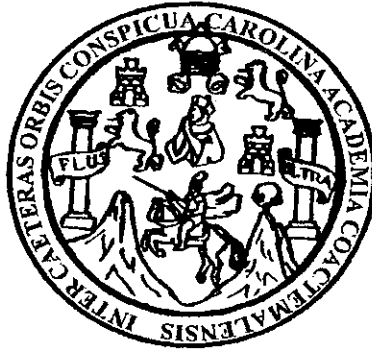


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DE UN NUEVO MÉTODO PARA EL ANÁLISIS
DE JUGO RESIDUAL EN
UN INGENIO AZUCARERO DE GUATEMALA**

TESIS

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

**LILY MABEL GARCÍA NÁJERA
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERA QUÍMICO**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 1,999



HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

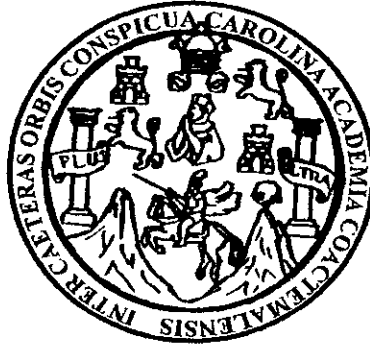
Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a consideración mi trabajo de tesis titulado:

**EVALUACIÓN DE UN NUEVO MÉTODO PARA EL ANÁLISIS
DE JUGO RESIDUAL EN
UN INGENIO AZUCARERO DE GUATEMALA**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química con fecha 3 de mayo de 1,999, Ref. EIQ.100.99

Lily Mabel García Nájera

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO
VOCAL 1º.
VOCAL 2º.
VOCAL 3º.
VOCAL 4º.
VOCAL 5º.
SECRETARIA

Ing. Herbert René Miranda Barrios
Ing. José Francisco Gómez Rivera
Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Ing. Jorge Benjamín Gutiérrez Quintana
Br. Oscar Stuardo Chinchilla Guzmán
Br. Mauricio Alberto Grajeda Mariscal
Inga. Gilda Marina Castellanos Baiza de Illescas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO
EXAMINADOR
EXAMINADOR
EXAMINADOR
SECRETARIA

Ing. Herbert René Miranda Barrios
Ing. Otto Raúl de León de Paz
Ing. César Alfonso García Guerra
Ing. Manuel Gilberto Galván Estrada
Inga. Gilda Marina Castellanos Baiza de Illescas

Guatemala, 18 de octubre de 1,999.

Ing. Otto Raúl De León De Paz
Director Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente.

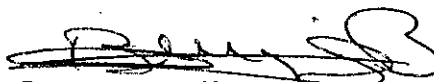
Estimado Ing. De León:

Por este medio me permito saludarle y a la vez informarle que el trabajo titulado " Evaluación de un nuevo método para el análisis de jugo residual en un ingenio azucarero de Guatemala " realizado por la Br. Lily Mabel García Nájera con carnet universitario 78-01886 ha sido completado en forma satisfactoria.

Revise el trabajo y doy mi aprobación al mismo, por que considero puede continuarse con el trámite correspondiente para otorgarle el título de Ingeniera Química y se presente como su tesis de grado.

Deseo éxitos en la labor que realiza en nuestra magna casa de estudios, la Universidad de San Carlos de Guatemala y felicitarlo por la noble labor de formación de profesionales para nuestro país.

Atentamente,



Lic. Oscar Benedicto Monzón Barrientos
Químico. Colegiado 614 del Colegio de
Farmacéuticos y Químicos de Guatemala.

Oscar B. Monzón Barrientos

QUÍMICO
Colegiado No. 614

Ing. Estuardo Monroy



16/10/99

Ingeniero Otto Raúl de León de Paz
Director de la Escuela de Ingeniería Química
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ciudad Universitaria, Guatemala.

Estimado Ingeniero:

Es un gusto dirigirme a usted para informarle que he revisado la Tesis titulada: **EVALUACION DE UN NUEVO METODO PARA EL ANALISIS DEL JUGO RESIDUAL EN UN INGENIO AZUCARERO DE GUATEMALA**, de la estudiante **Lily Mabel García Najera**, carnet No. 78-01886.

Luego de haber revisado ampliamente el trabajo de tesis conjuntamente con la estudiante García Najera, doy mi total aprobación al informe final de tesis solicitada por la escuela de Ingeniería Química, para que se continúe con el trámite previo a conferírsele el título de Ingeniero Químico y se presente como su Tesis de Grado.

Atentamente,
Ing. Estuardo Monroy
Ingeniero Químico
Colegiado 446

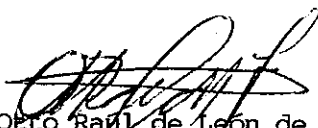
Ing. Estuardo Monroy Bea...
Ingeniero Químico
Colegiado No. 446

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Química, Ing. Otto Raúl de León de Paz, después de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Jefe de Departamento, al trabajo de Tesis de la estudiante Lily Mabel García Nájera, titulado: **EVALUACION DE UN NUEVO METODO PARA EL ANALISIS DE JUGO RESIDUAL EN UN INGENIO AZUCARERO DE GUATEMALA**, procede a la autorización del mismo.


Ing. Otto Raúl de León de Paz
DIRECTOR ESCUELA INGENIERIA QUIMICA



Guatemala, noviembre de 1,999.

/ga

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

DECANATO

Tels.: 4760790 al 94 - Ext. 348

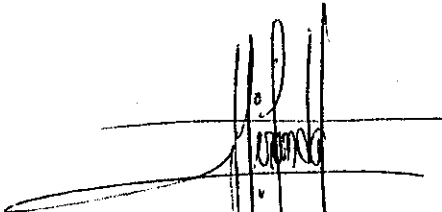
Directo: 4769579 - Fax: 4760365

E-mail: hmiranda@usac.edu.gt

Ref. D-T-005-99

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 Química al trabajo de Tesis titulado: **Evaluación de un Nuevo Método para el Análisis de Jugo Residual en un Ingenio Azucarero de Guatemala**, presentado por la estudiante universitaria Lily Mabel García Nájera, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRÍMASE:


Ing. Herbert Rene Miranda Barrios
DECANO



Guatemala, Noviembre de 1999

/mds

AGRADECIMIENTO

A DIOS

Por su infinito amor.

A mis padres

CARLOS AUGUSTO GARCÍA Y AMABILIA NÁJERA DE DRUMMOND

A mi familia

ZITA, ROLANDO, BLANDY, CARLOS Y MÍRIAM

A mi asesor

OSCAR BENEDICTO MONZÓN BARRIENTOS

Por ser una persona excepcional y un profesional que comparte su conocimiento y experiencia.

A mi revisor

ESTUARDO EDMUNDO MONROY BENÍTEZ

Que colaboró noblemente con la misión encomendada, brindando su tiempo y consejo profesional.

A mis amigos

MARU, FLAVIO Y JOSÉ ABEL

Por el impulso que me dieron hacia esta meta.

DEDICATORIA

Acto que dedico

A DIOS NUESTRO PADRE

A mi madre

AUSTREBERTA TUCHÁN MIJANGOS DE NÁJERA

Con el más grande amor.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	iii
LISTA DE SÍMBOLOS	v
GLOSARIO	vi
RESUMEN	viii
INTRODUCCIÓN	x
JUSTIFICACIÓN	xii
OBJETIVOS	xiv
HIPÓTESIS	xv
1. ANTECEDENTES	1
1.1 Extracción del jugo de la caña de azúcar	1
1.2 Composición de los jugos del molino	2
1.3 Influencia de la estructura de la caña sobre la extracción	2
1.4 Curvas de extracción de jugo	3
1.5 Subproducto del proceso de extracción	3
2. METODOLOGÍA	5
2.1 Material de estudio	5
2.2 Técnicas	5
2.2.1 Revisión bibliográfica	5
2.2.2 Observación	5
2.3 Diseño estadístico	5
2.3.1 Universo	5
2.3.2 Número de muestras a analizar	6
2.3.3 Análisis estadístico	6
3. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	9
3.1 Análisis de brix y pol en el jugo residual del bagazo	9

3.2	Análisis de pureza en el jugo residual	16
3.3	Efecto en los cálculos de la eficiencia de extracción	17
	CONCLUSIONES	20
	RECOMENDACIONES	21
	BIBLIOGRAFÍA	22
	APÉNDICE	23
	ANEXOS	30

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

No.	Título	Pág.
1	Comparación de métodos para la determinación de brix del jugo residual (brix-semanas)	9
2	Comparación de métodos para la determinación de pol del jugo residual (pol-semanas)	10
3	Comparación de métodos para la determinación de brix del jugo residual (brix-métodos)	13
4	Comparación de métodos para la determinación de pol del jugo residual (pol-métodos)	13
5	Comparación de métodos para la determinación de pureza de jugo residual (pureza-semanas)	15
6	Comparación de métodos para la determinación de pureza de jugo residual (pureza-métodos)	16

TABLAS

No.	Título	Pág.
I.	Cálculos para el análisis de varianza	7
II.	Análisis de variabilidad. Método tradicional	11
III.	Análisis de variabilidad. Método de la prensa hidráulica	11
IV.	Análisis de varianza para la determinación de brix en jugo residual, método tradicional y método de la prensa hidráulica	14

No.	Título	Pág.
V.	Análisis de varianza para la determinación de pol en jugo residual, método tradicional y método de la prensa hidráulica	14
VI.	Análisis de varianza para la determinación de pureza en jugo residual, método tradicional y método de la prensa hidráulica	17
VII.	Comparativo del balance de masa en la etapa de extracción	19
VIII.	Análisis fisicoquímicos del jugo residual. Método tradicional	24
IX.	Análisis fisicoquímicos del jugo residual. Método de la prensa hidráulica	24
X.	Análisis de variabilidad. Método tradicional	25
XI.	Análisis de variabilidad. Método de la prensa hidráulica	25
XII.	Datos originales, primer período	26
XIII.	Datos originales, segundo período	26
XIV.	Datos originales, tercer período	27
XV.	Datos originales, cuarto período	27
XVI.	Datos originales, quinto período	28
XVII.	Datos originales, sexto período	28
XVIII.	Datos originales, séptimo período	29
XIX.	Datos originales, octavo período	29

LISTA DE SÍMBOLOS

ANOVA	Análisis de varianza.
a	Tratamientos.
b	Repeticiones o réplicas.
C	Grados Celsius.
cc	Centímetros cúbicos.
C.V.	Coefficiente de variación.
F	Prueba estadística Fisher.
E_{jk}	Error experimental asociado con la jk -ésima unidad experimental.
H_i	Hipótesis alternativa.
H_o	Hipótesis nula.
j	Fila.
k	Columna.
M	Media general.
mm	milímetros.
S^2_B	Cuadrado medio entre tratamientos.
S^2_W	Cuadrado medio dentro de tratamientos.
T_j	Efecto de j -ésimo tratamiento.
V	Variación total.
V_B	Variación entre tratamientos.
V_W	Variación dentro de tratamientos.
X	Media de tratamientos.
Y_{jk}	Variable respuesta para la jk -ésima unidad experimental.
$^{\circ}Z$	Grados de polarización.

