



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

SUSTITUCIÓN DE SUBACETATO DE PLOMO COMO CLARIFICANTE EN LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO EN UN INGENIO AZUCARERO

José Adolfo Orozco Bautista

Asesorado por el Ing. Michele Pagliara Valz

Guatemala, agosto de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**SUSTITUCIÓN DE SUBACETATO DE PLOMO COMO
CLARIFICANTE EN LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO EN
UN INGENIO AZUCARERO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOSÉ ADOLFO OROZCO BAUTISTA

ASESORADO POR EL ING. MICHELE PAGLIARA VALZ
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, AGOSTO DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Alvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADOR	Ing. César Alfonso García Guerra
EXAMINADOR	Ing. Otto Raúl de León de Paz
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Wong Davi
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

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 graduación titulado:

SUSTITUCIÓN DE SUBACETATO DE PLOMO COMO CLARIFICANTE EN LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO EN UN INGENIO AZUCARERO,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 23 noviembre de 2005.

Jose Adolfo Orozco Bautista

ACTO QUE DEDICO A:

- DIOS:** Fuente de amor y sabiduría, a quien agradezco infinitamente por darme la vida y este triunfo alcanzado.
- MIS PADRES:** Por ser la más grande bendición en mi vida y por apoyarme siempre, estoy seguro que ustedes saben lo agradecido que estoy por tenerlos como padres, son un ejemplo y esto es una pequeña muestra de mi agradecimiento por todo lo que han hecho por mí.
- MI HIJO Y ESPOSA:** Por su apoyo y fuente de inspiración para seguir en el camino de la superación
- MIS HERMANOS:** Por estar siempre a mi lado y darme su alegría y apoyo. Y un agradecimiento especial a Juan Estuardo por tu incondicional apoyo que siempre me has brindado, especialmente en la época universitaria.
- MIS ABUELOS:** Estoy seguro de que sus oraciones me ayudaron bastante para alcanzar esta meta y se que desde el cielo comparten este logro conmigo.
- MIS TÍOS Y PRIMOS:** Por su apoyo incondicional

**MIS SUEGROS Y
CUÑADOS:**

Por su apoyo incondicional

MIS AMIGOS:

Con especial agradecimiento al Ing. Luis Cutz por la motivación y el apoyo brindado.

AGRADECIMIENTOS A:

- DIOS:** Eternamente agradecido por todo lo que eres en mi vida y por ser mi compañero fiel..
- MIS PADRES:** Juan Orozco e Hilda De Orozco, mil palabras de agradecimiento no serian suficientes para agradecerles su gran amor, comprensión y apoyo en todo momento.
- MI HIJO Y ESPOSA:** Lic. Alma Karina y Josesito, logramos nuestro primer objetivo.
- ASORES:** Ingenieros Luis Cutz, Michele Pagliara Valz, y César García., mil gracias por su asesoría y ayuda para realizar este trabajo de graduación. También a los Ingenieros Claudia Ovando y Carlos Morales por su valiosa ayuda.
- FACULTAD DE INGENIERIA:** Especialmente área de Química de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por abrirme sus puertas y compartir conmigo los conocimientos de su carrera.
- INGENIO TRINIDAD:** Por la oportunidad de poder realizar éste trabajo en sus instalaciones. Por su apoyo incondicional

**ANALISTAS DE
LABORATORIO
TRINIDAD:**

Por ayudarme a realizar dicho estudio,
especialmente a Erick Guzmán y Santos Sian.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XXIII
OBJETIVOS	XXV
HIPÓTESIS GENERAL	XXVII
INTRODUCCIÓN	XXIX
1. GENERALIDADES DEL PLOMO	1
1.1. Generalidades	1
1.2. Estructura	1
1.3. Producción de plomo	2
1.4. Propiedades del plomo	3
1.5. Aplicaciones del plomo	4
1.6. Fuentes de riesgo	6
1.7. Efecto del plomo al ambiente	6
1.8. Efectos del plomo en la salud	7
1.9. Subacetato de plomo	8
1.9.1. Fórmula	8
1.9.2. Peso molecular	8
1.9.3. Nombre de los componentes	8
1.10. Octapol	9
1.10.1. Descripción	9
1.10.2. Contenido	9

2.	LA POLARIMETRÍA EN EL ANÁLISIS AZUCARERO	11
2.1.	Luz polarizada	11
2.2.	Los principios de la sacarimetría	11
2.3.	Tipos de sacarímetros	12
2.3.1.	Polariscopio	12
2.3.2.	Sacarímetros fotoeléctricos	13
3.	PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DEL AZÚCAR CRUDO	17
3.1.	Pesaje de la caña	17
3.2.	Lavado de la caña	17
3.3.	Preparación de la caña	18
3.3.1.	Cuchillas giratorias	19
3.3.2.	Desfibriladoras	19
3.3.3.	Desmenuzadoras	19
3.4.	Molienda	20
3.5.	Extracción de jugo	21
3.6.	Colado de jugo	22
3.7.	Bagazo	23
3.8.	Alcalizado	23
3.9.	Calentamiento	24
3.10.	Clarificación	25
3.11.	Filtración	26
3.12.	Evaporación	27
3.13.	Cristalización	28
3.14.	Centrifugación	29
3.15.	Secado	31

3.16. Almacenamiento	31
4. METODOLOGÍA	33
4.1. Localización	33
4.2. Materiales, Reactivos y Equipo	33
4.2.1. Materiales	33
4.2.2. Reactivos	34
4.2.3. Equipo	34
4.3. Recurso Humano	35
4.4. Métodos	35
4.4.1. Muestreo	35
4.4.2. Frecuencia de Análisis	36
4.4.3. Preparación del reactivo clarificante	37
4.4.3.1. Subacetato de plomo	37
4.4.3.2. Octapol	37
4.5. Metodología	38
4.5.1. Análisis de Brix	38
4.5.2. Análisis de Pol	38
4.5.3. Análisis de Pureza	39
4.6. Metodología Experimental	40
4.6.1. Diseño de Tratamientos	40
4.6.2. Diseño Estadístico	40
5. RESULTADOS	45
5.1. Brix	45
5.2. Pol	49
5.3. Pureza	57

5.4.	Análisis estadístico para pol	66
5.5.	Análisis estadístico para pureza	69
6.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	73
6.1.	Análisis de Brix	73
6.2.	Análisis de Pol	73
6.3.	Análisis de Pureza	74
7.	CONCLUSIONES	77
8.	RECOMENDACIONES	79
9.	BIBLIOGRAFÍA	81
10.	ANEXOS	85

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Polariscopio	13
2	Autopol II S de Rudolph	14
3	Báscula	17
4	Mesa de caña	18
5	Desfibradora	19
6	Cuchillas giratórias	20
7	Molino de tres rodillos	21
8	Estación de cuatro molinos	22
9	Colador DSM	23
10	Sistema de jugo alcalizado	24
11	Calentadores	25
12	Clarificador Rapi Dorr 444	26
13	Sistema de filtro de cachaza	27
14	Vasos de evaporación	28
15	Tachos	29
16	Partes de una centrífuga	30
17	Bodega de azúcar	31

TABLAS

I	Propiedades del plomo.	2
II	Lugares y frecuencia de muestreo.	35
III	Frecuencia de análisis.	36
IV	Cantidad de material clarificante para cada producto.	39
V	Tabulación de datos para los dos tipos de tratamiento y los diferentes productos a clarificar.	41
VI	Resumen estadístico del estudio de clarificación con los dos tratamientos.	41
VII	Brix de jugos que se obtienen en el área de Molinos.	45
VIII	Brix de jugos que se obtienen en el area de clarificación Y evaporación.	46
IX	Brix de los productos que se obtienen en el área de tachos.	47
X	Brix de los productos que se obtienen en el área de centrífugas.	48
XI	Pol de jugos que se obtienen en el área de Molinos con los dos tratamientos.	49
XII	Pol de jugos que se obtienen en el área de clarificación y evaporación con los dos tratamientos.	51
XIII	Pol de los productos que se obtienen en el área de tachos con los dos tratamientos.	53
XIV	Pol de los productos que se obtienen en el área de Centrífugas con los dos tratamientos.	55
XV	Pureza de jugos que se obtienen en el área de Molinos con los dos tratamientos.	58
XVI	Pureza de jugos que se obtienen en el área de clarificación Y evaporación con los dos tratamientos.	60

XVII	Pureza de los productos que se obtienen en el área de tachos con los dos tratamientos.	62
XVIII	Pureza de los productos que se obtienen en el área de Centrífugas con los dos tratamientos.	64
XIX	Resultado de la prueba “t” para medias de dos muestras emparejadas para el análisis de pol de cada producto derivado en la extracción de azúcar en la caña utilizando la hoja de Microsoft office Excel 2003.	66
XX	Resultado de la prueba “F” de análisis de varianza de clasificación simple para el análisis de pol de cada producto derivado en la extracción de azúcar en la caña.	68
XXI	Resultado de la prueba “t” para medias de dos muestras emparejadas para el análisis de pureza de cada producto derivado en la extracción de azúcar en la caña utilizando la hoja de Microsoft office Excel 2003.	69
XXII	Resultado de la prueba “F” de análisis de varianza de clasificación simple para el análisis de pureza de cada producto derivado en la extracción de azúcar en la caña.	71

LISTADO DE SÍMBOLOS

SÍMBOLO	DEFINICIÓN	DIMENSIONAL
PSIG	Presión manométrica	lb/plg ²
R.P.M.	Revoluciones por minuto	rpm
Lt/seg.	Litros por segundo	Lt/seg.
P³	Pies cúbicos	p ³
t	Tiempo	Seg.
Lbs.	Libras Masa	Lb.
Pg.	Pulgadas	“
°Brix	Grados Brix.	°Bx
D	Diámetro	“
L	Largo	“
E	Espesor	“
T.C.D.	Tonelada caña por día	Ton/día
T.C.	Tonelada caña	TC
mm	Milímetros	mm
°	grados	°
C	Carbono	
H	Hidrogeno	
Ca.	Calcio	
“	pulgadas	“
m	metros	m
m³	metro cúbico	m ³
°F	Grados fahrenheit.	°F
°C	Grados centigrados.	°C
r	Repeticiones	
a	Columnas	

b

Hileras

t

Tratamientos

GLOSARIO

- Acidez** Medida de la concentración de ácidos en el jugo de caña efectuada para disponer de un índice de descomposición y del consumo de cal para neutralizar (es un mejor indicador que el de pH del jugo dado que muchos de los ácidos presentes forman una solución amortiguada que no acepta cambios de pH).
- Agua condensada** Agua que proviene del vapor que ha donado su calor latente en la calandria de un evaporador, para después de esto transformarse en líquido, a lo cual se le llama también condensado.
- Agotamiento** Propiedad que tienen las mieles de un sistema de tres masas cocidas, que implica la posibilidad de recuperar la mayor cantidad de azúcar posible a partir de ellas.
- Albúmina** Compuesto químico con características de amina, que se utiliza para provocar la pérdida de color en una solución azucarada.
- Amortiguada** Solución cuyo pH cambia menos que el agua; al agregársele un ácido o una base, menos que si se le agrega agua pura.

Azúcar Blanco	Azúcar que ha sufrido la pérdida de color al pasar por un proceso de sulfatación por medio de anhídrido sulfuroso. Este azúcar también llamado de consumo directo, es el que se cuece directamente a partir del jugo de caña concentrado.
Azúcar crudo	Azúcar que proviene directamente del proceso normal de formación del azúcar utilizando únicamente como producto químico la cal hidratada, como neutralizador de acidez y de suciedad. Ésta azúcar se utiliza para su posterior trato en una refinería.
Base	Molécula o ión que acepta un protón.
Bagazo	Subproducto final de la caña de azúcar, que es utilizado como fuente de energía para un ingenio azucarero.
Bagacillo	Materia proveniente de la molienda de la caña de azúcar en una estación de molinos, materia de muy pequeñas dimensiones (largo: 3 cm; y 1 mm de diámetro), que se encuentra mezclada con el jugo. Tiene un uso práctico en los filtros al vacío, para poder conseguir una filtración más eficiente, esto dependiendo del tamaño de la partícula.
Báscula	Equipo utilizado para determinar el peso de todo tipo de materia sólida o líquida.
Batch	Palabra del lenguaje inglés que significa lote, se dice de un proceso en el cual una cantidad de materia se introduce en

un recipiente para su procesamiento y posterior descarga, al llegar a su punto de procesamiento ideal. Es el proceso contrario a uno continuo.

Brix Es una unidad de medida que expresa el porcentaje en peso de sólidos disueltos en una solución pura de sacarosa. Es el porcentaje de sólidos totales (azúcares y no azúcares), disueltos en el jugo.

Cachaza Se le llama así a los lodos de fondo obtenidos en el proceso de clarificación constituidos principalmente por sales de fosfato de calcio y magnesio, gomas, cera, cenizas y agua.

Caldera Equipo utilizado para la transformación del agua líquida en vapor a una temperatura y presión determinadas con el fin de aprovecharlo como fuente de calor y energía. Pueden ser acuotubulares o pirotubulares, y pueden utilizar como combustible: derivados del petróleo o bagazo.

Canasto Accesorio de una centrífuga en forma de un tambor perforado que gira en torno de una flecha vertical o eje. El canasto tiene paredes verticales perforadas revestidas hacia el centro, primero con una malla de sostén de alambre de latón y después con una lámina perforada.

Cera Denominación genérica de una serie de productos naturales de origen animal o vegetal constituidos por ácidos grasos de larga cadena, esterificados con

alcoholes. Revestimiento de la caña que precipita en el proceso de clarificación pasando a formar parte de la cachaza

Condensador Equipo utilizado en el cambio de estado del agua de gaseoso a líquido, con el objeto de aprovechar ésta en el proceso después de su posterior enfriamiento. Consta de un cuerpo cilíndrico, unido a una parte cónica que finaliza en un largo tubo con salida a la atmósfera.

