la

Media aritmética. Cuanto mayor sea la varianza mayor dispersión existirá y por tanto

Menor representatividad tendrá la media aritmética.

Promedio

La media aritmética o simplemente media, que denotaremos por, es el resultado obtenido

Al dividir la suma de todos los valores de la variable entre el número total de

Observaciones,

Desviación Estándar

La desviación estándar es una medida estadística de la dispersión de un grupo o población

Una gran desviación estándar indica que la población esta muy dispersa respecto de la

Media; una desviación estándar pequeña indica que la población está muy compacta

alrededor de la media

Histograma

Grafico que muestra la distribución de las medidas en un rango determinado frente a una variable

Introducción

Exposición del problema

El área de cristalización colabora significativamente a incrementar la pérdida de Sacarosa si no se realizan los procesos adecuados desde la meladura hasta las Centrífugas, Secadora y Envase. Los procesos claves para garantizar la recuperación entre otros se pueden describir en forma sencilla:

- Evitar el cobro de peaje de la Sacarosa hacia la miel final, “Clarificando la Meladura”; Una Meladura clarificada con 6,500 UI de color, produce azúcar de 130 UI promedio sin la necesidad de agregar cantidades significativas de agua en las centrifugas. Según Winter & Carp, cada punto de impurezas arrastra 0.4 puntos de sacarosa hacia la miel final y éste, es una condición inevitable cuando no se trata la Meladura.
- Evitar las recirculaciones de granos en las mieles ya que estos no se desarrollan al tamaño deseado y vuelven a pasar por las centrífugas llegando hasta la miel final; “La miel se debe diluir a 75 ° Brix y comprobar a través de un microscopio que no existe granos presentes.
- Evitar la reproducción de cristales en los tachos con un buen manejo de la Templa.
- CONTROLAR EL CRECIMIENTO DE LOS CRISTALES DESDE LA PREPARACIÓN DEL FONDANT, CRISTALIZACION PARA MASA “C”, MASA “B” Y MASA “A”,

Uno de los procesos más importantes en la producción de azúcar a partir de la caña de azúcar es el proceso de cristalización. Actualmente en la mayoría de los Ingenios azucareros este proceso se supervisa de manera manual por un operario siguiendo reglas basadas en la observación de los cristales.

Actualmente la mayoría de estas fábricas se encuentran automatizadas, a excepción de unos pocos procesos donde el seguimiento se sigue efectuando de manera manual.

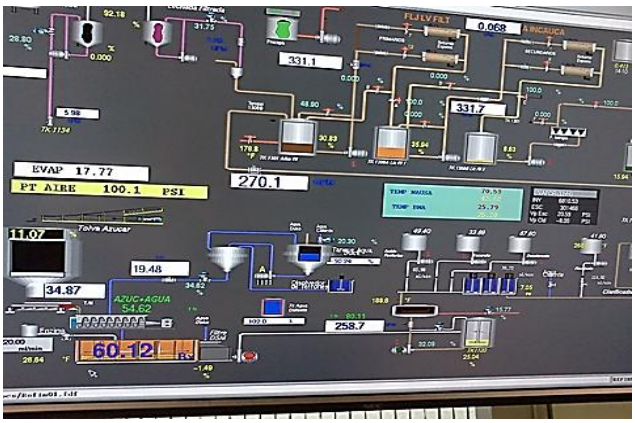


Figura 1 Pantalla de automatización de procesos en un ingenio

Uno de estos procesos es precisamente la cristalización que es de los mas importantes en la fabricación del azúcar.