GLOSARIO

Bagacillo	Partículas finas que se separan del bagazo.
Bagazo	Residuo que se obtiene al moler la caña en uno o más molinos. Se llama respectivamente bagazo del primer molino, bagazo del segundo molino, etc., y bagazo del último molino, bagazo final o sencillamente bagazo. En general, el término bagazo se refiere al que sale del último molino a menos que se especifique otra cosa.
Brix	Porcentaje en peso de sólidos disueltos en una solución.
Fibra	Materia seca insoluble en agua que contiene la caña y el bagazo.
Imbibición	Proceso en el cual se aplica agua o jugo al bagazo para aumentar la extracción de jugo del próximo molino.
Maza	Se le llama así a los rodillos del molino, puede ser maza superior, cañera, bagacera, cuarta maza, etc.
Pol	Es abreviatura de la palabra polarización, en la práctica se asume igual al porcentaje de sacarosa.
Polarímetro	Equipo que mide el contenido de pol de una sustancia, mediante el principio de rotación de un plano de luz

polarizada que atraviesa una solución con azúcares ópticamente activos.

Pureza	Relación porcentual entre pol y brix de una solución.
Pureza aparente	Relación porcentual entre pol y brix de una solución de sacarosa impura.
Refractómetro	Equipo que se utiliza para medir el brix de una solución mediante el principio del índice de refracción.
Tándem	Conjunto de molinos que operan en serie y se utiliza en los ingenios azucareros para extraer la sacarosa de la caña de azúcar.
Trapiche	Tándem.

RESUMEN

La presente investigación titulada **Evaluación de un nuevo método para el análisis de jugo residual en un ingenio azucarero de Guatemala**, nace de la inquietud de evaluar si es correcto asumir que el jugo de caña de azúcar de última extracción en el tándem de molinos, representa las características fisicoquímicas del jugo residual contenido en el bagazo final.

Hoy día la mayoría de los ingenios azucareros de Guatemala, cuentan entre sus equipos de trabajo con prensas hidráulicas que permiten la extracción parcial del jugo contenido, tanto en la caña desfibrada, como en los bagazos de los distintos molinos del tándem, inclusive el bagazo final. Lo anterior hace posible evaluar si los resultados obtenidos por el método tradicional, que consiste en analizar el brix, pol y pureza aparente del jugo de última extracción, son significativamente diferentes de los correspondientes resultados obtenidos por el método de la prensa hidráulica, que consiste en analizar el brix, pol y pureza aparente en el jugo extraído del bagazo final por la acción de la prensa hidráulica.

La investigación refleja que existe una diferencia significativa entre los resultados obtenidos por ambos métodos, que existe una mayor variabilidad en los valores provenientes del método tradicional respecto del método de la prensa hidráulica y que el balance de sacarosa no es afectado significativamente, por lo que se le considera independiente del método utilizado.

Se recomienda implementar el método de la prensa hidráulica, en sustitución del método tradicional. Esto, con base en las ventajas que ofrece el

obtener muestras más representativas, de fácil obtención y resultados con menor variabilidad. Adicionalmente existe también el supuesto de que: las características del jugo residual contenido en el bagazo final, son más aproximadas a las características del último jugo extraído. Por lo cual, en la práctica se considera que: el jugo de la última extracción del tándem es equivalente, en sus características, al jugo residual contenido en el bagazo.

INTRODUCCIÓN

La producción de sacarosa en Guatemala, mediante la utilización de la caña de azúcar como materia prima, conlleva una serie de operaciones donde es necesaria la aplicación de balances de masa para determinar las eficiencias de recuperación del azúcar.

Una de las operaciones más importantes es la extracción del jugo y consiste en obtener la mayor proporción de sacarosa presente en la caña de azúcar. Además, producir un jugo que permita la mayor recuperación del azúcar al menor costo y generar un bagazo de composición adecuada, especialmente en porcentaje de humedad y pol.

Las características fisicoquímicas que posee el jugo residual son de suma importancia, especialmente brix, pol y pureza aparente. El jugo residual constituye aproximadamente el 55% de la masa del bagazo.

El bagazo es un subproducto del proceso, representa aproximadamente un 27% de la caña de azúcar, que se envía a las calderas donde se pierden sus indicadores al ser quemado. Además, los valores sirven para los cálculos de la eficiencia de extracción de jugo y sacarosa aparente en todo el tándem de molinos.

En la práctica se asume que el jugo de la maza bagacera del último molino, conocido como jugo de última extracción, representa las características del jugo residual, (Chen, 1981.985). Este método tradicional es adoptado en la mayoría de los ingenios en Guatemala.

Existe un método que ha sido ignorado y consiste en el prensado del bagazo para la extracción del verdadero jugo residual que al ser analizado proporciona los valores reales de brix, pol y pureza aparente. El problema entonces se plantea así: **¿existe diferencia significativa entre los porcentajes de brix, pol y pureza aparente del jugo de última extracción obtenido por el método tradicional, en comparación con el método de la prensa hidráulica del respectivo jugo residual del bagazo final?**

JUSTIFICACIÓN

En la agroindustria azucarera es de vital importancia conocer la calidad de los jugos provenientes de la extracción de la caña de azúcar, definida en porcentajes de brix, pol y pureza aparente, y conocer las concentraciones de estas variables en el jugo residual.

La mayoría de ingenios, asume que la pureza del jugo residual contenida en el bagazo final, es igual a la pureza encontrada en el jugo de la última extracción. Los valores encontrados en el análisis del jugo de la última extracción mediante el método tradicional, pueden no ser representativos y poco confiables debido a que la calidad de este jugo depende de varios factores como: índice de preparación de la caña, uniformidad en la alimentación, velocidad en los molinos, presión hidráulica, desgaste de equipo, sistema de muestreo, conservación de muestra, etc.

La utilización de un nuevo procedimiento que implica la extracción del jugo residual mediante la preparación homogénea y prensado del bagazo, se denomina: método de la prensa hidráulica. Este método permite encontrar los valores reales de brix, pol y pureza aparente del jugo que se está desechando en el bagazo final como subproducto de la molienda. Estos valores también reflejan la veracidad de los cálculos realizados en el balance de masa utilizado para encontrar la eficiencia de extracción en el tándem de molinos, para luego tomar acciones de optimización.

Debido a las razones expuestas anteriormente, es necesario realizar una evaluación comparativa de los resultados del análisis del jugo residual

contenido en el bagazo, utilizando el método tradicional y el método de la prensa hidráulica que posteriormente servirá como fuente de información técnica y experimental para enriquecer los datos existentes del proceso y su aplicación en futuras investigaciones a realizar en las tesis de grado de la carrera de Ingeniería Química, o afín, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

OBJETIVOS

General

1. Evaluar un nuevo método para el análisis del jugo residual contenido en el bagazo final obtenido en la fase de extracción de sacarosa de un ingenio azucarero de Guatemala.

Específicos

1. Evaluar, validar y documentar una nueva metodología analítica para determinar la calidad del jugo residual presente en el bagazo.
2. Comparar cuantitativamente la calidad del jugo de la última extracción, de acuerdo al método tradicional, con la calidad del jugo residual extraído del correspondiente bagazo final, mediante el método de la prensa hidráulica.
3. Determinar la magnitud de la diferencia entre los valores de brix, pol y pureza aparente del jugo de la última extracción y jugo residual contenido en el bagazo.
4. Determinar el efecto en los cálculos de los resultados obtenidos en la eficiencia de extracción en el balance de masa de los molinos, utilizando los valores del jugo de la última extracción y el jugo residual del bagazo.

HIPÓTESIS

H_0 : Los valores de brix, pol y pureza aparente del jugo de la última extracción, determinados por el método tradicional, son iguales a los encontrados en el jugo residual del bagazo final obtenidos por el método de la prensa hidráulica. Se asumen como "iguales" los valores cuya diferencia absoluta sea menor o igual al 3 % sobre los valores obtenidos por el método tradicional.

H_1 : Los valores de brix, pol y pureza aparente del jugo de la última extracción, determinados por el método tradicional, no son iguales a los encontrados en el jugo residual del bagazo final obtenidos por el método de la prensa hidráulica.

Variables dependientes

1. Valores de brix , pol y pureza aparente en el jugo.

Variables independientes

1. Método de muestreo.
2. Método de análisis.

1. ANTECEDENTES

1.1 Extracción del jugo de la caña de azúcar

La extracción del jugo, moliendo la caña de azúcar entre pesados rodillos o mazas, constituye una etapa del procesamiento de la caña de azúcar. Primero, la caña se prepara para la molienda mediante cuchillas giratorias que cortan los tallos en pedazos pequeños, mediante desmenuzadoras que desfibran la caña pero no extraen prácticamente el jugo, o bien, en forma más general, por una combinación de dos o más de dichos métodos.

El molino o trapiche consta de unidades múltiples que utilizan combinaciones de tres o más rodillos, a través de los cuales pasa sucesivamente la caña desfibrada o bagazo.

Para ayudar a la extracción del jugo se aplican aspersiones de agua o guarapo diluido sobre la capa de bagazo que sale de cada unidad de molienda; lo anterior contribuye a extraer por lixiviación el soluto (sacarosa) o azúcar de caña. El proceso, conocido también como imbibición, puede presentar muchas modificaciones.

En las prácticas de molienda más eficientes, alrededor del 95 % del azúcar contenido en la caña desfibrada, pasa al jugo; este porcentaje se conoce como la extracción de sacarosa (extracción de pol % en caña), o, más sencillamente la extracción. El jugo ya extraído es trasladado a las siguientes operaciones del proceso para la obtención del azúcar en forma de cristal (Chen, 1991.73).

1.2 Composición de los jugos del molino

Los jugos provenientes de la desmenuzadora y de cada uno de los molinos sucesivos difieren de acuerdo con la presión, el grado de imbibición y composición de la caña en sí. Con la acción continua de la presión tiene lugar una reducción de brix, pol y pureza aparente, con el consecuente incremento de los no azúcares tanto orgánicos como inorgánicos.

En general, el jugo proveniente de la maza posterior posee un brix y pureza aparentemente mayores que el de la maza anterior o de alimentación, debido a que éste extrae el agua de imbibición superficial que se encuentra sobre la parte exterior de las partículas de bagazo, mientras que el rodillo posterior extrae parte del jugo contenido en las células internas (Hugot, 1972.309).