Cristalización Proceso que se obtiene cuando una carga de meladura se somete a una evaporación, con posterior sobresaturación y formación de cristales de azúcar que se encontraban disueltos. Este proceso se puede lograr de tres formas diferentes: Por “espera”, que es una concentración progresiva y dependiente del tiempo, por “choque” y por “semilla”, las cuales son cristalizaciones aceleradas.

Cristalizador El cristalizador es un tanque de acero de sección transversal en forma de U, provisto de un agitador que permite tener a una masa cocida en un movimiento lento y continuo.

Decantación Proceso fisicoquímico por medio del cual se logra la separación de dos fases distintas, al lograr que una de ellas se separe al pasar por medio de un precipitado formado en el proceso.

Desfibradora Aparato empleado para la preparación y desintegración de

la caña, con el propósito de facilitar la extracción del jugo en la estación de molinos. Su nombre indica la acción que desarrolla a sea cortar en pequeños pedazos y desfibrar.

Desmenuzadora Máquina constituida por un molino de 2 mazas, cuyas funciones son principalmente: asegurar la alimentación de toda la batería de molinos y preparar la caña, facilitando la toma de ésta por los molinos y la extracción en ellos.

Ebullición Punto final en el que una masa cualquiera líquida logra vencer la resistencia que la mantiene en ese estado al haber obtenido suficiente energía y pasar al estado gaseoso.

Envolvente Parte de una centrífuga que consiste en una envoltura metálica alrededor del canasto, cuya función es recoger las mieles expelidas por la fuerza centrífuga.

Extracción Aquella parte (usualmente porcentaje) de un componente de la caña que es extraída por la molienda.

Flóculo Es la unión de componentes de materia por medio de diferencia de cargas, que toma una densidad más elevada que el líquido que los contiene y tiende a sedimentarse hacia el fondo del recipiente.

Granel Sistema de almacenamiento de materiales sólidos en que no se tiene un orden definido, ni están contenidos en recipientes como bolsas, sacos, contenedores. Este

sistema por lo general aglomera en el piso de grandes bodegas el producto sólido.

Imbibición Aplicación de agua a contracorriente con respecto a el movimiento del bagazo de caña en el último molino de una estación de molinos, para que por medio de ésta se logre la dilución de la sacarosa restante en el bagazo y reducir el valor de pol de éste al valor mínimo posible.

Jarabe Se conoce con este nombre al jugo concentrado proveniente del último efecto de los evaporadores, que luego pasa a su proceso de cristalización. Comúnmente se le conoce como meladura en los países de habla hispana.

Jugo Mezcla de una sola fase que contiene agua, sólidos disueltos y sólidos en suspensión.

Lechada de cal Es la unión de la cal hidratada y el agua, siendo estas dos inmiscibles entre si, que sirve para tener un medio de transporte para el óxido de calcio que colabora con la disminución del pH del jugo crudo de la caña. A pesar del color blanco de la lechada, la cal no está disuelta.

Licor madre Se llama así, a la miel que es extraída en las centrífugas, por la acción de la fuerza centrífuga que allí se ejerce y luego pasa a los tachos como alimentación para la formación de una nueva masa cocida.

Maceración Proceso de molienda por medio del cual todo el jugo

extraído en cada uno de los molinos de un tándem (juego compuesto de 5 ó 6 molinos), es agregado al bagazo del molino anterior, con el fin de lograr una mejor extracción y lavado. La maceración en el último molino la produce el agua de imbibición.

Magma Mezcla de grano y agua (algunas veces jugo), que se utiliza para iniciar las templeas (pie de templa).

Masa cocida Producto formado a partir de la evaporación y cristalización al vacío en un tacho convencional de una mezcla de grano cristalizado y su miel madre. Esta masa cocida se descarga después a una centrífuga para lograr la separación de mieles y azúcares.

Mazas Rodillos de hierro fundido, con ranuras formando dientes, que son utilizados en los molinos para comprimir la caña de azúcar y extraer el jugo a partir de sus fibras.

Meladura Producto final de la concentración del jugo de caña en el sistema de efectos de evaporación de un ingenio. Dicho producto se extrae del cuarto efecto a un brix de 60 aproximadamente y es la alimentación principal para la formación de cristales de azúcar en los tachos.

Mezclador Sistema mecánico consistente en un recipiente en forma de U o cilíndrico, con un sistema de gusano sin fin o simplemente un sistema de aspas. El objetivo de este aparato es lograr una homogenización de una mezcla,

principalmente líquida.

- Miel** Producto que se obtiene cuando las masas cocidas se procesan en una máquina centrífuga, separándose de los cristales. Se designa con una letra dependiendo de la masa cocida de la que provenga, y cuando no se puede extraer más azúcar, se denomina miel final o miel residual.
- Molino** Sistema de mazas utilizadas para crear presión sobre un colchón de caña de azúcar, cuyo propósito es el de extraerle el jugo conductor de sacarosa. Un molino puede constar de tres o cuatro mazas según propósito y diseño.
- pH** Expresión utilizada para definir el carácter ácido de una solución acuosa. Su valor es un número real proveniente de la siguiente expresión matemática: $\text{pH} = -\log \{H^+\}$ que se lee como “ el pH de una solución es igual al logaritmo negativo de la concentración de iones hidrógeno”.
- Pol** Es el valor obtenido por la polarización directa o sencilla del peso normal de una solución en un sacarímetro.
- Purga** Acción consistente en lograr la separación de dos sustancias con distinta densidad en un aparato determinado y luego de esto descargar a tanques o depósitos de almacenamiento. También se conoce con este nombre a la acción de eliminar residuos o excedentes de un proceso.

Rendimiento	Relación matemática que determina cuantas libras de azúcar se obtienen por cada tonelada de caña quemada y cortada. En el ingenio se determina al pesar los quintales de azúcar producida, transformándola a libras al multiplicar por cien y dividir este resultado entre las toneladas de caña ingresadas y pesadas en una báscula.
Sacarosa	Compuesto químico orgánico de fórmula $C_{12}H_{22}O_{11}$, también denominado comúnmente como azúcar y provenientes al grupo de compuestos llamados carbohidratos.
Saturación	Punto físico-químico en el que un sólido deja de ser soluble en agua, creando las dos fases componentes originalmente o sea cristales y agua líquida.
Semilla	Se llama así a la mezcla de jugo o agua con el grano fino de azúcar que se obtiene de la centrifugación de las masas cocidas B y C y que se usa como pie de templa para la elaboración de una masa cocida en un tacho. También se le llama así a una mezcla de azúcar pulverizada y alcohol isopropílico anhidro, que se prepara para servir de iniciador en los procesos de cristalización.
Soluble	Dícese de la propiedad de los materiales sólidos, líquidos y gaseosos de disolverse en otros materiales en los mismos estados con el fin de formar una sola fase.
Tacho	Aparato consistente en una calandria con entradas de

vapor y un cuerpo que aloja a las masas cocidas formadas a partir de la meladura. Se conoce también como evaporador-cristalizador pues su función es llevar un jarabe azucarado a una mayor concentración de sólidos evaporando el agua y por sobresaturación lograr la formación de cristales de azúcar.

Templa Se conoce con este nombre a la carga completa de masa cocida dentro de un tacho.

Timer Dispositivo mecánico-eléctrico utilizado en la conexión y desconexión automática de dispositivos eléctricos más grandes en un tiempo determinado, según el operador.

Turbina de vapor Dispositivo mecánico utilizado en la transformación de la energía cinética propia de un vapor a alta presión a energía mecánica aprovechable en movimientos de los molinos del ingenio.

Vacío Condición dada en la cual un recipiente cerrado, se ve sometido a un proceso de evacuación de gases y aire con el fin de disminuir su presión interna y reducirla a un valor menor al de la presión atmosférica que rodea a dicho recipiente. Ésto se hace con el objeto de disminuir las temperaturas de ebullición para mezclas líquidas azucaradas.

Vapor Agua en estado gaseoso con una temperatura y presión determinadas, proveniente de la ebullición y vencimiento

de la presión de vapor que mantiene las gotas de agua líquida, unidas entre sí. El vapor de agua puede tener varias características y nombres dependiendo la parte del ingenio donde se produce y donde se utiliza o transforma en otro tipo de vapor.

Vasos

Se llama así a cada uno de los aparatos utilizados para la evaporación del agua excedente del jugo de caña con el fin de transformarlo en un producto concentrado llamado meladura. Su capacidad depende de la superficie calórica disponible para la transformación del agua líquida a agua en forma de vapor.

Viscosidad

Se llama así a la fuerza que tienen todos los líquidos de oponerse a fluir. Su unidad de medida son los Poises.

RESUMEN

La industria azucarera ha estado sujeta a constantes modificaciones en sus procesos con el propósito de hacerlo más eficiente, pero al mismo tiempo con un fuerte compromiso con el medio ambiente.

En el presente trabajo de investigación, se desarrolla un estudio para poder analizar la sustitución del Subacetato de Plomo, como agente clarificante en los análisis efectuados en un laboratorio azucarero, por otro producto que no contenga Plomo conocido comercialmente como OCTAPOL.

Como procedimiento metodológico, se realizaron revisiones bibliográficas, muestreos de campo y análisis de calidad de los diferentes productos que se derivan de la extracción de azúcar de la caña.

En el laboratorio de Control de Calidad se viene efectuando desde el año 2005 análisis de brix, pol y pureza de materiales derivados de la extracción de azúcar de la caña tales como: Jugos (primario, mezclado, residual, filtrado y claro), Meladura, Masas (A, B y C), Mieles (A, B y C), Magmas (B y C), Mezcla. Semilla, Bagazo, Cachaza y Azúcar. Utilizando subacetato y octapol como agente clarificante y con ello obtener 25 corridas de cada material.

Con los datos obtenidos, se tabularon y se aplicó un resumen estadístico que son: promedio, desviación estándar, varianza y mediana.

Además se aplica a los datos obtenidos dos análisis estadísticos para verificar la hipótesis nula: a) Prueba "t" para medias de dos muestras

emparejadas y b) Prueba “F” de análisis de varianza de clasificación simple. Ambos aplicados en la clarificación de una muestra de cada producto derivado de la extracción de azúcar de la caña.

De los resultados obtenidos, se concluye que analizando cada producto clarificado con subacetato de Plomo o con Octapol, no presenta diferencia significativa aplicando tanto la prueba “t” como la “F”, para un nivel de confianza del 95% y 99% en las propiedades de Brix, pol y pureza. Por lo tanto puede ser reemplazado el subacetato de plomo por el Octapol.

OBJETIVOS

- **General:**

Evaluar la sustitución del subacetato de plomo por otro agente clarificante que no contiene plomo en los análisis de pol y pureza.

- **Específicos:**

1. Evaluar la sustitución del subacetato de plomo por un agente clarificante comercialmente llamado Octapol, no afecta la pol de los productos derivados en la fabricación de azúcar.
2. Evaluar la sustitución del subacetato de plomo por un agente clarificante comercialmente llamado Octapol, no afecta la pureza de los productos derivados en la fabricación de azúcar.

HIPÓTESIS GENERAL

En la clarificación de una muestra para análisis de pol en el laboratorio de un Central Azucarero, es factible sustituir el subacetato de plomo por otro material que no contenga plomo y no varía significativamente las propiedades de pol y pureza.

HIPÓTESIS ESTADÍSTICA:

Hipótesis nula: Ho

El uso de un agente clarificante sin contenido de plomo comercialmente llamado Octapol, por el subacetato de plomo, no varia significativamente las propiedades de pol y pureza en cada uno de los productos derivados de la fabricación de caña de azúcar.

Hipótesis alternativa: H1

El uso de un agente clarificante sin contenido de plomo comercialmente llamado Octapol, por el subacetato de plomo, varia significativamente las propiedades de pol y pureza en cada uno de los productos derivados de la fabricación de caña de azúcar.

INTRODUCCIÓN

La industria azucarera mundial ha utilizado convencionalmente el subacetato de plomo como reactivo único para la preparación de las muestras de análisis del proceso de fabricación de azúcares y mieles.

Sin embargo, esta sustancia es tóxica para los seres humanos; se deposita especialmente en el tejido óseo desplazando el calcio y el hierro y su concentración en el organismo afecta el sistema nervioso central causando enfermedades como el saturnismo, intoxicación producida por exceso de plomo en el organismo.

Aunado a este problema el daño que causa al ambiente, la contaminación de plomo que en gran parte se desecha en los efluentes del ingenio y principalmente si el Ingenio requiere certificarse bajo las normas ISO 14001. Certificación de administración ambiental y aplicable a las actividades de cultivo de caña y fabricación de azúcares y mieles de caña y otros derivados.

El objetivo de este trabajo de graduación, es evaluar un clarificante cuyo nombre comercial es Octapol y que no contiene plomo, y sustituir por completo el subacetato de plomo utilizado en los análisis efectuados en el laboratorio para todas las líneas de productos. Incluyendo líquidos de molienda, líquidos clarificados y filtrados, bagazo, torta de filtrado, meladura, masa A B y C, Melazas y azúcar cruda.

Se tomarán muestras de los diferentes productos que intervienen en la fabricación de azúcar cruda y que requieran de agente clarificante, se tabulan los datos para obtener un resumen estadístico y luego aplicar dos métodos: a) Prueba “t” para medias de dos muestras emparejadas y b) Prueba “F” de análisis de varianza de clasificación simple, para la validación de la Hipótesis General: “En la clarificación de una muestra para análisis de pol en el laboratorio de un Central Azucarero, es factible sustituir el subacetato de plomo por otro material que no contenga plomo y no varía significativamente las propiedades de pol y pureza.

ANTECEDENTES

En el Ingenio La Cabaña (Colombia), el departamento de calidad de conformidad comenzó en 1995 una serie de ensayos con el fin de establecer en los análisis de rutina el uso de sustancias distintas del subacetato de plomo, ambientalmente sanas. De acuerdo con los resultados, hacia finales de 1997 se comenzaron a utilizar las mezclas de tricloruro de aluminio/óxido de calcio y sulfato de aluminio/óxido de calcio para la clarificación de materiales del proceso, eliminando completamente el subacetato de plomo como reactivo en los análisis de jugos, mieles y masas. La iniciativa para la experimentación se basó en las experiencias de algunos ingenios azucareros de Brasil y en las evaluaciones realizadas por CENICAÑA utilizando la mezcla de tricloruro de aluminio/hidróxido de calcio con el mismo fin.