En la etapa de cristalización el operario supervisa el proceso tomando decisiones de la operación de acuerdo a su observación de los cristales durante su crecimiento .Aunque por la experiencia se logran resultados estos procesos varían de un operario a otro y el éxito en la toma de decisiones depende de la experiencia y habilidad de cada uno de ellos. Esta situación hace muy difícil mantener una calidad uniforme del azúcar producido puesto que no es muy común que exista unidad de criterios para la toma de decisiones así como homogeneidad entre factores como la experiencia, habilidad y conocimiento del proceso de cada operario

Figura 2 Herramienta convencional para el análisis de cristales en tachos

Para obtener cristales de azúcar de un tamaño uniforme es muy importante controlar adecuadamente el proceso desde la misma emulsión con cristales semilla.
El operario debe controlar adecuadamente el Flujo, decidir sobre el momento propicio para la siembra de semillas, decide si es necesario añadir agua en el proceso de cristalización entre otras muchas decisiones.
Si algo sale mal en el proceso es necesario recircular los cristales al proceso anterior con la consecuente perdida de tiempo de producción, Costos de Energía, perdidas en términos de costo de oportunidad del azúcar no procesada
Lo que se pretende plantear es una herramienta que facilite la toma de decisiones durante este proceso

Figura 3 Sistema de Cristalografía para medición de cristales en emulsión semilla, masas, mieles y magmas

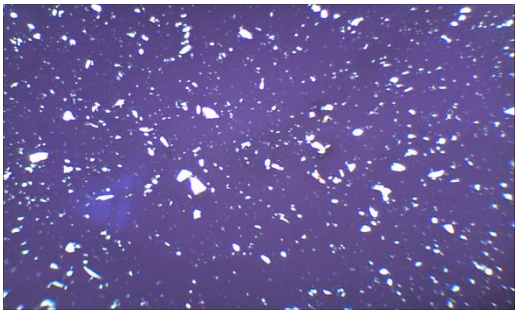


Figura 4 Fotografía de la emulsión

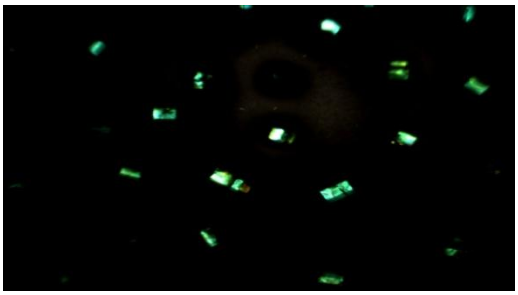


Imagen 5 Azúcar seco en B

La emulsión con cristales semilla es el corazón del sistema puesto que el resultado final de la producción es resultante del crecimiento de la misma. Si esta tiene cristales muy pequeños conocidos como polvillo y hay una gran variación respecto al tamaño de los cristales se tendrán muchas dificultades para obtener un producto final de buena calidad

Con esta aplicación se pueden obtener diferentes medidas: Largo, Ancho, Diámetro, Perímetro, Redondez y demás información estadística

Para el caso del estudio de la formación del azúcar es importante determinar la **LONGITUD PROMEDIO** de estos así como su **VARIANZA**

RESULTADOS ESTADISTICOS DE UNA MUESTRA INICIAL

Estadística	**Largo en Micras (um)**
Min	2.752
Max	24.953
Rango	22.201
Promedio	10.501
Desviación Estándar	5.108
Suma	12307.656
CV (varianza)	48.64 %
Numero Cristales	1172

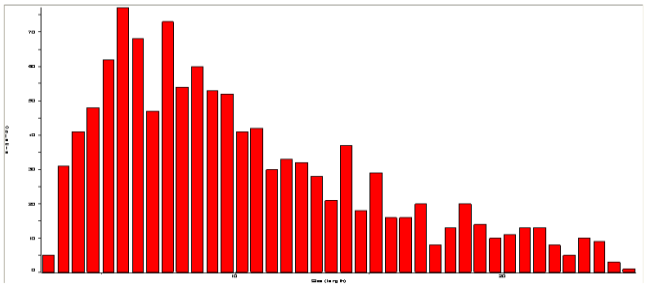
Si bien es cierto que la información del promedio es significativa; es muy importante determinar como está distribuido este y la composición de las categorías de longitud de la población; para determinar si se aplica mayor o menor tiempo de molienda en los cristales semillas dependiendo del porcentaje de población que se encuentre en el área de aceptación.