1.3 Influencia de la estructura de la caña sobre la extracción

La estructura de la caña de azúcar tiene una marcada influencia sobre los resultados de la molienda. Con una extracción eficiente, en un proceso bajo condiciones constantes, algunas cañas producen bagazo con características diferentes entre sí, debido a las diferencias en la estructura de la caña de azúcar.

El porcentaje de fibra tiene una influencia notable sobre la extracción, a mayor cantidad de fibra, menor extracción. Trabajando con la misma eficiencia de molienda, las hojas adheridas y las puntas inmaduras de los tallos que permanecen en la caña debido a la recolección mecánica, aumentan la cantidad de fibra industrial que debe pasar por los molinos y afectan adversamente a la extracción.

1.4 Curvas de extracción de jugo

Como una guía del rendimiento se ha utilizado un diagrama del comportamiento del brix de los jugos provenientes de los distintos molinos. El procedimiento común consiste en tomar muestras de jugos provenientes de las mazas de descarga a lo largo del tándem de molinos, aunque a veces se prefiere tomar muestras tanto de las mazas anteriores como de las de descarga, y trazar dos diagramas. La toma de muestras se sincroniza de tal forma que la misma parte del colchón de bagazo esté pasando a través de los rodillos sucesivos en el momento que se toma cada muestra, siendo las condiciones durante la prueba tan uniformes y normales como sea posible. En general, el diagrama debe mostrar una línea con pendiente hacia abajo desde el primero hasta el último molino.

1.5 Subproducto del proceso de extracción

El bagazo final (megazo) que sale del último molino contiene el azúcar no extraído. El bagazo es el subproducto o residuo del proceso de la extracción de sacarosa proveniente de la caña de azúcar. El 45% de la masa del bagazo, es fibra leñosa e insoluble, mientras que el 55% restante, es jugo residual. El jugo residual contiene sólidos solubles y agua.

En la industria azucarera, se considera que los porcentajes en peso de la fibra y del jugo residual contenidos en el bagazo, sufren variaciones. Principalmente, esto se debe a los diversos procedimientos de extracción utilizados y a las distintas variedades de la caña que se procesa.

La gran mayoría del bagazo producido, que equivale a un poco más de la cuarta parte de la caña molida, sirve como combustible para la generación de vapor, de esa manera se obtiene la energía necesaria para el proceso de elaboración de azúcar de caña.

Debido a la electrificación y otros medios que economizan combustible, la mayoría de las fábricas modernas producen un exceso de bagazo considerable durante la zafra. En Guatemala, algunos ingenios, han invertido en proyectos de cogeneración de energía eléctrica, la cual se vende a la Empresa Eléctrica de Guatemala.

2. METODOLOGÍA

2.1 Material de estudio

La comparación de los métodos para el análisis del jugo residual, se realizó en muestras homogenizadas de jugo de la última extracción y del bagazo final.

2.2 Técnicas

2.2.1 Revisión bibliográfica

Se investigó en referencias bibliográficas afines al tema y a la agroindustria azucarera.

2.2.2 Observación

Se realizaron observaciones directas a los procedimientos de muestreo y análisis del jugo de la última extracción y del bagazo final para la obtención del jugo residual.

2.3 Diseño estadístico

Diseño completamente al azar con dos tratamientos (métodos de análisis) y 8 repeticiones (promedios semanales durante 2 meses).

2.3.1 Universo

Estadísticamente las muestras utilizadas corresponderán al 20% de la población.

2.3.2 Número de muestras a analizar

El tamaño del universo se determina por el número de análisis de jugo residual a realizar durante 2 meses, siendo aproximadamente de 900 muestras, utilizando la tabla II-A de MIL-STD-105 D, que contempla el plan de muestreo simple para inspección estricta. Además, recomienda el análisis mínimo de 100 muestras, por lo que al ser mayor el número de muestras a analizar respecto a este valor, se obtiene mejor representatividad y confiabilidad en los datos recabados. (Feigenbaum, 1986.626).

2.3.3 Análisis estadístico

Los resultados de cada tratamiento fueron sometidos a un análisis de varianza para determinar si existe diferencia significativa entre los métodos utilizados para el análisis del jugo de la última extracción y el jugo residual del bagazo. El análisis estadístico lo constituye la hipótesis nula, la que establece que no existe diferencia significativa entre las medias por cada método o tratamiento.

La comprobación de hipótesis por varianza consiste en la verificación del valor obtenido con el planteado, en los rangos cuantitativos prefijados. La prueba **F de Fisher** es la que se utilizará y se define así:

$$F = \frac{S_B^2, \text{ calculado por las medias de la muestra}}{S_W^2, \text{ calculado por la combinación de las varianzas de la muestra}}$$

Donde el valor **F** calculado debe ser menor que el tabulado en las tablas de **F** para n grados de libertad al 1 ó 5% de significancia, para que no exista diferencia entre los métodos utilizados; si el valor **F** calculado es mayor, sí existe diferencia significativa entre los métodos o tratamientos. El resultado se muestra mediante la siguiente tabla de ANOVA.

Tabla I. Cálculos para el análisis de varianza

Variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	F
Entre tratamientos $V_B = b \sum_j (X_j - \bar{X})^2$	a- 1	$S^2_B = V_B / a-1$	S^2_B / S^2_W
Dentro de tratamientos $V_w = V - V_B$	a(b- 1)	$S^2_W = V_w / a(b-1)$	Con a- 1 y a(b- 1) grados de libertad
Total $V = V_B - V_w$ $= \sum_{jk} (X_{jk} - \bar{X})^2$	ab- 1		

FUENTE: Kennedy, J. et al. Estadística para ciencias e ingeniería, 1982.335.

El modelo estadístico a utilizar será el siguiente:

$$Y_{jk} = M + T_j + E_{jk}$$

Donde:

Y_{jk} = Variable respuesta para la jk -ésima unidad experimental.

M = Media general.

T_j = Efecto del j -ésimo tratamiento.

E_{jk} = Error experimental asociado a la jk -ésima unidad experimental.

Cuando no existe diferencia significativa entre dos o más tratamientos o métodos, se debe realizar una comparación de las medias obtenidas, con el objetivo de clasificarlas para elegir la mejor si es necesario por medio de un despliegue de las diferencias estadísticas de la prueba. Si no existiera variación entre las diferencias, debe elegirse el método que tenga resultados óptimos desde el punto de vista económico y de tiempo de ejecución.

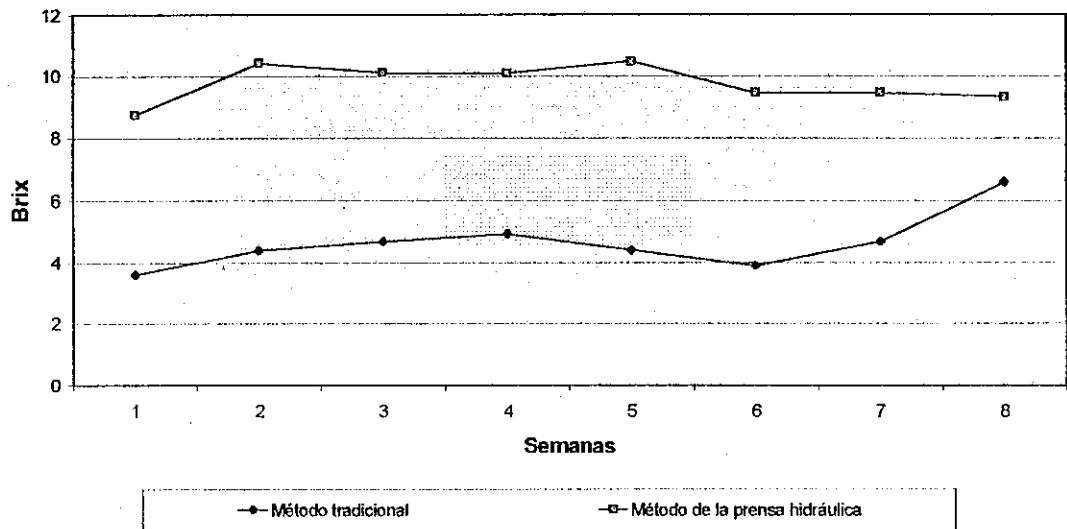
Se utilizaron representaciones gráficas que permiten observar los datos de una forma esquemática y directa por medio de los diagramas de líneas (x,y) y barras, para hacer resaltar a simple vista las relaciones en las variables de los métodos utilizados y los contenidos de brix, pol y pureza de los jugos de la última extracción y residual.

3. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 Análisis de brix y pol en el jugo residual del bagazo

En las figuras 1 y 2, se observa que los porcentajes de brix y pol, obtenidos por el método de la prensa hidráulica, en todas las repeticiones son numéricamente superiores a los correspondientes porcentajes obtenidos por el método tradicional.

Figura 1. Comparación de métodos para la determinación del brix del jugo residual



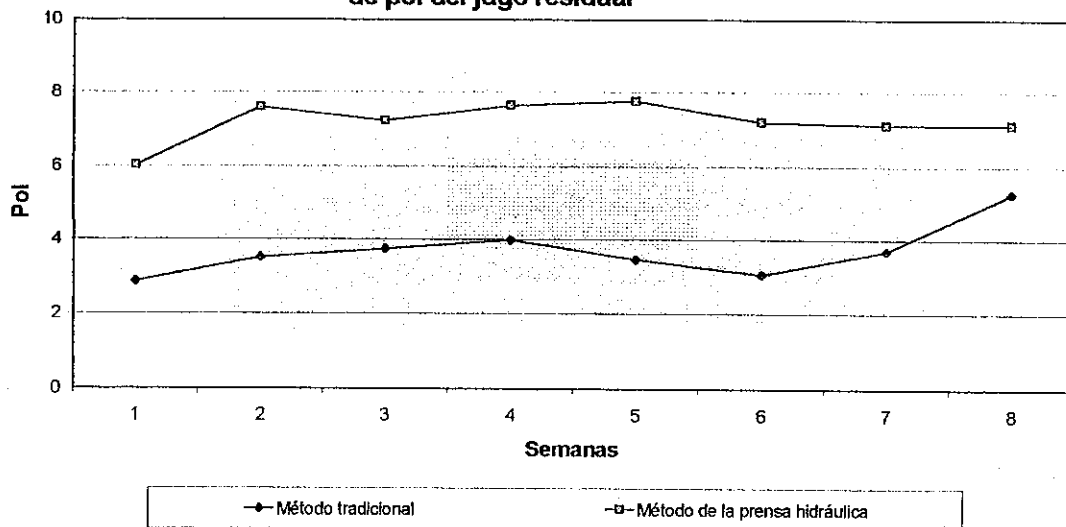
FUENTE: Tablas VIII y IX

No existe correlación entre las curvas de las figuras 1 y 2.