OCTAPOLTM es un nuevo reactivo químico sin plomo desarrollado por Baddley Chemicals Inc. para la clarificación de materiales que contienen sucrosa con anticipación al análisis polarimétrico. Pruebas de campo se llevaron a cabo en ingenios azucareros en varios países (EUA, Brasil y Colombia) durante 1998, dando resultados bastante alentadores en lo concerniente a jugos.

La ventaja que tiene el Octapol con respecto a usados en el Ingenio la Cabaña, es que no utiliza ayuda filtrante y que la remoción de color es más efectiva con Octapoltm.

JUSTIFICACIONES

El subacetato de plomo ha trabajado en la Industria azucarera por más de cien años. Técnicamente hablando, subacetato de plomo es un clarificador excelente para la industria azucarera.

Sin embargo, debido a los peligros que representa para la salud de los técnicos azucareros quienes respiran el polvo de plomo día tras día y año tras año importa en la salud y en el ambiente, muchos ingenios azucareros (En Guatemala Ingenio los Tarros, El Pilar, San Diego y Trinidad)) han tomado la decisión de cambiar a un clarificador sin plomo.

El plomo es uno de los metales tóxicos más peligrosos debido a que el veneno es acumulativo, y sus efectos tóxicos son muchos y severos. Ingerir una pequeña cantidad de un químico con plomo del tamaño de la uña de una persona puede matar. Nauseas y vómitos son seguidos por convulsiones, coma y finalmente la muerte.

Hasta en pequeñas cantidades, el plomo puede causar mucho problema. El tejido suave del cuerpo toma de cuatro a seis semanas para deshacerse del metal después de que ha sido ingerido. Puede hasta tomar 30 años para que el plomo salga de los huesos.

El plomo puede dañar el cerebro, hígado, y riñones, Los síntomas de envenenamiento por plomo son muchos y muy variados. El Plomo interfiere con la producción de células rojas en la sangre, produciendo anemia. El plomo

deshace la capa de mielina de los nervios, causando debilidad en las manos y en los pies.

Existe un examen médico para determinar si ha sido expuesto al plomo. Puede medirse la cantidad de plomo en la sangre. La cantidad de plomo en la sangre se mide en microgramos por decilitro (mcg/dl). El nivel permisible de plomo en la sangre que no causa efecto en la salud es considerado menor de 10 mcg/dl.

Es por estos motivos que es necesario buscar un agente clarificante que no contenga plomo y que sea de utilidad sin variación significativa de los resultados esperados en todas las líneas de productos en la fabricación de azúcar.

Beneficio Económico:

El beneficio económico de utilizar Octapol o Subacetato, tiene dos aristas, la primera se refiere al costo por kg y los gramos por muestra, siendo más económico el Subacetato en un 25% aproximadamente,

Sin embargo, para utilizar este último, deben disponerse los residuos de manera que no se contamine el medio ambiente, y debe utilizarse con medidas de protección para evitar que el usuario se envenene, tomando en cuenta que el plomo se deposita en el organismo sin posibilidad de eliminarlo, hasta llegar a niveles de intoxicación y envenenamiento.

Por lo tanto, si se cuantifican y toman en cuenta los riesgos de contaminación y los costos de eliminar adecuadamente los residuos de plomo,

puede resultar mucho más caro el uso del subacetato por el Medio Ambiente y la Salud.

1. GENERALIDADES DEL PLOMO

1.1 Generalidades

El plomo se presenta en forma natural en todas las rocas, en los suelos y en las tierras y, en una proporción que, normalmente, varía entre 2 y 200 ppm. El plomo existente en la corteza terrestre se estima que asciende a un total del orden de $3,1 \times 10^{14}$ toneladas. Algunos suelos presentan una concentración de plomo relativamente elevada debido a que las rocas subyacentes son ricas en dicho metal. El contenido de plomo en las aguas es en general bajo; pero el aire contiene más plomo que es arrastrado en forma pulverulenta o como vapor y cuyo origen hay que buscarlo en los volcanes o huracanes. En cualquier caso, estas emisiones de origen natural son pequeñas comparadas con las que tienen su origen en la actividad humana.

1.2 Estructura

Elemento químico, Pb, número atómico 82 y peso atómico 207.19. El plomo es un metal pesado (densidad relativa, o gravedad específica, de 11.4 a 16°C (61°F)), de color azulado, que se empaña para adquirir un color gris mate. Es flexible, inelástico, se funde con facilidad, se funde a 327.4°C (621.3°F) y hierve a 1725°C (3164°F). Las valencias químicas normales son 2 y 4. Es relativamente resistente al ataque de los ácidos sulfúrico y clorhídrico. Pero se disuelve con lentitud en ácido nítrico. El plomo es anfótero, ya que forma sales de plomo de los ácidos, así como sales metálicas del ácido plúmbico. El plomo forma muchas sales, óxidos y compuestos organometálicos.

Tabla I. Propiedades del plomo

Nombre	Plomo
Número atómico	82
Valencia	2,4
Estado de oxidación	+2
Electronegatividad	1,9
Radio covalente (Å)	1,47
Radio iónico (Å)	1,20
Radio atómico (Å)	1,75
Configuración electrónica	[Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ²
Primer potencial de ionización (eV)	7,46
Masa atómica (g/mol)	207,19
Densidad (g/ml)	11,4
Punto de ebullición (°C)	1725
Punto de fusión (°C)	327,4
Descubridor	Los antiguos

1.3 Producción de plomo

El plomo es uno de los metales más abundantes en la naturaleza, se obtiene principalmente a partir de la galena (sulfuro de plomo). De color azul-grisáceo, funde a 327 grados centígrados y cuando se calienta por encima de los 550-560 grados centígrados, emite vapores muy tóxicos que, en contacto con el aire, se transforma en óxido de plomo. Su punto de ebullición se sitúa a 1.525 grados centígrados.

Los principales compuestos de plomo utilizados en la industria son óxidos (minio, litargirio, masicot), carbonatos (cerusa), sulfuros, cloruro, cromatos, (amarillo de cromo), arseniato y acetato. Los compuestos orgánicos más empleados son el naftenato, estearato, plomo Tetraetilo y plomo Tetrametilo.

1.4 Propiedades del plomo

El plomo es uno de los recursos más valiosos que se encuentra de forma natural en la corteza terrestre, siendo objeto de explotación minera y de beneficio en más de 60 países. Su empleo ha venido creciendo de forma continuada, habiendo aumentado desde 0,8 m a principios del Siglo XX, hasta 6,5 m al comenzar el XXI. De esta producción, aproximadamente 2 m corresponden a Europa. Es interesante resaltar que el plomo secundario o reciclado, supone ahora en el mundo casi el 60 % de la producción total.

El plomo ofrece, entre otras ventajas, la de tener un punto de fusión bajo y una maleabilidad extremada que permite su fácil moldeo, conformado, laminado y soldado. Además, el plomo presenta una muy alta resistencia a la corrosión, siendo numerosos los ejemplos de productos de plomo que han perdurado a través de siglos.

Comparado con otros metales, el plomo tiene poca resistencia mecánica, a lo que se une su tendencia a fluir y su poca capacidad frente a la fatiga, propiedades que le hacen poco adecuado para usos que exijan esfuerzo mecánico. (En realidad, las características mencionadas son propias de algunos plásticos), por lo que raramente se utiliza el plomo puro, siendo mucho más frecuente su empleo con la adición de pequeñas cantidades de material aleante que mejoran sus características mecánicas. Cuando se trata de conseguir un material de gran resistencia puede acudir al acero con recubrimiento de plomo.

El plomo es relativamente abundante y sus concentrados pueden obtenerse fácilmente a partir del mineral bruto, dando origen al plomo metal con un consumo energético relativamente modesto.

Todo ello se traduce en un precio del plomo bajo en comparación con el de otros metales no férreos. El plomo puede reciclarse, obteniéndose plomo secundario, a partir de baterías desechadas, de chatarras y residuos plomíferos y de otros productos o residuos que contengan plomo, así como de procesos productivos de otros metales tales como acero, cobre o zinc.

Sin embargo, se sabe desde tiempos remotos, que la exposición al plomo puede tener consecuencias adversas para la salud. Hay constancia de enfermedades relacionadas con el plomo en la antigua Roma, consecuencia del envenenamiento con el metal, especialmente entre las clases acomodadas. Hasta época bien reciente, muchos trabajadores expuestos al plomo sufrían efectos negativos para su salud.

Actualmente hay constancia de que la exposición al plomo es nociva para algunas partes del organismo, siendo las más afectadas (potencialmente) el cerebro y el sistema nervioso, los riñones, la sangre y el sistema reproductor de ambos sexos. En determinadas formas, se considera que el plomo pudiera ser cancerígeno y existe algo de preocupación por su influencia negativa sobre el desarrollo del feto y de la capacidad mental de los niños pequeños, que podrían sufrir alteraciones en su coeficiente intelectual. Ahora bien, estos síntomas clínicos sólo se encuentran en individuos expuestos muy intensamente al plomo.

1.5 Aplicaciones del plomo

El plomo se ha utilizado durante muchos siglos en fontanería y conducciones de agua, en protección y techado de edificios, en drenajes de cocina y doméstico y en objetos ornamentales. Su elevada densidad le hace muy indicado para anclas, contrapesos y munición, así como pantalla protectora

contra radiaciones diversas y protección acústica. Las propiedades electroquímicas del plomo se utilizan ampliamente para sistemas de almacenamiento de energía eléctrica por medio de la batería plomoácido, ampliamente utilizada en vehículos automóviles, en sistemas estacionarios de comunicaciones, en medicina y, en general, donde es necesario asegurar la continuidad de los servicios y sistemas. Algunos compuestos de plomo, particularmente los óxidos brillantemente coloreados, se han utilizado durante muchísimo tiempo, en pinturas y pigmentos, en vidrios y en barnices para la cerámica.

Los usos finales del plomo, es decir, su aplicación práctica, han variado de forma drástica en lo que va de siglo. Usos clásicos, como la fontanería, la plancha para industrias químicas y para la construcción, las pinturas y los pigmentos, los cables eléctricos, etc., han retrocedido de forma sensible. En la gasolina la utilización del plomo tiende a desaparecer, obedeciendo a exigencias legales.

La realidad es que hay usos muy especiales del plomo, que le hacen indispensable o difícilmente sustituible son, entre otros:

- Baterías para automoción, tracción, industriales, aplicaciones militares, servicios continuos y de seguridad, energía solar, etc
- Protección contra radiaciones de todo tipo
- Vidrios especiales, para aplicaciones técnicas o artísticas; o Protección contra la humedad, cubiertas y techumbres
- Soldadura, revestimientos, protección de superficies, etc.

1.6 Fuentes de riesgo

Las condiciones de dureza y maleabilidad del plomo han determinado un aumento progresivo en su utilización industrial. Las fuentes tradicionales de riesgo son: minería, fundición, metalizado de plomo, temple de acero, en baño de plomo, acumuladores, industria del automóvil, y astilleros, soldadura autógena del plomo y soldadura de estaño, industria química, fabricación de municiones, pinturas, esmaltes, tintes, lacas, barnices, cerámica, aceites pesados, insecticidas.

Otros riesgos de más reciente aparición son los derivados de la protección contra las radiaciones ionizantes, mediante el plomo, el mantenimiento de túneles, en carreteras, en autopistas y el uso de estearatos del plomo, en la industria plástica para conferir mayor dureza y elasticidad.

1.7 Efecto del plomo al ambiente

Las partículas de plomo se emiten al aire a partir de las distintas fuentes y se depositan en el polvo, el suelo, el agua y los alimentos. El plomo se libera al aire desde los volcanes activos y por actividades humanas como el humo del cigarrillo, de modo que las personas que fuman tabaco o que respiran el humo del tabaco podrían estar expuestas a más plomo que aquellas personas no expuestas al humo del cigarrillo.

Los alimentos y las bebidas pueden contener plomo, si el polvo que contiene plomo llega a las cosechas durante su crecimiento, sobre todo cuando se utilizan fertilizantes que contienen fangos. Las plantas pueden recoger el plomo del suelo, como el que podría encontrarse en un sitio de desechos peligrosos o cerca de áreas con un elevado tránsito automotriz.

La fabricación casera o reciclaje de baterías, la imprenta, alfarería con la producción de cerámica vidriada, para cocinar y almacenar alimentos son fuentes altamente contaminantes de plomo.

La combustión de gasolina, que contiene tetraetilo de plomo como antidetonante, ha incorporado plomo a la atmósfera; aunque en la actualidad proviene menos de la gasolina ya que se han tomado medidas enérgicas para reducir la cantidad de plomo que puede usarse en la gasolina.

Otras fuentes de liberación del aire pueden incluir emisiones de la producción de hierro y acero, operaciones de fundición.

Las fuentes principales del plomo liberadas al agua son las tuberías y accesorios de plomo, y la soldadura en las casas, escuelas y edificios públicos, el polvo y suelo que contienen plomo transportados al agua por las lluvias y los vientos, y el agua residual de las industrias que utilizan el plomo.

1.8 Efectos del plomo en la salud

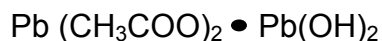
El plomo puede entrar a su cuerpo al respirar el aire con polvo que contiene plomo o partículas de plomo. Casi todo el plomo de los pulmones entra a la sangre y se mueve a otras partes del cuerpo. Los niños ingresan plomo a su organismo a través del tracto gastrointestinal, cuando ingieren comida o tierra que contiene plomo, esto es debido a la costumbre que tienen de llevar constantemente la mano u otros objetos a la boca. Y en los sitios que se encuentran altamente contaminados con plomo, mucho mayor cantidad de plomo entra por esta vía a la sangre y se mueve a otras partes del cuerpo.