ESTADISTICA DE LA DISTRIBUCION DEL PROMEDIO

Rango En Micras(um)	**Objetos**	**% Objetos**	**Promedio**
		%	**Largo Micras (um)**
3 a 5.3	**344**	**29.352**	**5.340**
5.3 a 8,3	**302**	**25.768**	**8.382**
8.3 a 11.4	**217**	**18.515**	**11.394**
11.4 a 15.	**161**	**13.737**	**15.078**
15 a 18.9	**82**	**6.997**	**18.920**
18.9 a 22.5	**66**	**5.631**	**22.540**

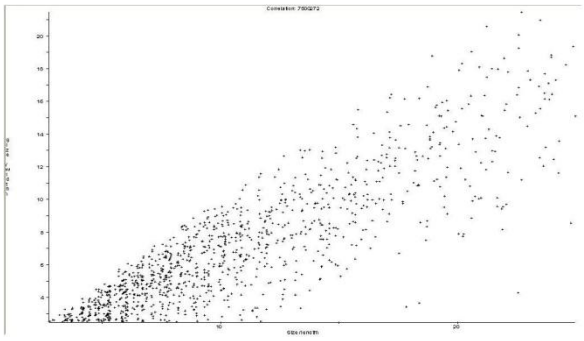
En esta grafica se puede observar con mayor facilidad esta distribución; a mayor similitud tenga a la curva normal mejor esta distribuida esta muestra; el objetivo es tener la mayor cantidad de cristales en el rango entre 7 a 15 um

HISTOGRAMA



Tanto el valor de correlación como la curva de correlación entre las variables largo y ancho tenemos una panorámica de la tendencia en la forma de los cristales entre mas cercano este el valor a 1 el cristal se acerca al óptimo lo que serian cristales monoclínicos hemihedrales.

GRAFICO DE CORRELACION ENTRE VARIABLES



Con esta información es posible determinar el tiempo de molienda que garantice homogeneizar, tamaño deseado y forma de los cristales semilla los cuales resultaran en cristales de azúcar final con estas mismas características.

Materiales y métodos

El área de Cristalografía debe estar conformado por:

- Tamizadora ROTAP con tamices certificados de 300 mm de Diámetro con marco y malla en acero Inoxidable , malla 35, 40 , 50 , 60 , Fondo y tapa en acero
- Molino de Bolas T& L para preparación de la Emulsión
- Microscopio con polarización Triocular
- Estéreo de Polarización Trinocular
- 2 Cámaras de alta resolución y gran Campo
- Aplicativo de Cristalografía para medición de cristales con su PC y respectiva pantalla de alta resolución al menos de 18 ".
- Balanza digital con capacidad de 10 Kgr
- Refractómetro Digital con escala de 0-30 Brix
- Polarímetro para medición de sustancias azucaradas
- Refractómetro de Banco

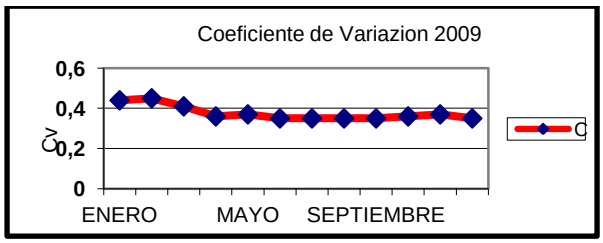
Todos estos equipos deben estar en un área donde se tenga dispuesta una sección para preparación de muestras, otra operativa donde esta la tamizadora y el molino de bolas y una analítica donde estará el polarímetro, el refractómetro de banco y el sistema de cristalografía.
Esta división debe tener al menos dos operarios por turno y un coordinador