Los resultados analíticos, obtenidos por el método tradicional, son comparativos entre sí, sólo cuando las condiciones bajo las cuales opera el tándem de molinos son constantes. Variaciones en la presión hidráulica de las

mazas superiores, en el índice de preparación de la caña, en el contenido de fibra en la caña, en la densidad del colchón de alimentación de caña, en la velocidad de los molinos y desgaste en general de los equipos de preparación y molienda de caña, son algunos de los factores que impiden la operación bajo condiciones constantes.

Figura 2. Comparación de métodos para la determinación de pol del jugo residual



FUENTE: Tablas VIII y IX

Una posible explicación a la elevación de los porcentajes de brix y pol en las últimas dos repeticiones, representadas en las curvas del método tradicional, es el desgaste en los equipos de extracción que se acentúa en la parte final del período de zafra. Observando el comportamiento de las curvas que representan los datos obtenidos por el método de la prensa hidráulica, puede decirse que las variaciones en la operación del tándem de molinos, no produce sesgo en los resultados.

El ligero descenso en las medias de las últimas tres repeticiones, obtenidas por el método de la prensa hidráulica, se explica por el descenso de la calidad de la caña en el último tercio del período de zafra.

Tabla II. Análisis de variabilidad. Método tradicional

	Brix	Pol	Pureza
Media	4.66	3.71	79.56
Desv. St.	0.90	0.73	0.62
C.V. %	19.36	19.68	0.79

FUENTE: Tabla VIII.

Tabla III. Análisis de variabilidad. Método de la prensa hidráulica

	Brix	Pol	Pureza
Media	9.76	7.22	73.89
Desv. St.	0.61	0.54	2.64
C.V. %	6.23	7.52	3.57
Diferencia de la media en unidades, respecto al método tradicional	5.1	3.51	-5.67
Diferencia porcentual de la media, respecto al método tradicional	109.44	91.61	-7.13
Diferencia del C.V. en unidades respecto al método tradicional	-13.13	-12.16	2.98
Diferencia porcentual del C.V. en respecto al método tradicional	-67.82	-61.79	351.90

FUENTE: Tabla IX.

En las **tablas II y III** se presentan los resultados estadísticos de dispersión relativa de los datos analíticos obtenidos por los dos métodos estudiados. Los coeficientes de variación de los valores de brix y pol, por el método de la prensa hidráulica, son menores con respecto a los obtenidos en el método tradicional.

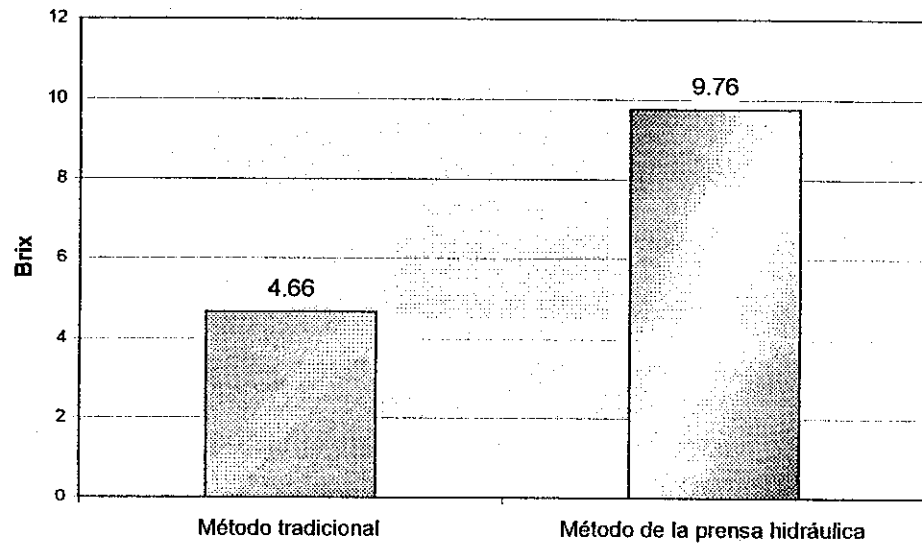
La amplitud de los rangos de las medias de brix en las repeticiones, es de **2.99** unidades por el método tradicional y de **1.72** unidades por el método de la prensa hidráulica.

La amplitud de los rangos de las medias de pol en las repeticiones, es de **2.40** unidades por el método tradicional y de **1.74** unidades por el método de la prensa hidráulica.

Lo anterior indica que las condiciones de molienda en el tándem son cambiantes e influyen directamente en los resultados obtenidos por el método tradicional, mientras que con el método de la prensa hidráulica, obtenemos datos que varían en función de la calidad del material analizado y no en función de las condiciones del método.

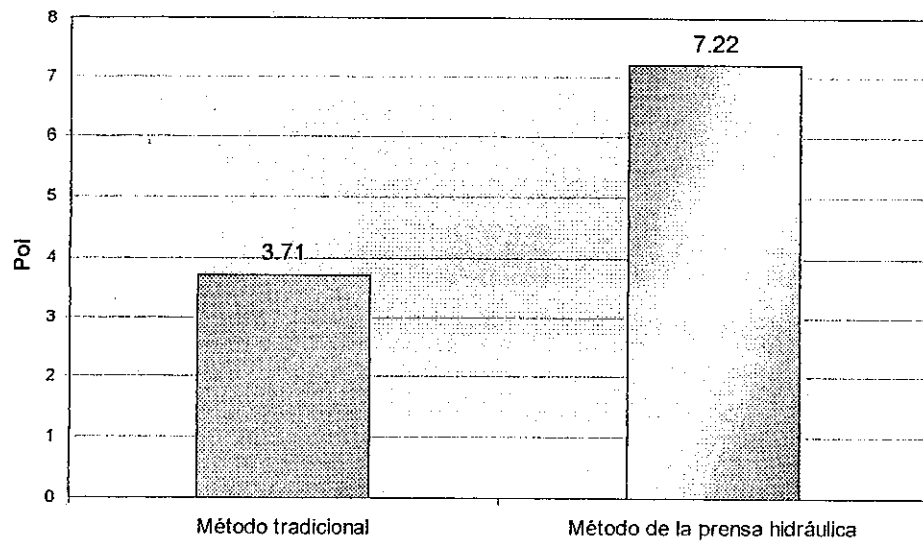
Esto hace que exista una diferencia significativa entre ambos métodos, fenómeno que se observa en las **figuras 3 y 4** que presentan una diferencia relativa para el brix, de **109.44%** y para el pol de **94.61%** mayor en las medias globales obtenidas a través del método de la prensa hidráulica respecto al método tradicional.

Figura 3. Comparación de métodos para la determinación del brix del jugo residual



FUENTE: Tablas VIII y IX.

Figura 4. Comparación de métodos para la determinación de pol del jugo residual



FUENTE: Tablas VIII y IX.

Las diferencias significativas se confirman mediante los análisis de varianza de medias de brix y pol que se presentan en las **tablas IV y V**, donde se observa que el valor de **F** calculada, para brix, es de **176.55**, siendo mayor al valor de **F** tabulada al 5% de significancia que es de **4.60**. El valor de **F** calculada, para pol, es de **119.47**, que es mayor al valor de **F** tabulada al 5% de significancia que es de **4.60**

Tabla IV. Análisis de varianza para la determinación de brix en el jugo residual, por el método tradicional y el método de la prensa hidráulica

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Calculada	F Tabulada 5 % significancia	Diferencia significativa
Entre tratamientos	1	104.30	104.30	176.55	4.60	Sí
Dentro de tratamientos	14	8.2703	0.59074			
Total	15	112.57				

FUENTE: Tablas VIII y IX.

Tabla V. Análisis de varianza para la determinación de pol en el jugo residual, por el método tradicional y el método de la prensa hidráulica

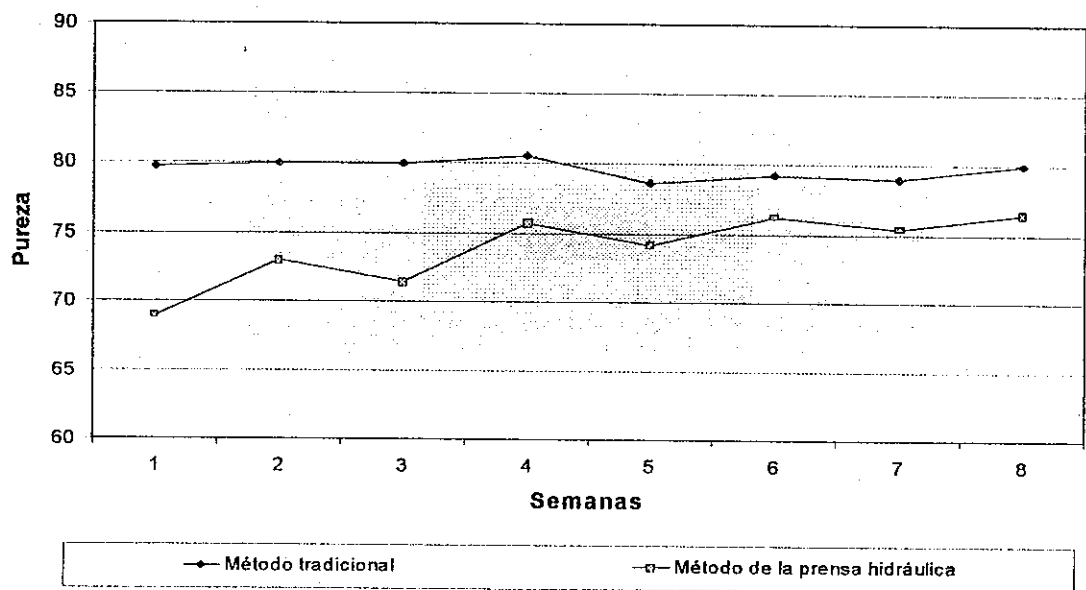
Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Calculada	F Tabulada 5 % significancia	Diferencia significativa
Entre Tratamientos	1	49.351	49.351	119.47	4.60	Sí
Dentro de Tratamientos	14	5.7832	0.41308			
Total	15	55.134				

FUENTE: Tablas VIII y IX.

3.2 Análisis de pureza en el jugo residual

En la figura 5, se observa que los porcentajes de pureza obtenidos por el método de la prensa hidráulica, en todas las repeticiones, son numéricamente inferiores a los porcentajes obtenidos por el método tradicional.