En los períodos de ayuno prolongado, y cuando los niños tienen deficiencia de hierro, proteínas, calcio o zinc, se absorbe con mayor facilidad el plomo. Sin importar cómo entra el plomo al cuerpo, la mayor parte se almacena en los huesos. El plomo que no está almacenado en el cuerpo se elimina en la orina y las heces. Los efectos del plomo, una vez que está en el cuerpo, son los mismos independientemente de cómo entra al cuerpo. Los niños son más susceptibles que los adultos, se ha documentado la presencia de retraso en el desarrollo, problemas de aprendizaje, trastornos en la conducta, alteraciones del lenguaje y de la capacidad auditiva, anemia, vómito y dolor abdominal recurrente.

Existe un examen médico para determinar si ha sido expuesto al plomo, puede medirse la cantidad de plomo en la sangre y se mide en microgramos por decilitro (mcg/dl). El nivel permisible de plomo que no causa efecto en la salud es considerado menor de 10 mcg/dl.

1.9 Subacetato de plomo

1.9.1 Fórmula:



1.9.2 Peso molecular:

566.3

1.9.3 Nombre de los componentes:

100% compuestos de plomo

1.10 Octapol

1.10.1 Descripción:

Es un producto químico en polvo, cuya densidad es de 0.8 a 1.2 gr/cc, con una solubilidad en agua de 0.5 gr/ml a 25 °C.

Se recomienda su uso como clarificante o floculante en muestras de agua y productos contaminados con sustancias solubles, teniendo una acción que le permite en pocos segundos obtener una muestra clara para posteriores análisis.

1.10.2 Contenido:

Calcio	0 a 20%
Sílice	10 a 30%
Oxígeno	30 a 50%
Metales pesados	menos de 10 ppm*

*Nota: Metales tales como: Arsénico, Cadmio, Cobre, Cromo, Níquel, Zinc)

2. LA POLARIMETRÍA EN EL ANÁLISIS AZUCARERO

2.1 Luz polarizada

La luz ordinaria, como la del sol o la de una lámpara incandescente, es una onda electromagnética cuyo vector eléctrico oscila en todas las direcciones en ángulo recto a la dirección de propagación. Por lo tanto, un rayo de luz ordinaria está compuesto de vibraciones que se propagan en un número infinito de planos. Por medio de varios dispositivos ópticos es posible lograr que un rayo de luz vibre sólo en un plano. Tal luz se dice que está polarizada o más específicamente polarizada en un plano al que se le llama plano de polarización.

Muchas sustancias, incluyendo las soluciones de sacarosa y otros azúcares, tienen la propiedad de hacer girar el plano de polarización. El ángulo de rotación del plano de polarización puede ser medido con instrumentos ópticos adecuados, y el análisis de azúcares por métodos ópticos emplea la medición de este ángulo de rotación.

Puesto que la sacarosa hace girar el plano de polarización en el sentido de las manecillas del reloj, se le denomina un azúcar dextrarrotatorio o dextrógiro

2.2. Los principios de la sacarimetría

Cuando un rayo de luz polarizada pasa a través de una solución de cualquier azúcar, la rotación varía con la concentración de la solución, la longitud de la

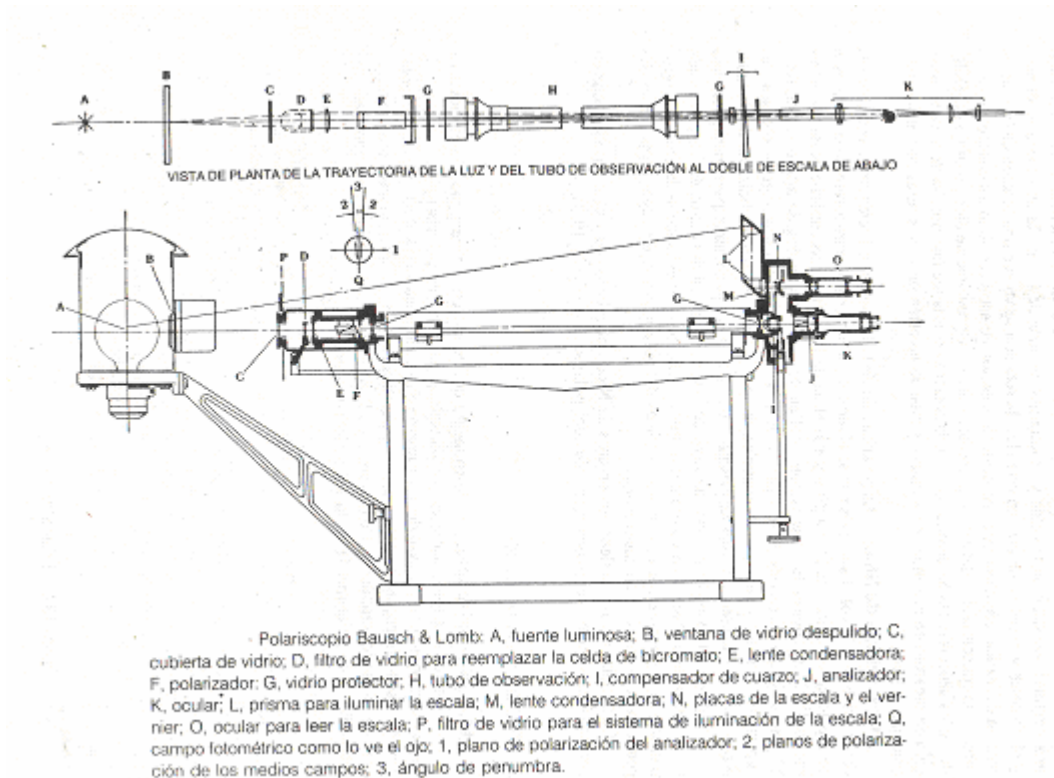
celda, la longitud de onda de la luz y la temperatura. Si se tiene una longitud constante de la celda y la longitud de onda de la luz, la temperatura, el peso y el volumen y la fuente de luz son estándar, la rotación se vuelve una función de la concentración del azúcar en la muestra. Al medir la rotación en estas condiciones constantes se determina la concentración del azúcar presente, sujeto a lo previamente dicho sobre las mezclas de varios azúcares. Dicho de otra manera, la rotación es una medida precisa de la concentración de sacarosa en una muestra, siempre y cuando no estén presentes otras sustancias óptimamente activas.

2.3 Tipos de sacarímetros

2.3.1 Polariscopio

Fueron los primeros en utilizar, pero presentaban mayor porcentaje de error debido a que el ajuste era visual, manual, compensación con cuña de cuarzo, luz blanca. Actualmente ya no se utilizan.

Figura 1. Polariscopio



2.3.2 Sacarímetros fotoeléctricos

El principio usado por todos los polarímetros fotoeléctricos implica un elemento adicional entre el polarizador y el analizador que oscila periódicamente a través del plano de polarización. La intensidad de la luz en el analizador se mide con una celda fotoeléctrica y presenta dos picos de intensidad a medida que el plano oscila a cada plano. Un elemento frecuentemente usado en los polarímetros es la celda de Faraday, que utiliza la propiedad del vidrio (y de muchas otras sustancias) de volverse óptimamente activos en un campo magnético.

Mediante un detector fotoeléctrico, la medición óptica del contenido de azúcar puede operarse automáticamente sin necesidad de hacer coincidir un campo dividido por medio de los ojos. Los resultados obtenidos por medios fotoeléctricos son más exactos y más confiables y también ahorran tiempo.

La Colonial sugar Refining Company de Australia en 1960 inició sus investigaciones sobre la automatización del análisis del jugo de caña y determinó una serie de especificaciones para los polarímetros automáticos. Diferentes fabricantes desarrollaron varios tipos de instrumentos para tratar de llenar los requisitos de la Australian Standard K157 (Norma Australiana K157), publicada en 1965 y revisada en 1968.

Figura 2. Autopol II s de Rudolph



Este tipo de sacarímetro automático, tiene la ventaja de que los errores humanos en el ajuste de los campos y la lectura de la escala se evitan totalmente. Más aún, el instrumento puede medir muestras separadas sucesivas así como muestras continuas de manera automática. Asimismo, los

últimos modelos de instrumentos automáticos pueden conectarse a una impresora digital y otros accesorios de registro analógico e incluso de control de un proceso.

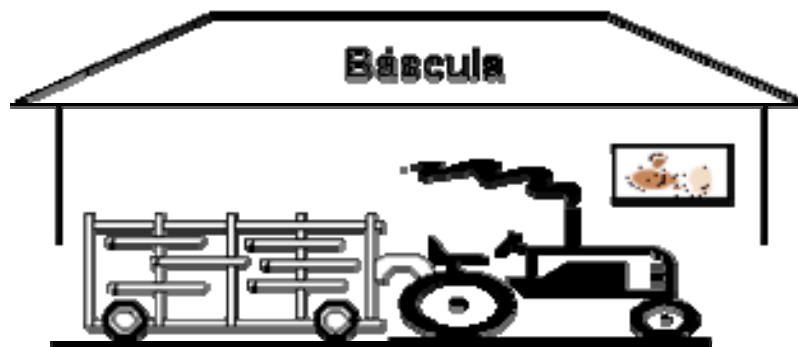
3. PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DEL AZUCAR CRUDA

Los diferentes pasos que se dan para la obtención de azúcar granular, a partir de la caña de azúcar se describe a continuación.

3.1 Pesaje de la caña

La caña se pesa por lo general, en grandes básculas de plataforma junto con la unidad de transporte (camiones, remolques y carretas). Dependiendo del tipo de transporte, la caña puede ser transportada a granel, maletada y trameada.

Figura 3. Báscula

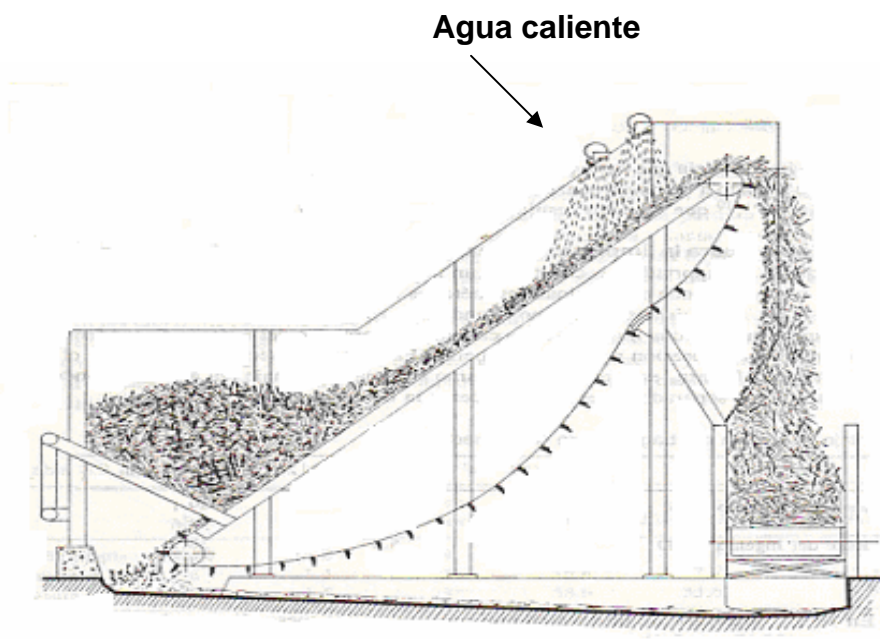


3.2 Lavado de la caña

Debido a la mecanización del corte y alce de la caña en los campos, la cantidad de materia extraña e impurezas indeseables ha aumentado, por lo que

se ha hecho necesario el lavado de la misma para eliminarlas, siendo las que en mayor cantidad se encuentran: tierra y arena. El agua que se utiliza para este lavado, proviene de la cola de los condensadores de los tachos y evaporadores.

Figura 4. Mesa de caña



3.3 Preparación de la caña

Antes de ingresar la caña a la etapa de molienda, se somete a un proceso de preparación, que tiene como finalidad abrir la fibra para facilitar la extracción de la sacarosa. Existen diversas maneras de lograrlo, entre las más comunes están:

3.3.1 Mediante cuchillas giratorias

Que cortan la caña en trozos pero no extraen el jugo.

3.3.2 Desfibriladoras

Que reducen la caña a tiras, sin extraer el jugo.

3.3.3 Desmenuzadoras

Que quiebran y aplastan la caña y extraen el jugo.