Resultados y discusión

LA EXPERIENCIA EN INGENIO PROVIDENCIA

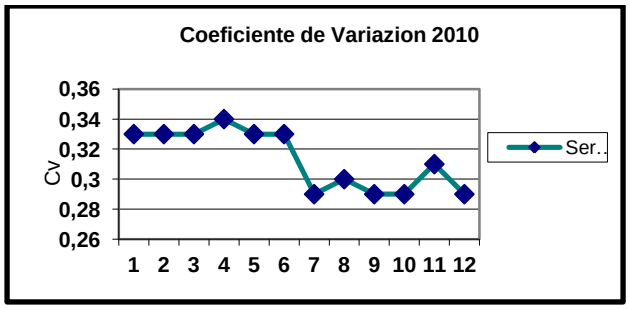
Desde la implementación de la tabla de control de cristalización desarrollada a partir de la implementación del sistema de cristalografía se ha podido establecer por medio del análisis del Coeficiente de Variación (CV) su tendencia desde el 2009 hasta la fecha indicando una estabilidad de este coeficiente que inicialmente estaba en 45 % manteniéndolo en niveles de 29 a 34 % lo cual es muy cercano a lo establecido como lo deseable en la Teoría.

AÑO 2009



ABERTURA MEDIA Y COEFICIENTE DE VARIACION		
AZUCAR 2009		
MES	PROMEDIO	
	Am (0,58 - 0,62)	Cv (27- 32%)
ENERO	0,56	44%
FEBRERO	0,56	45%
MARZO	0,55	41%
ABRIL	0,55	36%
MAYO	0,58	37%
JUNIO	0,59	35%
JULIO	0,57	35%
AGOSTO	0,57	35%
SEPTIEMBRE	0,58	35%
OCTUBRE	0,58	36%
NOVIEMBRE	0,62	37%
DICIEMBRE	0,61	35%
PROMEDIO ANUAL	**0,58**	**38%**

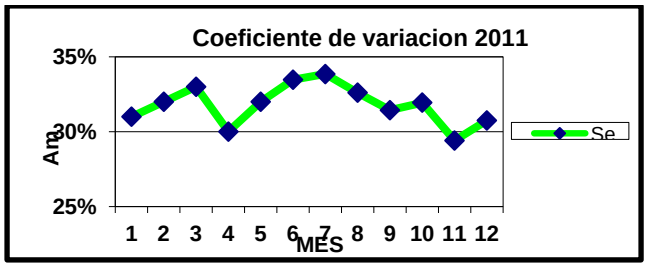
AÑO 2010



ABERTURA MEDIA Y COEFICIENTE DE VARIACION		
AZUCAR 2010		
MES	PROMEDIO	
	Am (0,58 - 0,62)	Cv (27- 32%)
ENERO	62%	33%
FEBRERO	60%	33%
MARZO	60%	33%
ABRIL	61%	34%
MAYO	61%	33%
JUNIO	62%	33%
JULIO	65%	29%
AGOSTO	66%	30%
SEPTIEMBRE	63%	29%

OCTUBRE	64%	29%
NOVIEMBRE	61%	31%
DICIEMBRE	64%	29%
PROMEDIO ANUAL	62 %	31%

AÑO 2011



ABERTURA MEDIA Y COEFICIENTE DE VARIACION		
AZUCAR 2011		
MES	PROMEDIO	
	Am (0,58 - 0,62)	Cv (27- 32%)
ENERO	63%	31%
FEBRERO	61%	32%
MARZO	61%	33%
ABRIL	65%	30%
MAYO	64%	32%
JUNIO	62%	33%
JULIO	64%	34%
AGOSTO	63%	33%
SEPTIEMBRE	62%	31%
OCTUBRE	62%	32%
NOVIEMBRE	65%	29%
DICIEMBRE	63%	31%
PROMEDIO AÑUAL	63%	32%

.