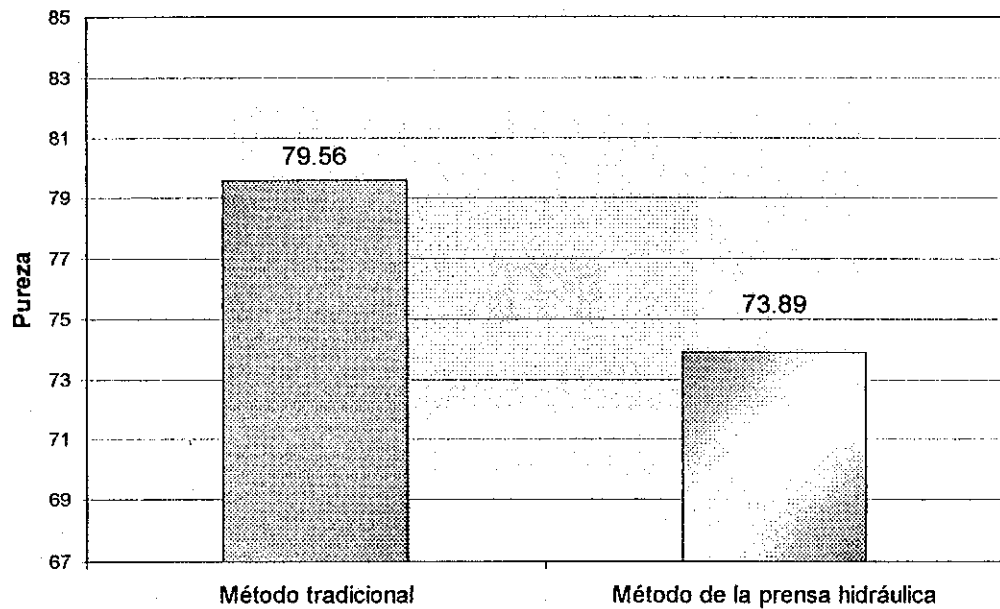
Figura 5. Comparación de métodos para la determinación de pureza del jugo residual



FUENTE: Tablas VIII y IX.

No existe correlación entre el comportamiento de ambas curvas. Siendo la pureza una relación entre pol y brix, puede decirse, que la pureza obtenida por el método de la prensa hidráulica, es inferior a la obtenida por el método tradicional en virtud de que el aumento de brix es proporcionalmente mayor al aumento de pol obtenidos por este método con respecto al método tradicional, como puede observarse en la **figura 6**.

Figura 6. Comparación de métodos para la determinación de pureza del jugo residual



FUENTE: Tablas VIII y IX.

La amplitud de los rangos de las medidas de pureza en las medias, es de **1.89** unidades por el método tradicional y de **7.53** unidades por el método de la prensa hidráulica, ver **tablas VIII y IX**.

La variabilidad de la pureza en los datos obtenidos por el método de prensa hidráulica es mayor que en los datos obtenidos por el método tradicional. Estadísticamente esto se comprueba al observar los coeficientes de variación de cada método en las **tablas II y III** del capítulo 3.1, siendo éstos **3.57%** para el método de la prensa hidráulica y **0.79 %** para el método tradicional.

Existe diferencia significativa entre las medias globales obtenidas por ambos métodos, como puede observarse en la **tabla 6**, que presenta el análisis de varianza con una **F calculada** de **35.02**, que es mayor al valor de **F tabulada** al 5% de significancia que es de **4.60**

Tabla VI. Análisis de varianza para la determinación de pureza en el jugo residual, por el método tradicional y el método de la prensa hidráulica

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	F Tabulada 5 % significancia	Diferencia significativa
Entre tratamientos	1	128.71	128.71	35.02	4.60	Sí
Dentro de tratamientos	14	51.451	3.6751			
Total	15	180.16				

FUENTE: Tablas VIII y IX.

3.3 Efecto en los cálculos de la eficiencia de extracción

El balance de masa para la etapa de extracción aplicando los valores del jugo residual obtenidos por los dos métodos estudiados se resumen en la **tabla VII**. Y se presentan en la misma los datos principales del reporte de fabricación del ingenio, correspondientes al período de zafra 1,998 – 1,999.

Las toneladas de caña molida fueron, 1,507,854.31; toneladas de agua de imbibición, 213,361.38; las toneladas de jugo diluido extraído, 1,313,491.89 y las toneladas de bagazo, 407,723.80.

Se observa que el valor de pureza del jugo residual afecta los cálculos de: brix en caña, fibra en caña, jugo absoluto en caña, brix en bagazo y fibra en bagazo. El brix en caña, aumenta numéricamente, cuando se utiliza la pureza del jugo residual obtenida por el método de la prensa hidráulica, al igual que el jugo absoluto en caña y el brix en bagazo; en tanto que la fibra en caña y la fibra en bagazo disminuye.

A pesar de que la diferencia de purezas del jugo residual, obtenida por el método de prensa hidráulica con respecto a la obtenida por el método tradicional, es de - 5.67 unidades, las diferencias en los cálculos no son significativas.

El balance de masa y el balance de pol del proceso, no están afectados por la pureza del jugo residual, en tanto el balance de sólidos sí lo está. Esto implica que los porcentajes de extracción de jugo, así como los porcentajes de extracción de sacarosa en jugo respecto de la caña, son constantes e independientes del método utilizado para el análisis del jugo residual, y existe una diferencia en el porcentaje de extracción de sólidos en jugo respecto de los sólidos en caña. Esta última se ve disminuida en 0.54% cuando se utiliza el método de la prensa hidráulica.

La composición del bagazo según este estudio, se integra del 44.96 % de fibra y del 55.04 % de jugo residual, al utilizar el método de la prensa hidráulica, se obtuvo un valor de extracción de jugo residual respecto de la muestra de un 34.75 % (apéndice). Esto implica que un 20.29% de jugo residual quedó en la torta húmeda.

Tabla VII. Comparativo del balance de masa en la etapa de extracción

Análisis	Método tradicional	Método de la prensa hidráulica
Caña molida (Tons.)	1,507,854.31	1,507,854.31
Agua de imbibición (Tons.)	213,361.38	213,361.38
Jugo diluido (Tons.)	1,313,491.89	1,313,491.89
Bagazo (Tons.)	407,723.80	407,723.80
Brix en caña (%)	13.77	13.85
Fibra en caña (%)	12.16	12.08
Jugo absoluto en caña (%)	87.84	87.92
Brix jugo diluido (%)	14.72	14.72
Brix bagazo (%)	3.52	3.79
Fibra en bagazo (%)	44.96	44.69
Extracción diluida (%)	87.91	87.91
Extracción de sólidos (%)	93.12	92.58
Extracción de sacarosa (%)	93.76	93.76

FUENTE: Reporte diario de fabricación zafra 98-99, ingenio Magdalena, S.A.
(anexo)

Basándose en el supuesto de que las características de un jugo contenido en el bagazo, son en la práctica similares a las características del último jugo extraído, según la literatura consultada, y habiéndose obtenido una pol de 7.22% en éste, el contenido de pol aportado al bagazo es de 3.97% pol.

CONCLUSIONES

1. Las características fisicoquímicas del jugo residual analizado por el método tradicional, son significativamente diferentes a las obtenidas mediante el método de la prensa hidráulica, teniendo diferencias de 5.1 % en el brix, 3.51 % en pol y -5.67% en la pureza. En virtud de lo expuesto anteriormente se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_i).
2. Los coeficientes de variación en los resultados analíticos de brix y pol determinados por el método de la prensa hidráulica son menores en 98.28% y 61.79% respectivamente a los resultados analíticos de brix y pol determinados por el método tradicional.
3. El jugo obtenido en la última extracción del tándem de molinos, no tiene las mismas características del jugo que acompaña al bagazo final.
4. Los resultados de balance de sacarosa se consideran independientes del método adoptado para realizar el análisis de jugo residual, y dependientes del método son los resultados del balance de sólidos.
5. Los resultados de extracción de sólidos se ven disminuidos en 0.54 unidades, cuando se usa la pureza del jugo residual determinada por el método de la prensa hidráulica en vez de la determinada por el método tradicional.

RECOMENDACIONES

1. Instituir el método de la prensa hidráulica para realizar el análisis del jugo residual.
2. Ampliar esta investigación, con el objetivo de analizar profundamente la determinación de pol en bagazo mediante los métodos existentes.

APÉNDICE

APÉNDICE

1. Tablas de análisis

Tabla VIII
Análisis fisicoquímicos del jugo residual
Método tradicional

Semana	Brix	Pol	Pza.	pH
1	3.61	2.87	79.64	5.67
2	4.40	3.52	79.86	5.56
3	4.70	3.75	79.91	5.54
4	4.95	3.98	80.49	5.53
5	4.41	3.47	78.60	5.52
6	3.88	3.07	79.17	5.71
7	4.70	3.70	78.89	5.72
8	6.60	5.27	79.91	5.70
PROMEDIO	4.66	3.71	79.56	5.62

Fuente: Investigación propia. Ingenio Magdalena, S.A. 1,999.

Tabla IX
Análisis fisicoquímicos del jugo residual
Método de la prensa hidráulica

Semana	Brix	Pol	Pza.	% jugo ext.
1	8.75	6.03	68.94	33.89
2	10.42	7.60	72.95	35.91
3	10.12	7.23	71.41	34.10
4	10.10	7.65	75.69	32.02
5	10.47	7.77	74.14	35.94
6	9.46	7.20	76.16	35.57
7	9.46	7.12	75.33	36.92
8	9.32	7.13	76.47	33.69
PROMEDIO	9.76	7.22	73.89	34.75

Fuente: Investigación propia. Ingenio Magdalena, S.A. 1,999.

Tabla X
Análisis de variabilidad
Método tradicional

	Brix	Pol	Pureza	pH
Media	4.66	3.71	79.56	5.62
Desv. St.	0.90	0.73	0.62	0.09
C.V. %	19.36	19.68	0.79	1.55

Fuente: Tabla VIII. Ingenio Magdalena, S.A. 1,999.

Tabla XI
Análisis de variabilidad
Método de la prensa hidráulica

	Brix	Pol	Pureza	pH
Media	9.76	7.22	73.89	5.24
Desv. St.	0.61	0.54	2.64	0.22
C.V. %	6.23	7.52	3.57	4.29

Fuente: Tabla IX. Ingenio Magdalena, S.A. 1,999.