Figura 5. Desfibradora

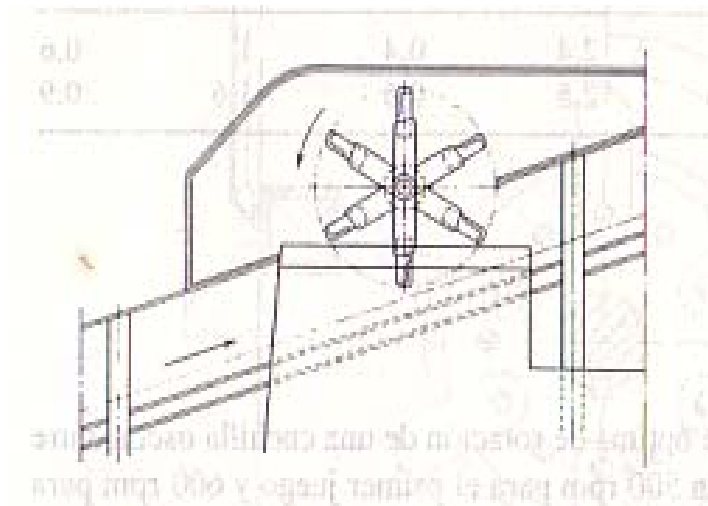
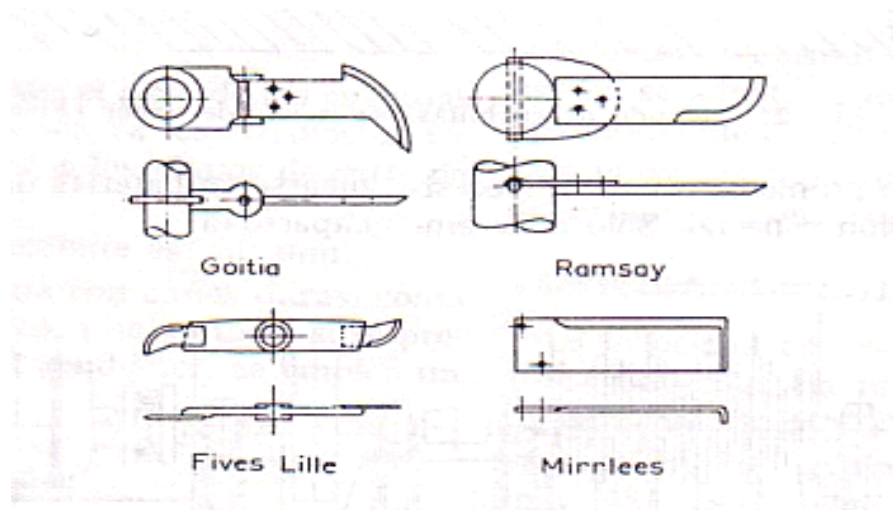


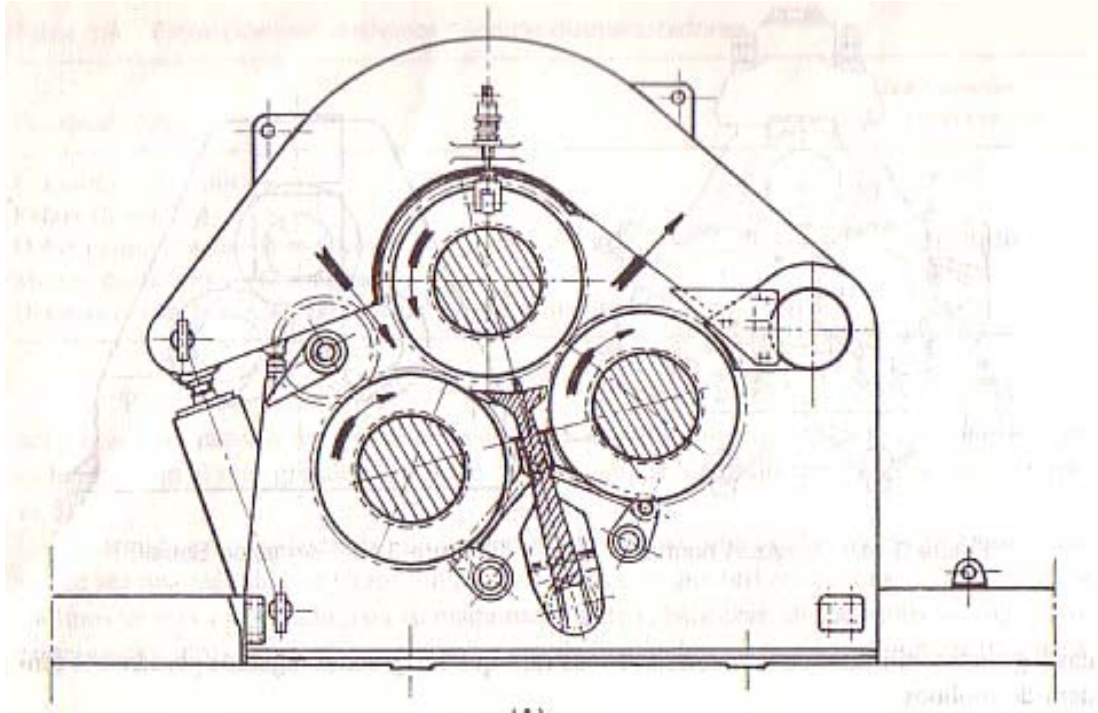
Figura 6. Cuchillas giratorias



3.4 Molienda

La combinación clásica de tres rodillos o mazas dispuestos en forma triangular, es una unidad estándar de molienda. Se utilizan de tres a siete juegos de dichas unidades, llamadas respectivamente molinos. Los rodillos tienen de 24 a 36 pulgadas de diámetro y de 48 pulgadas de largo, aunque puede haber más grandes. Cada unidad es movida por una unidad motriz individual que puede ser una máquina de vapor, motor eléctrico, o una turbina de vapor.

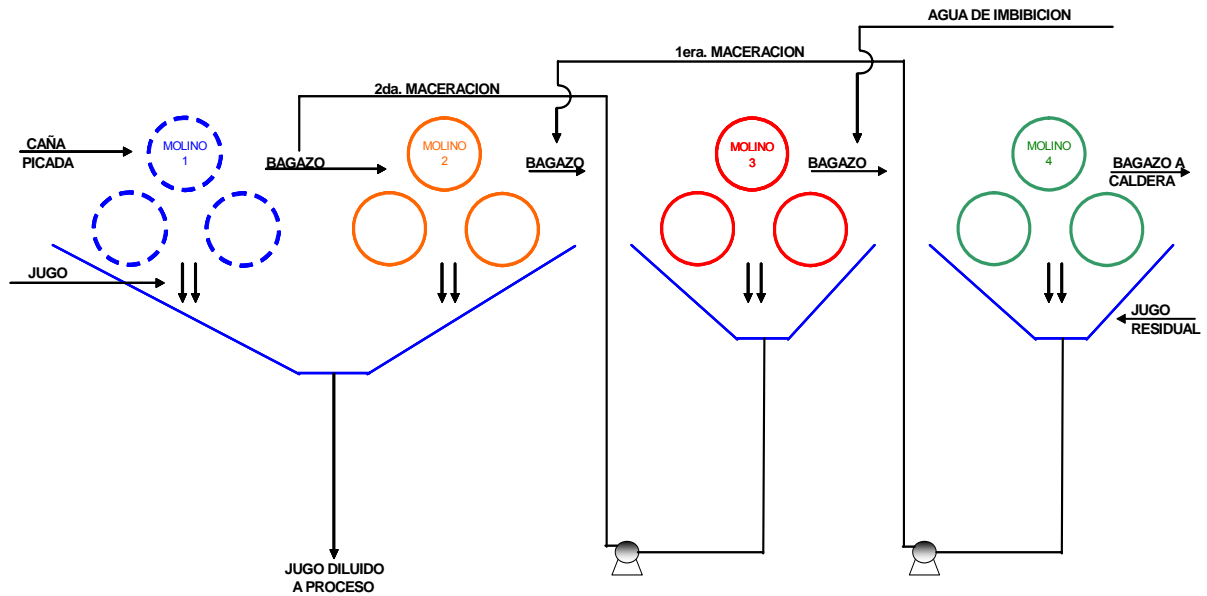
Figura 7. Molino de tres rodillos



3.5 Extracción del jugo

Con el equipo que se describió anteriormente se le extrae el jugo a la caña, la extracción, consiste en hacer pasar el colchón de caña ya preparado a través de los molinos, extrayéndole la mayor cantidad de sacarosa posible. Al bagazo que sale de cada molino se le añade agua o jugo, para aumentar la extracción. Este uso del agua se conoce como maceración o imbibición. La maceración y la imbibición puede compararse con enjuagar y exprimir repetidas veces la caña.

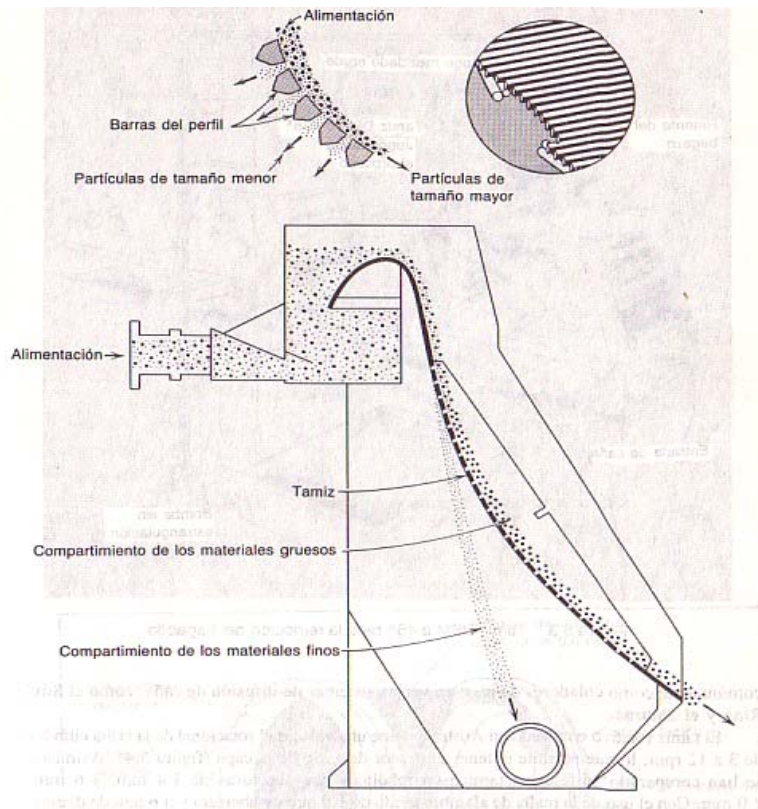
Figura 8. Estación de cuatro molinos



3.6 Colado del jugo

El jugo proveniente de los molinos contiene partículas finas de bagazo (bagacillo), y de tierra que tienen que eliminarse, antes de que el jugo pase al proceso de fabricación. El tipo de colador más común es el de tamices estacionarios, cuya superficie se mantiene limpia mediante el uso de raspadores, también hay coladores rotativos o DSM. Los coladores están siendo sustituidos por el uso de bombas inatascables.

Figura 9. Colador DSM



3.7 Bagazo

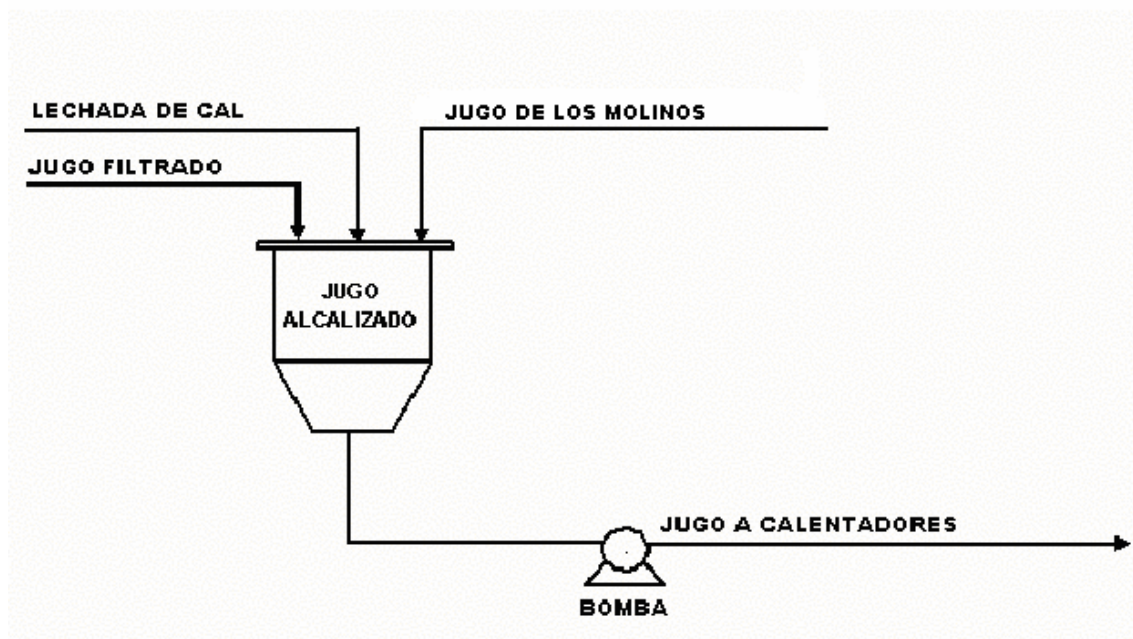
Es un subproducto o residuo de la molienda y se utiliza como combustible en las calderas para la generación de vapor, debiendo llenar requisitos de humedad que hagan posible poder quemarlo

3.8 Alcalizado

El jugo proveniente de los molinos es de color verde oscuro, es ácido y turbio, el jugo tiene un pH bajo por lo que para estabilizarlo se emplea en forma universal la lechada de cal, alrededor de 1 lb de CaO por tonelada de caña.

La cal neutraliza la acidez natural del guarapo, formando sales insolubles de calcio y magnesio con el fin de formar precipitados que se decantan en la etapa de clarificación. La alcalización puede hacerse en frío o en caliente. La cal se agrega previamente preparada a 10 ° Brix.