Los trabajos realizados en el área de elaboración después de haber realizado las observaciones con el sistema de cristalografía fueron:

1. Separar las líneas de los semilleros, independizando las corrientes de magma ”B” y “C” a los tachos para que no se den mezclas entre ellos, factor que afecta la distribución óptima de los cristales.
2. Fabricar disolutores de cristales presentes en las mieles “B” y “C” para evitar que estos entren en la corriente de miel al tacho; por lo que es importante el control a 75° Brix..

3. Eliminar los tachos “COMODINES” (A/B); (B/C) y solo utilizar un tacho para la preparación del cristal de “B” y “C” cristalizando con la cantidad de azúcar y de alcohol que son necesarios para el buen desarrollo del tamaño de cristal y así obtener el azúcar final con la A.M. y C.V. que se requiere.

Conclusiones

Partiendo de que los cristales iniciales en emulsión de nódulos no se reproducen, a no ser por problemas de falsos cristales en los cocimientos sino que ellos van creciendo siendo necesario reconocer la importancia de esta suspensión como el corazón del proceso ya que así como los nódulos están en esta suspensión así crecerán durante el proceso de fabricación del azúcar.

Se han reducido significativamente las particiones en tachos que solo generan trabajo pero no el azúcar y si incrementan los consumos de vapor, como el mal uso de la mano de obra y del costo de oportunidad de producir un volumen mayor de azúcar.

A través de la metodología utilizada se ha podido establecer el promedio del tamaño A.M. y el CV para cada uno de los procesos del sistema productivo estableciéndose análisis para el control de la Semilla, mieles y masas y así poder rectificar a tiempo los tamaños de cristal en el proceso de cocimiento de las templas.

Este procedimiento permite elaborar cuadros de control del proceso de cristalización.

Llevar estadísticas en la preparación de la suspensión alcohólica, para garantizar que la suspensión cumpla con el tamaño esperado de grano en la elaboración del cristal.

Elaborar cuadros comparativos de resultados esperados vs los resultados teóricos en los diferentes materiales del proceso de azúcar como semilla, mieles A y B, rendimientos en las purgas de masa A y masa B, caídas de pureza de los materiales azucarados.

Llevar el control estadístico de la abertura media, coeficiente de variación del azúcar final cada cuatro horas con el programa POROX y así poder tomar los correctivos a tiempo ya que los tacheros pueden calificarse en el proceso de cocimiento de masa A.

Llevar los controles en la eficiencia de las centrífugas ya que permite mirar el estado de mallas, tiempos de centrifugación y lavados.

Bibliografía

- RATIOS FINANCIEROS Y MATEMATICAS DE LA MERCADOTECNIA
  César Aching Guzmán
- THECRYSTALLISATION OF MASSECUITES
  EDGAR P. HEDLEY, Ph.D., M,I.Chem.E.
- AUTOMATED MEASUREMENT OF CRYSTAL ZISE DISTRIBUTION USING IMAGE PROCESSING
  ARGAW G A, ALPORT M J and MALINGA S B
  Applied Physics Group, School of Physics, Howard College Campus,
  King George V Avenue, University of KwaZulu-Natal, Durban 4041, South Afr
- Quantification of the morphology of sucrose crystals by image analysis
  N. Faria
  , M.N. Pons, S. Feyo de Azevedo, F.A. Rocha

Departamento de Engenharia Química, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, rúa Roberto Frias s/n, 4200-465 Oporto, Portugal

Laboratoire des Sciences du Ge ´ nie Chimique, CNRS-ENSIC-INPL, 1, rue Grandville, BP 451, F-54001 Nancy cedex, France

Laboratoire de Chimie et Environnement, Faculte´ des Sciences, 23, rue Paul Michelon, F-42023 Saint-Etienne cedex 2, France

Received 15 May 2002; received in revised form 24 February 2003; accepted 27 March 2003