Tabla XII
Datos originales del primer período

CORRELATIVO	FECHA	MÉTODO TRADICIONAL				MÉTODO DE LA PRENSA HIDRÁULICA			
		Hora	Brix	Pol	Pza.	Brix	Pol	Pza.	P.T.H.
1	15-Ene-99	21	3.90	3.20	82.05	8.40	6.10	72.62	347.3
2	15-Ene-99	24	3.50	2.85	81.43	10.90	8.50	77.98	341.3
3	16-Ene-99	13	3.30	2.60	78.79	12.90	9.40	72.87	317.0
4	16-Ene-99	17	4.40	3.55	80.68	7.70	5.30	68.83	304.0
5	16-Ene-99	1	3.40	2.70	79.41	9.30	5.90	63.44	361.4
6	17-Ene-99	9	3.50	2.70	77.14	10.30	7.05	68.45	314.6
7	17-Ene-99	17	3.80	3.00	78.95	6.40	4.90	76.56	337.8
8	17-Ene-99	1	3.50	2.85	81.43	8.50	6.25	73.53	388.7
9	18-Ene-99	9	4.30	3.35	77.91	5.40	3.25	60.19	202.4
10	18-Ene-99	17	3.50	2.75	78.57	5.50	4.05	73.64	355.6
11	18-Ene-99	1	3.60	2.80	77.78	9.20	5.85	63.59	369.8
12	19-Ene-99	9	3.40	2.60	76.47	9.20	5.80	63.04	333.7
13	19-Ene-99	17	3.50	2.75	78.57	8.60	6.10	70.93	313.8
14	19-Ene-99	1	3.60	2.85	79.17	11.00	6.85	62.27	372.1
15	20-Ene-99	9	3.20	2.55	79.69	8.10	6.40	79.01	267.3
16	20-Ene-99	17	3.80	3.05	80.26	7.60	5.40	71.05	368.3
17	20-Ene-99	1	3.30	2.65	80.30	8.80	5.55	63.07	383.2
18	21-Ene-99	13	3.40	2.70	79.41	10.00	6.70	67.00	293.1
19	21-Ene-99	21	3.30	2.60	78.79	8.00	5.20	65.00	315.1
20	22-Ene-99	17	3.90	3.10	79.49	8.60	6.10	70.93	325.8
21	22-Ene-99	1	4.20	3.40	80.95	9.80	6.75	68.88	322.7
22	23-Ene-99	9	3.20	2.65	82.81	11.00	7.35	66.82	376.8
23	23-Ene-99	17	3.50	2.85	81.43	6.00	3.95	65.83	290.5
	PROMEDIO		3.61	2.87	79.64	8.75	6.03	68.94	330.5

Tabla XIII
Datos originales del segundo período

CORRELATIVO	FECHA	MÉTODO TRADICIONAL				MÉTODO DE LA PRENSA HIDRÁULICA			
		Hora	Brix	Pol	Pza.	Brix	Pol	Pza.	P.T.H.
1	23-Ene-99	1	3.80	3.00	78.95	8.70	5.90	67.82	345.4
2	24-Ene-99	9	3.80	3.00	78.95	11.50	7.70	66.96	383.3
3	24-Ene-99	17	4.00	3.10	77.50	13.40	9.65	72.01	302.5
4	24-Ene-99	1	4.40	3.55	80.68	5.40	4.30	79.63	330.3
5	25-Ene-99	9	3.30	2.60	78.79	8.60	4.95	57.56	373.4
6	25-Ene-99	17	3.60	2.80	77.78	5.90	5.70	96.61	326.4
7	25-Ene-99	1	4.40	3.50	79.55	10.60	8.05	75.94	323.6
8	26-Ene-99	9	4.20	3.25	77.38	10.50	7.70	73.33	309.0
9	26-Ene-99	17	4.60	3.70	80.43	13.10	9.90	75.57	271.4
10	26-Ene-99	1	4.10	3.30	80.49	11.50	8.55	74.35	306.4
11	27-Ene-99	21	3.70	2.90	78.38	12.60	8.95	71.03	317.5
12	27-Ene-99	1	4.50	3.60	80.00	7.00	5.05	72.14	354.6
13	28-Ene-99	17	3.70	2.95	79.73	12.50	9.35	74.80	352.1
14	28-Ene-99	1	4.50	3.60	80.00	13.70	10.15	74.09	338.6
15	29-Ene-99	9	3.90	3.15	80.77	10.70	7.80	72.90	336.2
16	29-Ene-99	17	4.60	3.60	78.26	13.60	10.55	77.57	322.7
17	29-Ene-99	1	5.10	4.15	81.37	8.60	6.35	73.84	292.6
18	30-Ene-99	9	4.50	3.65	81.11	8.70	5.80	66.67	314.5
19	30-Ene-99	1	5.70	4.60	80.70	13.20	9.50	71.97	283.2
20	31-Ene-99	9	4.70	3.85	81.91	11.10	8.10	72.97	347.8
21	31-Ene-99	17	4.60	3.70	80.43	10.60	7.70	72.64	349.2
22	31-Ene-99	1	6.00	4.85	80.83	9.60	6.85	71.35	258.8
23	1-Feb-99	9	5.60	4.50	80.35	8.60	6.30	73.26	231.2
	PROMEDIO		4.40	3.52	79.86	10.42	7.60	72.95	320.47

Tabla XIV
Datos originales del tercer período

CORRELATIVO	MÉTODO TRADICIONAL					MÉTODO DE LA PRENSA HIDRÁULICA			
	FECHA	Hora	Brix	Pol	Pza.	Brix	Pol	Pza.	P.T.H.
1	1-Feb-99	21	4.60	3.35	72.83	7.90	5.15	65.19	284.7
2	1-Feb-99	1	4.20	3.25	77.38	9.90	6.45	65.15	305.4
3	2-Feb-99	9	4.40	3.50	79.55	8.00	6.20	77.50	304.4
4	2-Feb-99	21	3.30	2.70	81.82	7.60	5.25	69.08	327.7
5	2-Feb-99	1	3.50	2.80	80.00	8.00	5.20	65.00	335.4
6	3-Feb-99	13	4.50	3.60	80.00	7.80	5.60	71.79	358.8
7	3-Feb-99	21	3.90	3.00	76.92	8.40	6.20	73.81	373.3
8	3-Feb-99	1	4.40	3.50	79.55	9.40	6.10	64.89	321.2
9	4-Feb-99	9	5.30	4.20	79.25	6.40	5.00	78.13	323.6
10	4-Feb-99	1	5.10	4.30	84.31	12.70	9.15	72.05	340.1
11	5-Feb-99	9	4.60	3.70	80.43	14.80	9.50	64.19	249.2
12	5-Feb-99	17	4.40	3.50	79.55	8.10	6.40	79.01	366.6
13	5-Feb-99	1	5.20	4.20	80.77	12.50	8.90	71.20	297.1
14	6-Feb-99	9	4.00	3.20	80.00	9.00	6.25	69.44	279.8
15	6-Feb-99	17	4.40	3.50	79.55	8.15	6.45	79.14	360.7
16	6-Feb-99	5	5.80	4.65	80.17	14.50	10.30	71.03	366.3
17	7-Feb-99	9	5.20	4.15	79.91	17.30	13.30	76.88	316.8
18	7-Feb-99	17	4.10	3.20	78.05	6.90	4.80	69.57	364.6
19	7-Feb-99	5	5.60	4.60	82.14	14.50	10.80	74.48	366.8
20	8-Feb-99	9	5.60	4.50	80.36	9.58	6.50	67.85	298.8
21	8-Feb-99	17	4.20	3.35	79.76	6.60	5.00	75.76	358.3
22	8-Feb-99	5	6.30	5.15	81.75	14.90	10.80	72.48	364.7
23	9-Feb-99	9	5.40	4.40	81.48	9.80	6.90	70.41	313.8
PROMEDIO			4.70	3.75	79.91	10.12	7.23	71.41	329.48

Fuente: Investigación propia. Ingenio Magdalena, S.A. 1.999.

Tabla XV
Datos originales del cuarto período

CORRELATIVO	MÉTODO TRADICIONAL					MÉTODO DE LA PRENSA HIDRÁULICA			
	FECHA	Hora	Brix	Pol	Pza.	Brix	Pol	Pza.	P.T.H.
1	9-Feb-99	17	4.00	3.20	80.00	6.80	4.95	72.79	338.7
2	9-Feb-99	5	4.50	3.55	78.89	12.20	8.05	65.98	320.0
3	10-Feb-99	9	5.30	4.25	80.19	9.90	7.00	70.71	351.5
4	10-Feb-99	17	4.20	3.30	78.57	6.20	4.70	75.81	352.4
5	10-Feb-99	5	4.30	3.45	80.23	8.60	6.30	73.26	300.2
6	11-Feb-99	13	5.60	4.45	79.46	15.90	12.20	76.73	331.1
7	11-Feb-99	1	5.30	4.35	82.08	5.60	6.75	120.54	352.0
8	12-Feb-99	1	6.30	5.00	79.37	8.20	5.15	62.80	343.6
9	12-Feb-99	17	5.00	4.05	81.00	7.10	5.00	70.42	320.3
10	12-Feb-99	1	4.60	3.85	83.70	8.40	6.80	80.95	323.6
11	13-Feb-99	1	5.00	4.15	83.00	11.60	8.20	70.69	398.2
12	13-Feb-99	17	5.50	4.45	80.91	18.00	14.05	78.06	329.0
13	13-Feb-99	1	3.90	3.10	79.49	8.20	6.05	73.78	327.6
14	14-Feb-99	1	6.20	5.10	82.26	12.70	8.70	68.50	294.7
15	14-Feb-99	17	6.00	4.60	76.67	11.90	8.45	71.01	295.4
16	14-Feb-99	1	4.10	3.25	79.27	6.50	5.15	79.23	352.4
17	15-Feb-99	1	5.70	4.65	81.58	12.70	9.60	75.59	364.9
18	15-Feb-99	17	5.30	4.35	82.08	9.80	7.80	79.59	320.1
19	15-Feb-99	5	4.40	3.60	81.82	7.10	5.65	79.58	335.4
20	16-Feb-99	1	5.80	4.60	79.31	11.10	8.75	78.83	352.5
21	16-Feb-99	21	4.40	3.50	79.55	12.60	10.00	79.37	380.0
22	16-Feb-99	1	4.20	3.45	82.14	8.40	6.75	80.36	335.4
23	17-Feb-99	1	4.20	3.35	79.76	12.90	9.85	76.36	399.1
PROMEDIO			4.95	3.98	80.49	10.10	7.65	75.69	339.92

Fuente: Investigación propia. Ingenio Magdalena, S.A. 1.999.