Figura 10. Sistema de Jugo Alcalizado

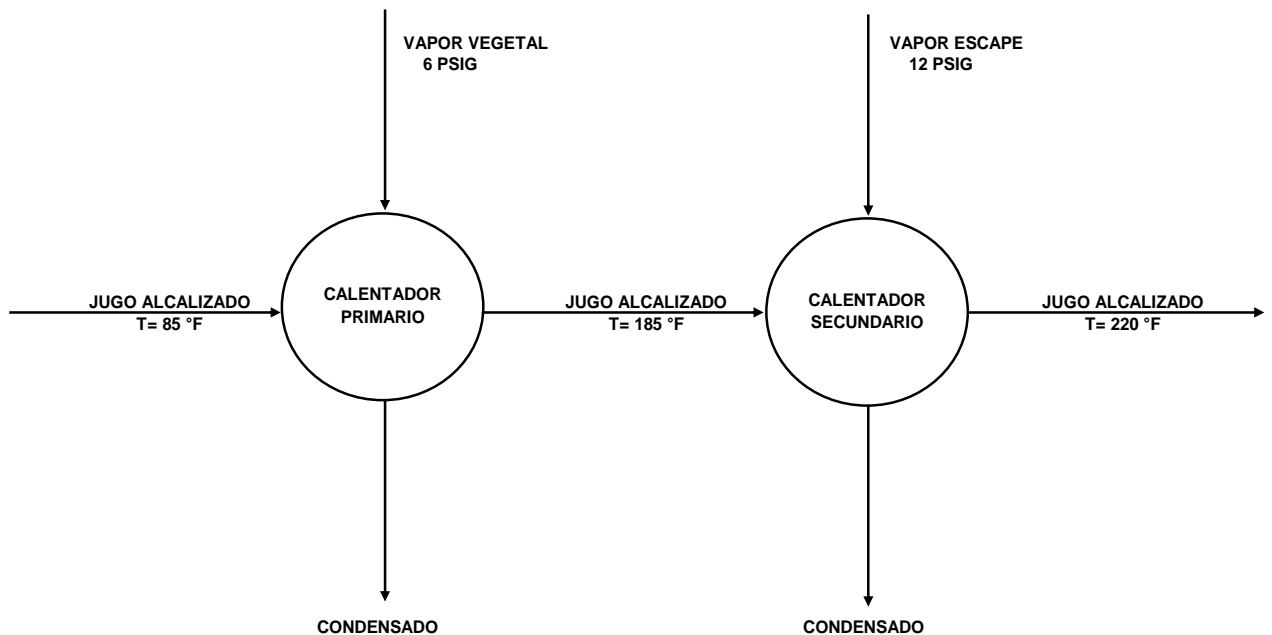


3.9 Calentamiento

El calentamiento del jugo alcalizado hasta el punto de ebullición o ligeramente arriba, coagula algunas grasas y ceras que son las que precipitan formando un lodo. El calentamiento puede hacerse en 2 ó 3 etapas, el más común es de dos etapas que utilizan vapor de 27579 Pa, para elevar la temperatura del jugo de 368 a 458 K (calentamiento primario), y vapor de 68948 Pa para elevar la temperatura del jugo de 458 a 493 K (calentamiento secundario o rectificador), este calentamiento se realiza generalmente,

utilizando calentadores de concha y tubo de varios pases. Actualmente se empiezan a usar para este fin los calentadores de placas.

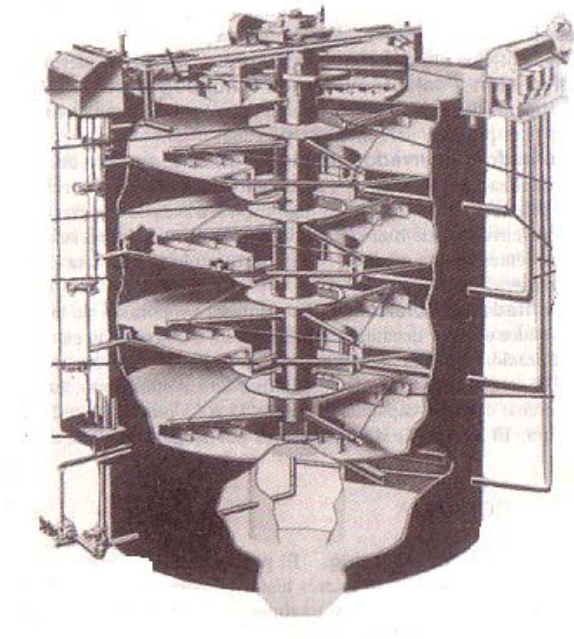
Figura 11. Calentadores



3.10 Clarificación

Esta etapa es muy importante, especialmente cuando se está fabricando azúcar blanca y consiste en dejar reposar el jugo un tiempo mínimo de dos horas, para que los productos formados en la alcalización y calentamiento decanten, obteniendo un jugo completamente limpio y claro. El clarificador utilizado en la industria azucarera, es el **Rapi Dorr 444**.

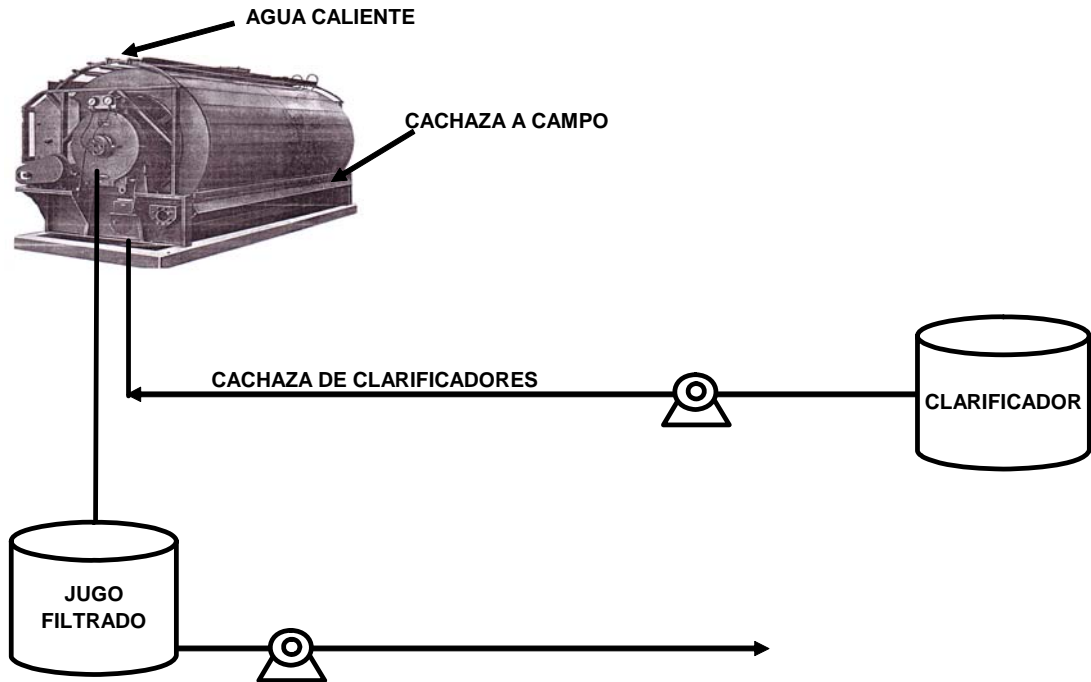
Figura 12. Clarificador Rapi Dorr 444



3.11 Filtración

Los lodos formados en el clarificador reciben el nombre de cachaza y son retirados continuamente por medio de un sistema de bombas de diafragma, como éste lodo arrastra sacarosa en aproximadamente 10%, se hacen pasar por filtros rotativos al vacío, en los cuales se recupera la misma.

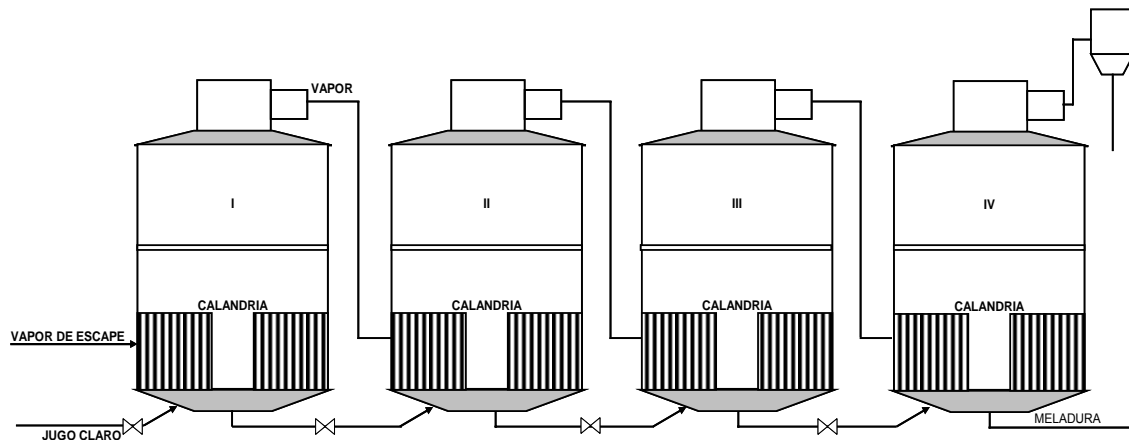
Figura 13. Sistema de filtro de cachaza



3.12 Evaporación

El jugo clarificado contiene aproximadamente 75% de agua. Esta agua se elimina por medio de evaporadores de múltiple efecto, un múltiple efecto consiste en una serie de vasos o cuerpos ordenados de tal manera, que cada cuerpo subsiguiente, tiene un vacío más alto lo que hace que el líquido hierva a una temperatura más baja; los vapores de un cuerpo hacen hervir el jugo del siguiente y el vapor del último pasan a un condensador. Así, de esta manera el jugo que ingreso al primer cuerpo de la evaporación a 15° Brix, sale del último ya en forma de jarabe, al cual se le llama “meladura” con 65° Brix.

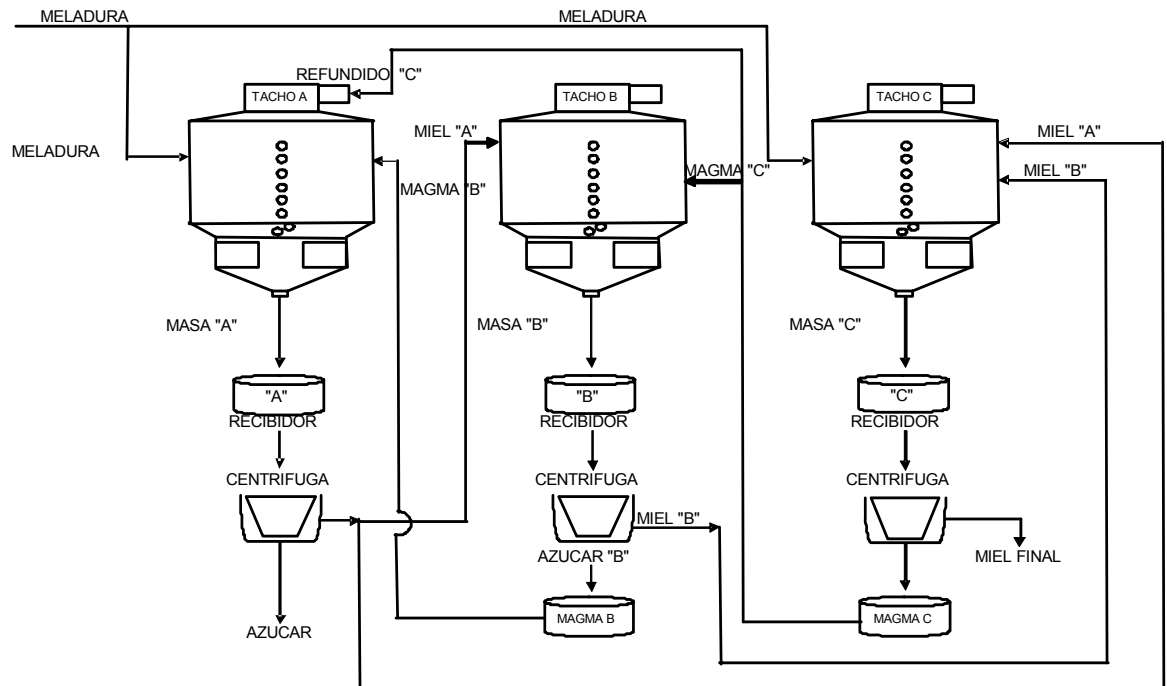
Figura 14. Vasos de evaporación



3.13 Cristalización

Esta es la etapa donde se forman los cristales de azúcar, se utilizan tachos al vacío, donde la meladura se sigue evaporando hasta saturarse, momento en el cual se añaden semillas que sirven de núcleo para la formación de cristales, formados los cristales se sigue agregando meladura para que éstos crezcan y llenen el tacho, al contenido de un tacho lleno se le da el nombre de “Templa” y al material “masa cocida”.

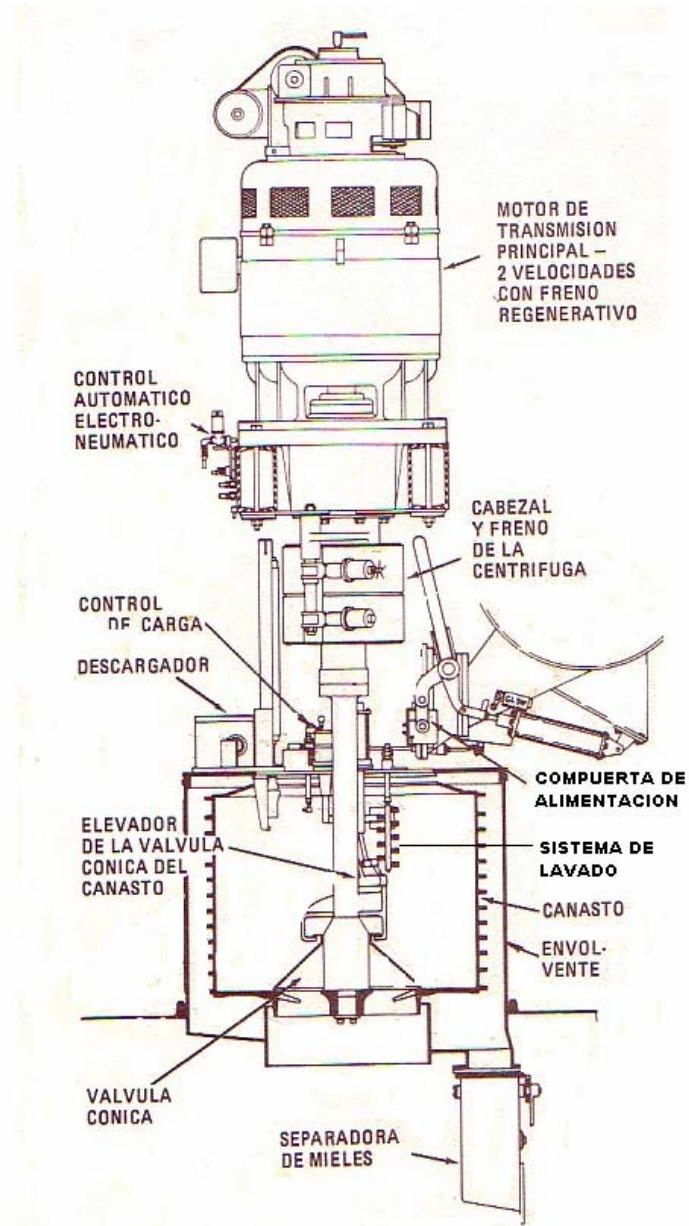
Figura 15. Tachos



3.14 Centrifugación

Los cristales de la masa cocida, tienen un revestimiento de miel que se elimina mediante el uso de centrifugas. En esta etapa se da la separación del azúcar y las mieles, las cuales sufren un proceso de recristalización logrando con esta el máximo agotamiento y por consiguiente, la recuperación del azúcar contenida en las mismas.

Figura 16. Partes de una centrífuga



3.15 Secado

El azúcar, se seca para obtener un producto con características de humedad adecuadas y que son necesarias para su conservación, ya sea en sacos o silos. El azúcar al salir de las centrifugas sale con aproximadamente 1% de humedad y al pasar por la secadora esta baja a 0.1%.

3.16 Almacenamiento

Para el almacenamiento de la azúcar cruda generalmente se utiliza bodegas de granel y es llevada a ésta bodega por medio de un sistema de conductores de faja o banda. En algunos lugares se utilizan sacos de polipropileno para almacenamiento, aunque este uso es más exclusivo para el caso de la azúcar blanca.

Figura 17. Bodega de Azúcar



4. METODOLOGÍA

4.1 Localización

La parte experimental del presente trabajo se realizó en las instalaciones de Ingenio Trinidad. Km. 70 1/2, Pto. Sn. José, Masagua, Escuintla.

4.2 Materiales, Reactivos y Equipo

4.2.1 Materiales

Los materiales que se utilizarán serán los siguientes:

1. Jugo primario
2. Jugo mezclado
3. Jugo Residual
4. Jugo Claro
5. Jugo Filtrado
6. Meladura
7. Masa A
8. Masa B
9. Masa C
10. Miel A
11. Miel B
12. Miel C
13. Magma B
14. Magma C

15. Mezcla
16. Semilla
17. Bagazo
18. Cachaza
19. Azúcar

4.2.2 Reactivos

- Subacetato de plomo a 54.6 °Brix
- Octapol
- Carbonato de sodio al 10%
- Agua destilada
- Acido Acético al 10%

4.2.3 Equipo

- Refrigeradora para conservar la muestra
- Frascos de plástico de 500 ml.
- Frascos de vidrio de 500 ml
- Cubeta plástica de 1 galón
- Licuadora tipo industrial
- Beackers de Acero inoxidable de 1000 ml
- Cápsula de acero inoxidable
- Espátula
- Balanza de platos
- Balanza analítica
- Balanza marca Sartorius modelo CP2202S intervalo de 0 a 2200g, d=0.01g
- Agitador magnético y de masas

- Balón volumétrico de 200 ml
- Tapones de hule
- Tubo de polarización de 200 mm
- Probeta de 10 y 1000 ml
- Bandejas
- Beacker de 50 y 250 ml
- Embudo de plástico
- Papel Filtro
- Polarímetro Rudolph Research Modelo II-S número de serie 6909
- Refractómetro marca Schmidt & Haensch ATR-E Serie 32186

4.3 Recurso Humano

- Asesor: Ingeniero Químico Michele Mario V. Pagliara Valz
- Co-asesor: Ingeniero Químico Luis Cutz
- Investigador: José Adolfo Orozco Bautista

4.4 Métodos

4.4.1 Muestreo

Tabla II. Lugares y frecuencia de muestreo

MATERIAL	LUGAR DE MUESTREO	FRECUENCIA
Jugo Primario	Molino 1	Cada hora
Jugo Diluido	Pachaquil o cush-cush	Cada hora
Jugo Residual	Ultimo Molino	Cada hora
Clarificado y filtrado	Tanque de Jugo Alcalizado	Cada hora
Meladura	Tanque de meladura	Cada hora

Continuación

Masa A, B y C	Tachos	c/descarga de tachos
Miel A, B y C	Tanque de mieles	Cada 4 horas
Magma B y C	Tanque de magma	Cada 4 horas
Mezcla	Tanque de mezcla	c/descarga de tachos
Semilla	Tanque de semilla	c/descarga de tachos
Bagazo	Ultimo molino	Cada 4 horas
Cachaza	Filtros de cachaza	Cada 2 horas
Azúcar	Faja de azúcar	Cada hora

4.4.2 Frecuencia de análisis

Tabla III. Frecuencia de análisis

MATERIAL	FRECUENCIA DE ANALISIS
Jugo Primario	Cada 4 horas
Jugo Diluido	Cada 4 horas
Jugo Residual	Cada 4 horas
Clarificado y filtrado	Cada 4 horas
Meladura	Cada 4 horas
Masa A, B y C	Análisis Directo
Miel A, B y C	Cada 4 horas
Magma B y C	Cada 4 horas
Mezcla	Análisis Directo
Semilla	Análisis Directo
Bagazo	Cada 4 horas
Cachaza	Cada 4 horas
Azúcar	Cada 4 horas

4.4.3 Preparación del reactivo clarificante

4.4.3.1 Subacetato de plomo

- a) Poner a hervir dos litros de agua. Enfriar el agua
- b) Pesar 1120 gr de subacetato de plomo en polvo y agregarlos al agua.
- c) Poner a calentar el agua con el subacetato de plomo, dejar hervir el agua por 30 minutos.
- d) Tapar el recipiente y dejarlo en reposo 24 horas. A las 24 horas poner a hervir 2 litros de agua, enfriar el agua.
- e) Verter suavemente 250 ml de solución de subacetato de plomo en una probeta de 500 ml
- f) Colocar el hidrómetro de 50-60 Brix
- g) Adicionar el agua hervida, fría y homogeneizar hasta obtener 54.6 Brix a 20°C.
- h) Guardar la solución de subacetato de plomo en un recipiente cerrado. Evitar contacto con el aire, poner en los dispensadores la menor cantidad posible para que no absorba CO₂ del aire.

4.4.3.2 Octapol

Octapol se despacha en un estado inactivo. En este estado se mantiene inactivo indefinidamente.

Debe ser activado unos cuantos minutos antes de usarse por primera vez. Esto se hace simplemente removiendo la bolsa plástica y vaciando el contenido de la misma dentro de la botella. Luego la botella tapada debe ser agitada VIGOROSAMENTE por 60 segundos. Ahora está lista para usarse. Sin

embargo, debe dejarse en reposo por unos pocos minutos antes de abrir la botella.

Después de activarse, se puede usar Octapol por aproximadamente 3 meses. El poder de clarificación disminuye gradualmente a lo largo de estos tres meses aproximadamente un 10% por semana, lo que involucra al pasar del tiempo utilizar mayor cantidad de material clarificante. En consecuencia, para resultados óptimos debe usarse tan pronto como sea posible después de la activación.

4.5 Metodología

4.5.1 Análisis de Brix

- a) Para la lectura Brix tomar 10 gotas aproximadamente y depositarlas en el refractómetro, teniendo el cuidado de lavar el lente del refractómetro con agua destilada antes de colocar la muestra.
- b) Tomar la lectura directa (Ver anexos procedimientos).

4.5.2 Análisis de Pol:

- a) Tomar la muestra a analizar según su punto de muestreo y analizar la muestra según su frecuencia de análisis.
- b) Pesar dos muestras de 26 gramos y realizar el procedimiento según la muestra tomada (Ver anexos Procedimientos)
- c) Clarificar una muestra con Subacetato de plomo y otra con Octapol de la siguiente manera:

Tabla IV. Cantidad de material clarificante para cada producto

MATERIAL	Subacetato de Plomo (ml)	Octapol (grs.)
Jugo Primario	1.5	5
Jugo Diluido	1.5	5
Jugo Residual	1.5	5
Clarificado y filtrado	1.5	5
Meladura	7	7
Masa A y B	7	7
Masa C	15	10
Miel A y B	7	10-15
Miel C	12	10-15
Magma B	2	8
Magma C	7	8
Mezcla	7	8
Semilla	7	8
Bagazo	0.5 grs.	2
Cachaza	3	2
Azúcar	0.5	1.0-1.5

- d) Filtrar la muestra con papel filtro
- e) Al momento del filtrado lavar de 2 a 3 veces el beacker con la muestra.
- f) Agregar el filtrado a un tubo polarimétrico de 200 mm, asegurándose de lavar con la muestra el tubo de 2 a 3 veces antes de obtener la lectura.
- g) Tomar la lectura directa en el polarímetro autopol IIS.
- h) El resultado obtenido es la Pol.

4.5.3 Análisis de Pureza

Esta parte no es mas que una relación del pol con el brix dado en porcentaje.

Para este cálculo se utilizará la siguiente ecuación:

$$\text{Pureza} = (\text{Pol} / \text{Brix}) \times 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

4.6 Metodología Experimental

4.6.1 Diseño de tratamientos

Para poder comparar la factibilidad del cambio de subacetato de plomo por el Octapol como agente clarificante, se procederá a evaluar los resultados en 19 materiales derivados en el proceso de extracción de azúcar de la caña, con 25 corridas de brix, pol y su pureza.

Por lo tanto los tratamientos que se obtendrán son los siguientes:

19 materiales X 25 corridas de pol = 475 resultados

16 materiales X 25 corridas de brix = 400 resultados

16 materiales X 25 corridas de pureza = 400 resultados

4.6.2 Diseño estadístico

Paso 1: Tabulación de datos

Se parte de tener las dos variables en estudio, El tratamiento a utilizar (con subacetato y con Octapol) (variable A) y los productos a clarificar (Variable B).

Los datos obtenidos en la experimentación se tabularán de la siguiente manera:

Tabla V. Tabulación de datos para los dos tipos de tratamiento y los diferentes productos a clarificar

	VARIABLE B		
VARIABLE A	PRODUCTOS		
TRATAMIENTO	j = 1	...	j = c
i = 1	$X_{1,1}$	...	$X_{1,j,1}$
	$X_{1,1,2}$	...	$X_{1,j,2}$

PROMEDIO	$\bar{X}_{1,1,25}$	...	$\bar{X}_{1,J,25}$
i = 2	$X_{2,1,1}$	...	$X_{2,j,1}$
	$X_{2,1,2}$	...	$X_{2,j,2}$

PROMEDIO	$\bar{X}_{2,1,25}$	...	$\bar{X}_{2,J,25}$

Paso 2: Tomar los promedios, desviación estándar, varianza y mediana de cada bloque:

Este cálculo se efectuará en una hoja electrónica de Excel, y se presentará el resumen del cálculo mediante la siguiente tabla:

Tabla VI. Resumen estadístico del estudio de clarificación con los dos tratamientos

Tratamiento	Bloques:	1	2	3	4	j
Promedio 1		y_{11}	y_{12}	y_{13}	y_{14}	y_{1j}
Desvest 1		s_{11}	s_{12}	s_{13}	s_{14}	s_{1j}
Varianza 1		s^2_{11}	s^2_{12}	s^2_{13}	s^2_{14}	s^2_{1j}
Mediana 1		Me_{11}	Me_{12}	Me_{13}	Me_{14}	Me_{1j}
Promedio 2		Y_{21}	Y_{22}	y_{23}	y_{24}	y_{2j}
Desvest 2		s_{21}	s_{22}	s_{23}	s_{24}	s_{2j}

Continuación

Varianza 2		S²₂₁	S²₂₂	S²₂₃	S²₂₄	S²_{2j}
Mediana 2		Me₂₁	Me₂₂	Me₂₃	Me₂₄	Me_{2j}

Paso 3: Aplicación del método estadístico por cada producto derivado en la extracción de azúcar en la caña:

Para este estudio se analizará con las siguientes pruebas: Prueba “t” y la Prueba “F” de Análisis de varianza de clasificación simple.

a) Prueba “t” para medias de dos muestras emparejadas por cada producto derivado en la extracción de azúcar en la caña:

Para este cálculo se utilizará una prueba “t” para medias de dos muestras emparejadas que se encuentra en la hoja de Microsoft Office Excel 2003, de la siguiente manera:

- En el menú en Herramientas, Análisis de datos.
- Buscar la opción Prueba t para medias de dos muestras emparejadas, Aceptar.
- Rango para variable 1 (25 datos de la muestra con subacetato tabuladas en paso 1)
- Rango para variable 2 (25 datos de la muestra sin subacetato, tabuladas en paso 1)
- Diferencia Hipotética entre las medias = 0
- Alfa = 0.05
- En una hoja nueva.
- Aceptar.

- Realizar el mismo procedimiento solo que ahora utilizando un Alfa = 0.01

Decisión. Se trabajará con un nivel de confianza entre un rango de 99% (0.01) y 95% (0.05): de donde se concluirá:

Si t calculada $<$ t de la tabla. Se toma H_0 (Ecuación 2)

Si t calculada $>$ t de la tabla Se toma H_1 (Ecuación 3)

b) Prueba “F” de análisis de varianza de clasificación simple por cada producto derivado en la extracción de azúcar en la caña:

Este cálculo se efectuará utilizando una hoja de Excel para poder encontrar los siguientes resultados:

- Estimar la varianza (S^2) de la población a partir de la cual cada muestra fue extraída:

$$S^2_A = \sum (X_{Ai} - X_A)^2 / (n_A - 1) \quad \text{(Ecuación 4)}$$

$$S^2_B = \sum (X_{Bi} - X_B)^2 / (n_B - 1) \quad \text{(Ecuación 5)}$$

- Suponiendo que S^2_A y S^2_B estiman una varianza común, se obtiene la mejor estimación de dicha varianza S^2 combinando $S^2_A + S^2_B$. De esta manera se designará la estimación de la variabilidad **dentro** de las muestras como:

$$S^2_1 = (S^2_A + S^2_B) / 2 \quad \text{(Ecuación 6)}$$

- Para calcular la variabilidad **entre** las muestras se debe aplicar las siguientes ecuaciones:

$$S^2_x = \Sigma(X_i - X)^2 / (m - 2) \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde:

X_i = promedio de cada tratamiento

X = Promedio de los promedios de los dos tratamientos.

m = Numero de tratamientos.