Tabla XVI
Datos originales del quinto período

CORRELATIVO	FECHA	MÉTODO TRADICIONAL				MÉTODO DE LA PRENSA HIDRÁULICA			
		Hora	Brix	Pol	Pza.	Brix	Pol	Pza.	P.T.H.
1	17-Feb-99	1	3.40	2.80	82.35	7.70	6.05	78.57	348.0
2	18-Feb-99	17	5.30	4.25	80.19	13.70	11.50	83.94	363.6
3	18-Feb-99	21	4.60	3.70	80.43	12.00	9.70	80.83	314.6
4	19-Feb-99	9	4.90	3.80	77.55	8.20	6.25	76.22	338.2
5	19-Feb-99	21	5.20	4.15	79.81	13.00	9.75	75.00	352.1
6	19-Feb-99	1	5.20	4.25	81.73	13.00	10.45	80.38	270.0
7	20-Feb-99	9	4.10	3.15	76.83	12.20	9.75	79.92	324.6
8	20-Feb-99	17	6.60	5.40	81.82	14.40	12.00	83.33	325.6
9	20-Feb-99	1	4.30	3.40	79.07	13.80	10.90	78.99	280.8
10	26-Feb-99	17	5.10	3.30	64.71	12.90	6.60	51.16	368.5
11	26-Feb-99	5	5.80	4.80	82.76	12.20	10.10	82.79	296.3
12	27-Feb-99	9	4.00	3.15	78.75	8.60	3.85	44.77	293.9
13	27-Feb-99	17	3.80	2.65	69.74	9.30	6.20	66.67	303.6
14	27-Feb-99	5	3.90	3.15	80.77	14.60	11.70	80.14	267.8
15	28-Feb-99	9	4.00	3.10	77.50	7.80	5.25	67.31	335.4
16	28-Feb-99	17	4.70	3.75	79.79	7.00	5.50	78.57	355.0
17	28-Feb-99	1	3.70	2.85	77.03	8.80	6.75	76.70	268.8
18	1-Mar-99	9	4.10	3.30	80.49	10.30	7.40	71.84	316.5
19	1-Mar-99	17	3.70	2.85	77.03	10.30	7.40	71.84	316.5
20	1-Mar-99	5	3.30	2.55	77.27	7.80	5.75	73.72	354.5
21	2-Mar-11	9	3.70	2.95	79.73	8.70	5.30	60.92	307.1
22	2-Mar-99	17	4.00	3.20	80.00	6.70	4.80	71.64	364.6
23	2-Mar-99	5	4.00	3.20	80.00	7.90	5.65	71.52	301.3
PROMEDIO			4.41	3.47	78.60	10.47	7.77	74.14	320.32

Fuente: Investigación propia. Ingenio Magdalena, S.A. 1,999.

Tabla XVII
Datos originales del sexto período

CORRELATIVO	FECHA	MÉTODO TRADICIONAL				MÉTODO DE LA PRENSA HIDRÁULICA			
		Hora	Brix	Pol	Pza.	Brix	Pol	Pza.	P.T.H.
1	3-Mar-99	9	3.60	2.90	80.56	11.90	8.80	73.95	359.7
2	3-Mar-99	17	4.30	3.40	79.07	7.10	5.60	78.87	346.8
3	3-Mar-99	1	3.30	2.65	80.30	12.10	9.75	80.58	315.9
4	4-Mar-99	9	3.70	2.95	79.73	8.40	6.05	72.02	342.4
5	4-Mar-99	21	3.60	2.75	76.39	7.10	5.50	77.46	342.0
6	5-Mar-99	13	4.30	3.35	77.91	10.40	6.65	63.94	307.6
7	5-Mar-99	17	4.80	3.85	80.21	13.70	11.35	82.85	250.0
8	5-Mar-99	1	3.80	3.00	78.95	5.10	4.00	78.43	310.2
9	6-Mar-99	9	3.70	2.90	78.38	7.60	4.95	65.13	358.3
10	6-Mar-99	17	3.70	2.95	79.73	8.10	6.25	77.16	332.4
11	6-Mar-99	1	3.20	2.60	81.25	7.10	5.50	77.46	340.0
12	7-Mar-99	1	3.20	2.50	78.13	11.20	8.95	79.91	355.0
13	7-Mar-99	17	3.90	3.05	78.21	11.00	7.65	69.55	331.8
14	7-Mar-99	1	4.30	3.25	75.58	10.60	8.10	76.42	298.8
15	8-Mar-99	1	3.70	2.95	79.73	8.10	6.20	76.54	306.2
16	8-Mar-99	17	3.30	2.55	77.27	7.40	5.85	79.05	330.8
17	8-Mar-99	1	3.20	2.50	78.13	7.40	5.65	76.35	340.6
18	9-Mar-99	1	4.60	3.75	81.52	11.50	9.40	81.74	255.9
19	9-Mar-99	17	4.40	3.55	80.68	11.70	9.25	79.06	257.7
20	9-Mar-99	1	3.60	2.85	79.17	8.30	6.50	78.31	342.0
21	10-Mar-99	1	4.30	3.45	80.23	12.90	9.20	71.32	346.5
22	10-Mar-99	17	4.80	3.85	80.21	12.70	9.70	76.38	321.2
23	11-Mar-99	17	4.00	3.15	78.75	6.10	4.80	78.69	318.1
PROMEDIO			3.88	3.07	79.17	9.46	7.20	76.16	322.17

Fuente: Investigación propia. Ingenio Magdalena, S.A. 1,999.

Tabla XVIII
Datos originales del séptimo periodo

CORRELATIVO	FECHA	MÉTODO TRADICIONAL				MÉTODO DE LA PRENSA HIDRÁULICA			
		Hora	Brix	Pol	Pza.	Brix	Pol	Pza.	P.T.H.
1	12-Mar-99	9	3.60	2.75	76.39	8.30	6.50	78.31	338.4
2	12-Mar-99	21	5.00	4.05	81.00	6.10	4.55	74.59	318.4
3	12-Mar-99	1	8.10	6.50	80.25	14.10	10.95	77.66	300.7
4	13-Mar-99	9	4.10	3.15	76.83	17.50	13.90	79.43	231.0
5	13-Mar-99	17	4.30	3.45	80.23	5.10	3.80	74.51	355.8
6	13-Mar-99	1	4.00	3.10	77.50	8.40	6.55	77.98	321.0
7	14-Mar-99	9	3.90	2.95	75.64	12.70	9.75	76.77	313.8
8	14-Mar-99	21	5.00	3.85	77.00	6.80	5.15	75.74	352.8
9	14-Mar-99	1	4.40	3.50	79.55	8.20	6.35	77.44	248.0
10	15-Mar-99	9	4.60	3.55	77.17	13.40	10.15	75.75	305.8
11	15-Mar-99	21	4.10	3.25	79.27	10.50	7.55	71.90	362.8
12	15-Mar-99	1	6.00	4.75	79.17	7.40	4.25	57.43	229.5
13	16-Mar-99	9	4.30	3.30	76.74	9.10	6.25	68.68	310.8
14	16-Mar-99	21	6.00	4.90	81.67	7.10	5.50	77.46	338.2
15	16-Mar-99	1	4.20	3.40	80.95	10.20	8.25	80.88	281.4
16	17-Mar-99	9	4.00	3.15	78.75	9.30	6.75	72.58	290.7
17	17-Mar-99	21	5.00	3.90	78.00	6.50	4.95	76.15	371.8
18	17-Mar-99	1	5.50	4.30	78.18	10.10	8.00	79.21	321.9
19	18-Mar-99	9	4.80	3.80	79.17	12.20	9.00	73.77	336.0
20	18-Mar-99	1	4.10	3.25	79.27	6.50	4.75	73.08	363.0
21	19-Mar-99	9	4.30	3.35	77.91	10.20	7.70	75.49	281.9
22	19-Mar-99	17	5.30	4.20	79.25	10.10	7.50	74.26	312.8
23	19-Mar-99	5	3.40	2.80	82.35	7.70	5.75	74.68	367.6
PROMEDIO			4.70	3.70	78.89	9.48	7.12	76.33	315.39

Fuente: Investigación propia. Ingenio Magdalena, S.A. 1,999.

Tabla XIX
Datos originales del octavo periodo

CORRELATIVO	FECHA	MÉTODO TRADICIONAL				MÉTODO DE LA PRENSA HIDRÁULICA			
		Hora	Brix	Pol	Pza.	Brix	Pol	Pza.	P.T.H.
1	20-Mar-99	9	4.20	3.40	80.95	10.70	8.45	78.97	317.2
2	20-Mar-99	17	3.90	3.15	80.77	6.30	5.10	80.95	352.3
3	20-Mar-99	5	5.30	4.10	77.36	5.80	4.10	70.69	347.6
4	21-Mar-99	9	4.80	3.80	79.17	9.20	6.75	73.37	307.8
5	21-Mar-99	17	4.60	3.60	78.26	8.10	6.35	78.40	348.9
6	21-Mar-99	1	3.30	2.60	78.79	7.40	5.55	75.00	350.6
7	22-Mar-99	9	5.50	4.40	80.00	8.30	6.10	73.49	281.5
8	22-Mar-99	21	5.50	4.40	80.00	7.70	5.85	75.97	279.3
9	22-Mar-99	5	4.00	3.25	81.25	9.20	7.25	78.80	360.2
10	23-Mar-99	13	5.40	4.30	79.83	10.50	7.90	75.24	365.1
11	23-Mar-99	17	5.70	4.20	73.68	8.00	6.00	75.00	305.0
12	23-Mar-99	5	3.60	2.90	80.56	6.40	4.30	67.19	383.4
13	24-Mar-99	9	4.40	3.35	76.14	8.30	6.15	74.10	315.2
14	24-Mar-99	17	4.70	3.80	80.85	9.40	6.90	73.40	322.6
15	24-Mar-99	1	5.80	4.50	77.59	7.10	5.60	78.87	348.2
16	25-Mar-99	21	8.90	7.20	80.90	9.70	7.60	78.35	312.1
17	26-Mar-99	9	8.00	6.45	80.63	10.60	8.50	80.19	338.6
18	26-Mar-99	1	11.00	8.75	79.55	11.00	8.50	77.27	341.4
19	27-Mar-99	1	7.90	6.35	80.38	9.35	7.30	78.07	319.7
20	27-Mar-99	1	11.00	8.65	78.64	12.60	9.60	76.19	332.4
21	28-Mar-99	13	10.80	8.75	81.02	12.40	8.85	71.37	345.3
22	28-Mar-99	1	12.00	9.85	82.08	11.90	9.70	81.51	346.2
23	29-Mar-99	13	11.50	9.55	83.04	14.50	11.60	80.00	305.5
PROMEDIO			6.60	5.27	79.91	9.32	7.13	76.47	331.57

Fuente: Investigación propia. Ingenio Magdalena, S.A. 1,999.

ANEXOS

1. Método tradicional para el análisis del jugo residual (Buenaventura, 1989.59).

1.1 Muestreo

1.1.1 Equipo requerido

Recipiente de 1,000 cc de capacidad, con extensión de varilla metálica.

1.1.2 Procedimiento

Tomar la muestra del jugo que sale de la maza bagacera del último molino. Recolectar la muestra a todo lo largo de la maza, eliminar bagacillo contenido mediante filtración adecuada. La frecuencia del muestreo es de media hora.

1.2 Análisis del jugo

1.2.1 Equipo requerido

Refractómetro, (rango 0 – 95 brix, precisión +/- 0.1 brix, Schmidt + Haensch, ATR versión c, pantalla digital).

Embudo de filtración.

Papel filtro Whatman No. 6 ó equivalente.

Polarímetro o sacarímetro, (rango 0 – 120 °Z, precisión +/- 0.01°z, Schmidt + Haensch, pantalla digital)

Beaker de 250 cc.

1.2.2 Reactivos

Subacetato de plomo. Grado analítico.

Agua destilada.

1.2.3 Procedimiento para la determinación del brix refractométrico

Tomar 100 cc de muestra y filtrar.

Colocar en la unidad óptica del refractómetro, agua destilada para calibración en cero.

Colocar en la unidad óptica del refractómetro el jugo filtrado necesario para hacer la determinación.

Leer el por ciento del brix que indica el refractómetro.

Para obtener el resultado, reportar el valor del brix corregido a temperatura de 20 grados C.

1.2.4 Procedimiento para la determinación de la sacarosa

Tomar 100 cc de muestra en un recipiente plástico, adicionar subacetato de plomo en cantidad necesaria para una buena clarificación y filtrar.

Llenar el tubo de polarizar de 200 mm con agua destilada para la calibración de cero.

Llenar el tubo de polarizar de 200 mm con la muestra filtrada y anotar el valor que despliega el instrumento.

Para obtener el resultado, utilizar el cuadro de Schimitz's (Chen,1991.1142), que correlaciona el brix y la lectura polarimétrica, para encontrar el contenido de sacarosa aparente o pol.

1.2.5 Determinación de la pureza aparente

La pureza es la relación porcentual entre el porcentaje de pol o sacarosa y el porcentaje de brix:

$$\% \text{ de pureza} = \% \text{ pol o sacarosa} * 100 / \% \text{ brix.}$$

2. Método de la prensa hidráulica para el análisis del jugo residual

2.1 Muestreo

2.1.1 Equipo requerido

Pala para tomar muestra con capacidad aproximada de 2,000 gramos y con extensión.

Recipiente de plástico con tapa, para recoger muestras tomadas en el molino.

Recipiente plástico con tapa, para guardar las muestras y formar una muestra compuesta, utilizando como preservante una mezcla de 6 partes de amoníaco por 1 parte de cloroformo, colocado en una tela, algodón o esponja impregnado.

2.1.2 Procedimiento

Tomar la muestra del bagazo que sale de la maza bagacera del último molino, a todo lo largo de la maza, cada media hora.

Colocar la muestra en el recipiente recolector de muestra.

Transferir la muestra al recipiente de composición ubicado en el laboratorio.

2.2 Análisis de la muestra

2.2.1 Equipo requerido

Desfibradora, (tipo molino picador, modelo DP4, RPM 3,300, marca Cremasco-Brazil).

Prensa hidráulica con capacidad hasta 220 kilogramos por cm cuadrado, con sistema de control automático de operación.

Refractómetro, (rango 0 – 120 °Z, precisión +/- 0.01°Z, Schmidt + Haensch, pantalla digital)

Embudo de filtración.

Papel filtro Whatman No. 6 ó equivalente.

Polarímetro o sacarímetro, (rango 0 – 120 °Z, precisión +/- 0.01°Z, Schmidt + Haensch, pantalla digital)

Beaker de 250 cc.

Recipientes plásticos.

Balanza de precisión con un rango de 0 – 1,000 gramos y con una precisión en lectura de +/- 0.01 gramo.

2.2.2 Reactivos

Subacetato de plomo. Grado analítico.

Agua destilada.

2.2.3 Procedimiento para la extracción del jugo

Colocar la muestra compuesta del bagazo dentro de la desfibradora y recolectar la muestra desfibrada.

Pesar exactamente 500 gramos de la muestra desfibrada y transferirlos cuantitativamente al compartimiento de muestra de la prensa hidráulica.

Someterlo a una presión de 390 kilogramos-fuerza por cm cuadrado, durante un minuto, recolectando el jugo extraído.

Pesar el bagazo que queda en la prensa

2.2.4 Procedimiento para la determinación del brix refractométrico

Tomar 100 cc de muestra y filtrar.

Colocar en la unidad óptica del refractómetro, agua destilada para calibración en cero.

Colocar en la unidad óptica del refractómetro el jugo filtrado necesario para hacer la determinación.

Leer el por ciento del brix que indica el refractómetro.

Reportar el valor del brix corregido a temperatura de 20 grados C.

3. Reporte diario de fabricación

INGENIO MAGDALENA S.A.
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
REPORTE DE FABRICACIÓN

LUNES 29 Y MARTES 30 DE MARZO DE 1,999

HOY 119

FECHA

1/2

DESCRIPCIÓN	DATOS DE MOLIENDA				INGENIO				PRODUCCIÓN			
	HOY	FECHA	HOY	FECHA	HOY	FECHA	HOY	FECHA	HOY	FECHA	HOY	FECHA
DIAS DE OPERACIÓN	0.70	121.48	0.65	118.65	1.51	122.30			AZ. SUPERIOR (TM)			16.648.80
HORAS MOIENDO	5.26	2,413.43	14.75	2,431.98	10.90	2,423.96			AZ. ESTANDAR (TM)		217.04	22,572.35
HORAS PARADO	11.50	502.15	0.92	415.68	25.35	511.13			TOTAL BLANCO		217.04	39,221.15
% TIEMPO PERDIDO	68.66	17.22	5.85	14.60	69.92	17.41			AZ. MORENO Y CRUDO (TM)		827.92	84,482.01
% CAPACIDAD	32.55	89.12	107.77	90.42	33.06	88.07			PRODUCCIÓN TOTAL (GB)		24,870.78	2,906,155.73
CAÑA RECIBIDA TON.	1,363.21	6,49,607.68	5,627.75	858,246.63	6,990.96	1,907,854.31			Az. Proceso B96 (qq)		(13,186.19)	
CAÑA EN PATIO TON.	1,363.21	6,49,607.68	5,627.75	858,246.63	6,990.96	1,907,854.31			Az. H.V PR B96 (qq)		12,554.99	3,007,789.29
CAÑA MOLIDA TON.	259.66	269.15	381.54	352.90	641.20	622.06			REND. (LBS/TCM)		173.92	192.73
MOLIDA TON/HR	6,231.62	6,459.92	9,157.02	8,469.60	15,388.83	14,929.52			REND. 95 POL. (LBS/TCM)		179.59	199.47
RAZÓN DE MOLIDA	74.84	79.87	74.35	81.06	73.68	80.26			% RENDIMIENTO		8.68	9.84
EXTRACCIÓN NORMAL	80.77	87.30	82.14	86.96	81.87	87.11			MELAZA (GLS)		12,473.33	894,894.09
EXTRACCIÓN DILUIDA	90.76	93.32	92.02	94.99	91.75	93.76			MELAZA PROC. 85 BX		(95,341)	
EXTRACCIÓN SACAROSA	90.28	93.19	91.18	93.87	90.96	93.57			MELAZA HOY P 85 BX		29,165	9,181,069
EXTRACCIÓN 12.5% FIBRA	5.93	7.43	7.79	5.90	6.20	6.84			MELAZA (GLS 85 BX/TCM)		4.17	6.08
DILUCIÓN % CAÑA	6.32	14.40	7.97	13.96	7.85	14.15			BALANCE DE POL			
IMBIBICIÓN % CAÑA	52.97	117.17	68.68	115.23	66.31	115.13			PERDIDA EN MIEL		0.73	1.25
IMBIBICIÓN % FIBRA	11.93	12.29	11.44	12.10	11.54	12.18			PERDIDA EN CACHAZA		0.05	0.05
FIBRA % CAÑA	25.55	27.10	25.83	26.99	25.78	27.04			PERDIDA INDETERMINADA		(0.17)	0.31
BAGAZO % CAÑA	4.04	3.01	3.02	2.64	3.22	2.80			PERDIDA EN BAGAZO		0.83	0.76
POL % BAGAZO	48.05	50.98	51.65	51.94	50.95	51.52			PERDIDA TOTAL		1.43	2.57
HUMEDAD % BAGAZO	46.70	45.35	44.29	44.63	44.76	45.05			RECUPERADO AZÚCAR		8.62	9.57
FIBRA % BAGAZO	11.19	12.23	9.78	12.08	10.05	12.15			TOTAL EN CAÑA (%)		10.05	12.15
POL % CAÑA	0.74	0.68	0.83	0.73	0.82	0.79			REC NORMAL		68.29	65.07
CAIDA DE PUREZA FRI - DIL	79.97	79.97	79.95	79.95					AZÚCAR			
INDICE DE PREPARACIÓN	91.00	91.00	91.37	91.37					COLOR			
CELLOS ABIERTAS POL	19.50	43.08	80.50	56.82					POL			
CONTRIBUCIÓN % CAÑA MOLIDA	HOY	FECHA	HOY	FECHA	HOY	FECHA			HUMEDAD			
ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLE	475,766	68.05	56,205,765	37.28	SUPERIOR HOY	FECHA			99.78	0.06		0.26
GENERACIÓN BRUTA TOTAL	303,338	43.39	31,348,933	20.79	ESTANDAR HOY	FECHA			99.70	0.07		0.23
ELECTRICIDAD VENTA			77,056	0.05	HOY	FECHA			99.70	0.07		0.24
ELECTRICIDAD COMPRA			2,639	0.00	MORENO HOY	FECHA						
DEMANDA MÁXIMA			24.66	16.47	CRUDO HOY	FECHA			1.195	99.23	0.12	0.15
CONSUMO INTERNO TOTAL			190,329	0.13	HOY	FECHA			795	99.28	0.12	0.17
BUNKER			3.60	1.22	TOTAL HOY	FECHA			1,079	99.19	0.14	0.17
CACHAZA			3.91	1.28	FECHA	FECHA			644	99.36	0.11	0.17
									803	99.36	0.11	0.18
TONELADAS JUGO 1ER MOLINO	1,840	373,542	39.81	50.05	OBSERVACIONES: SE ESTIMO JUGO DILUIDO DEL TANDEM "A" Y "B" INTRUMENTACIÓN NO EMITIO REPORTE DE MEDICIÓN POR PROBLEMAS CON IMPRESORA SE CORRIGIO ACUMULADO DE PRODUCTOS QUÍMICOS							
TONELADAS JUGO MOLINOS 2-5	2,782	372,793	60.19	49.95								

Fin de Zafra 18:15 horas. Del 30/03/1999

Tándem "B" terminó de moler a las 21:40 horas y tandem "A" terminó de moler a las 22:45 horas del 29/03/99