Seguidamente aplicar:

$$S^2_2 = n \times S^2_x \quad (\text{Ecuación 8})$$

Donde:

n = Número de repeticiones

- Cálculo de F calculada (F.C.) :

$$F = S^2_2 / S^2_1 \quad (\text{Ecuación 9})$$

Decisión: Se trabajará con un nivel de confianza entre un rango de 99% (0.01) y 95% (0.05): de donde se concluirá:

Si $F.C < F_{tab}$. Se toma H_0 (Ecuación 10)

Si $F.C > F_{tab}$ Se toma H_1 (Ecuación 11)

5. RESULTADOS

5.1 Brix

5.1.1 Jugos área de molinos

A continuación se presenta el brix de los jugos que se obtienen en el área de molienda:

Tabla VII. Brix de jugos que se obtienen en el área de molinos

CORRIDA	JUGO PRIMARIO	JUGO MEZCLADO	JUGO RESIDUAL
1	18.6	14.70	4.20
2	18.90	15.20	3.30
3	18.00	15.70	3.95
4	18.60	15.30	3.35
5	20.00	14.30	4.00
6	20.50	17.20	3.65
7	19.30	14.00	3.80
8	17.40	16.50	4.10
9	17.50	17.10	4.45
10	17.50	16.40	3.60
11	19.80	16.20	3.50
12	18.30	15.20	3.55
13	18.90	14.30	4.50
14	17.90	14.40	4.15
15	19.10	15.10	3.30
16	20.90	15.50	4.00
17	17.20	14.70	4.40
18	19.30	16.00	4.45

Continuación

19	17.10	17.30	3.95
20	19.60	14.60	4.20
21	19.30	15.30	4.00
22	18.90	13.90	3.90
23	19.50	14.90	4.05
24	17.40	14.10	3.85
25	18.70	16.20	4.20

5.1.2 Jugos área de clarificación y evaporación

A continuación, se presenta el brix de los jugos que se obtienen en el área de Alcalizado, clarificadores y filtros de cachaza y la miel virgen o Meladura en el área de evaporadores:

Tabla VIII. Brix de jugos que se obtienen en el área de clarificación y evaporación

CORRIDA	JUGO CLARO	JUGO FILTRADO	MELADURA
1	14.90	9.20	69.70
2	14.60	9.90	63.20
3	14.90	11.20	64.50
4	14.60	10.40	62.90
5	15.40	10.25	56.90
6	14.60	9.50	60.00
7	15.00	8.95	61.00
8	15.50	10.05	63.20
9	15.40	9.50	65.90
10	15.20	10.30	61.00
11	15.00	10.40	60.40
12	15.00	8.75	60.30
13	16.30	9.05	63.00
14	16.00	11.30	62.60
15	15.10	10.45	60.20

Continuación

16	15.50	10.10	61.60
17	15.80	10.85	63.70
18	15.60	10.55	62.50
19	15.60	11.75	64.90
20	15.30	9.50	62.90
21	15.40	10.65	73.60
22	15.70	10.35	58.35
23	15.80	10.55	65.70
24	15.40	9.83	65.30
25	15.30	9.20	61.40

5.1.3 Productos área tachos

A continuación, se presenta el brix de los productos que se obtienen en el área de tachos:

Tabla IX. Brix de los productos que se obtienen en el área de tachos

CORRIDA	MASA A	MASA B	MASA C	SEMILLA	MEZCLA
1	93.40	93.20	98.60	89.00	68.80
2	93.40	92.00	97.80	90.60	68.00
3	92.60	95.80	98.00	89.40	69.40
4	92.80	93.00	98.05	88.20	66.20
5	92.00	93.40	98.40	91.60	70.00
6	95.40	96.20	95.00	88.20	72.10
7	91.40	94.10	97.80	89.80	66.60
8	91.60	94.50	98.00	88.20	74.80
9	93.60	93.00	98.00	89.40	68.20
10	93.40	92.20	98.20	90.20	76.70
11	93.20	92.40	98.00	92.00	62.60
12	91.80	92.60	99.00	94.00	64.80
13	92.80	94.40	98.00	88.70	64.20
14	93.60	93.60	96.60	90.20	65.90
15	93.80	94.60	99.40	92.00	84.80

Continuación

16	92.60	93.00	99.20	90.70	56.70
17	91.80	94.50	98.50	91.00	69.90
18	92.10	94.98	98.00	91.00	66.60
19	91.40	94.40	99.40	90.80	59.60
20	91.40	93.50	98.90	88.90	63.80
21	94.40	94.00	97.10	89.20	64.40
22	93.20	95.30	99.80	92.00	65.80
23	93.30	94.10	98.80	89.80	67.40
24	93.50	94.20	98.74	91.40	66.00
25	92.60	93.60	98.30	89.40	68.40

5.1.4 Productos área centrifugas

A continuación, se presenta el brix de los productos que se obtienen en el área de centrifugas de los cuales únicamente la miel C o melaza no es reutilizada en los tachos.

Tabla X. Brix de los productos que se obtienen en el área de centrifugas

CORRIDA	MIEL A	MIEL B	MIEL C	MAGMA B	MAGMA C
1	75.00	66.50	83.20	88.80	78.80
2	69.00	69.20	84.20	91.10	92.60
3	66.40	65.80	81.60	89.80	89.60
4	69.40	69.80	84.00	96.40	93.20
5	74.40	70.40	85.00	97.60	95.00
6	70.70	68.40	85.00	97.40	96.00
7	74.60	67.80	84.20	97.00	95.30
8	69.40	63.00	83.80	90.60	96.00
9	53.60	61.20	83.80	96.00	94.40
10	73.40	66.20	84.60	93.40	96.20
11	75.40	66.80	83.60	90.60	86.80
12	71.00	61.00	83.60	89.90	86.10

Continuación

13	67.80	64.80	83.20	88.70	90.50
14	71.10	55.20	84.40	87.50	85.70
15	72.70	52.00	84.80	89.90	87.50
16	67.40	69.30	84.80	90.20	94.38
17	67.80	66.00	90.30	94.60	86.70
18	71.00	64.10	85.40	88.70	86.60
19	69.30	72.80	89.20	91.40	89.50
20	67.00	73.20	87.30	90.14	87.40
21	72.70	69.70	90.30	90.70	88.90
22	70.10	69.90	87.30	90.60	87.20
23	70.40	68.40	85.90	91.90	86.60
24	62.00	61.10	90.80	89.90	89.10
25	70.50	57.30	91.50	92.40	86.90

5.2 Pol

5.2.1 Jugos área de molinos

A continuación, se presenta la comparación de Pol CON SUBACETATO y CON OCTAPOL de los jugos que se obtienen en el área de molienda:

Tabla XI. Pol de jugos que se obtienen en el área de molinos con los dos tratamientos

TRATAMIENTOS	#	JUGO PRIMARIO	JUGO MEZCLADO	JUGO RESIDUAL	BAGAZO
CON SUBACETATO	1	16.42	12.8	3.56	2.64
	2	15.63	13.43	2.68	2.69
	3	15.92	14.36	3.2	2.58
	4	16.25	13.62	2.69	2.61
	5	17.85	12.71	3.26	2.79
	6	18.52	14.89	2.98	2.61

Continuación

	7	17.2	12.38	3.25	2.22
	8	15.31	14.68	3.45	2.64
	9	15.61	15.38	3.65	2.51
	10	15.3	14.65	2.95	2.5
	11	17.22	14.48	2.85	2.67
	12	15.84	13.31	2.9	2.8
	13	16.9	12.46	3.6	2.7
	14	16.28	12.58	3.41	2.54
	15	17.12	13.55	2.65	2.4
	16	18.56	13	3.25	3.3
	17	15.44	13.05	3.61	2.83
	18	17.6	13.48	3.59	2.92
	19	15.08	14.34	3.18	2.73
	20	17.61	12.9	3.39	2.51
	21	17.65	13.48	3.2	3.55
	22	16.9	11.02	3.15	2.84
	23	17.7	12.59	3.21	2.13
	24	15.55	11.48	3.12	3.6
	25	16.68	14.5	3.56	2.22
PROMEDIO SS		16.65	13.40	3.21	2.70
DESVEST		1.04	1.07	0.31	0.36
VARIANZA		1.08	1.15	0.09	0.13
MEDIANA		16.68	13.43	3.21	2.64
SIN SUBACETATO	1	16.32	13.2	3.49	2.86
	2	15.95	13.4	2.63	2.78
	3	15.97	14.3	3.22	2.89
	4	15.84	13.58	2.75	2.53
	5	17.89	12.78	3.2	2.63
	6	18.55	14.92	2.9	2.37
	7	17.22	12.36	3.2	2.4
	8	15.28	14.72	3.55	2.53
	9	15.52	15.37	3.78	2.39
	10	15.36	14.64	2.96	2.78
	11	17.2	14.66	2.86	2.45
	12	15.87	13.41	2.6	2.45
	13	16.82	12.38	3.5	2.62

Continuación

	14	16.15	12.44	3.38	2.55
	15	17.16	13.35	2.67	2.45
	16	18.9	12.92	3.26	3.17
	17	15.51	12.97	3.55	2.92
	18	17.54	13.61	3.63	2.97
	19	15.24	14.29	3.21	3.13
	20	17.53	13	3.35	2.67
	21	17.73	13.6	3.23	3.36
	22	16.84	11.12	3.08	2.76
	23	17.82	12.56	3.16	2.68
	24	15.43	11.72	3.09	3.49
	25	16.68	14.2	3.54	1.8
PROMEDIO SS		16.65	13.42	3.19	2.71
DESVEST		1.07	1.04	0.33	0.36
VARIANZA		1.14	1.09	0.11	0.13
MEDIANA		16.68	13.40	3.21	2.67

5.2.2 Jugos área de clarificación y evaporación

A continuación, se presenta la Pol de los jugos que se obtienen en el área de Alcalizado, clarificadores y filtros de cachaza y la miel virgen o Meladura en el área de evaporadores:

Tabla XII. Pol de jugos que se obtienen en el área de clarificación y evaporación con los dos tratamientos

TRATAMIENTOS	#	JUGO CLARO	JUGO FILTRADO	MELADURA	CACHAZA
CON SUBACETATO	1	13.01	8.01	60.9	1.16
	2	13.22	8.15	55.98	1.15
	3	13.23	9.3	57.07	1.84

Continuación

	4	13.03	8.4	55.08	1.96
	5	13.57	8.26	48.98	1.22
	6	12.74	7.89	53.62	1.54
	7	13.3	7.52	54	1
	8	14.15	8.18	55.6	1.2
	9	13.9	8.03	57.8	1.79
	10	13.1	8.73	54.2	2.24
	11	13.13	8.84	52.7	2.41
	12	13.56	6.95	52.6	2.01
	13	14.28	7.09	55.34	2.45
	14	14.22	9.71	55.72	2.85
	15	13.15	8.8	53.78	2.32
	16	13.76	8.29	53.6	0.72
	17	13.8	9.06	55.5	1.22
	18	13.82	8.86	55.4	3.34
	19	13.75	9.83	56.7	3.96
	20	13.39	8.02	55.96	1.54
	21	13.51	8.89	65.44	2.82
	22	13.73	8.78	53.48	3.05
	23	13.8	8.96	57.84	2.05
	24	13.43	8.03	57.45	3
	25	13.47	8.01	53.68	4.2
PROMEDIO SS		13.52	8.42	55.54	2.12
DESVEST		0.40	0.71	3.08	0.93
VARIANZA		0.16	0.50	9.47	0.86
MEDIANA		13.51	8.29	55.40	2.01
SIN SUBACETATO					
	1	13.15	8.03	61.16	1.64
	2	13.15	8.24	55.1	1.02
	3	13.35	9.2	57.24	1.74
	4	13.14	8.27	55.2	2
	5	13.45	8.35	48.56	1.3
	6	12.62	7.92	53.99	1.66
	7	13.2	7.56	54.05	1.29
	8	14.17	8.12	55.66	1.4
	9	13.81	8.05	57.42	1.91
	10	13	8.67	53.55	2.46

Continuación

	11	13.08	8.93	53.2	2.62
	12	13.5	7.02	52.7	2.05
	13	14.33	6.99	55.2	2.31
	14	14.18	9.75	55.6	2.7
	15	13.31	8.85	54	2.29
	16	13.81	8.19	53.8	0.52
	17	13.71	9.02	55.56	1.4
	18	13.77	8.88	55.95	3.44
	19	13.85	9.65	57.08	2.56
	20	13.45	8.1	55.68	1.16
	21	13.46	8.79	66	2.78
	22	13.83	8.65	52.2	3.2
	23	14	8.9	56.88	2.25
	24	13.333	8.18	56.96	2.75
	25	13.37	8.03	53.63	4.05
PROMEDIO SS		13.52	8.41	55.45	2.10
DESVEST		0.42	0.68	3.20	0.82
VARIANZA		0.17	0.47	10.21	0.67
MEDIANA		13.45	8.27	55.20	2.05

5.2.3 Productos área tachos

A continuación, se presenta la Pol de los productos que se obtienen en el área de tachos:

Tabla XIII. Pol de los productos que se obtienen en el área de tachos con los dos tratamientos

TRATAMIENTOS	#	MASA A	MASA B	MASA C	SEMILLA	MEZCLA
CON SUBACETATO	1	84.36	64.32	52.2	58.2	53.6
	2	85	67.44	54.64	58	50.2
	3	82.4	69.48	54.92	55.36	52.92

Continuación

	4	82.88	67.48	55.56	56.02	50
	5	81.6	69	54.82	58.6	52.64
	6	86.16	70.4	50.64	59.8	54.76
	7	80.8	68.08	56	56	50.2
	8	81.96	71.2	56.2	55.68	55.3
	9	84.32	67.72	58.4	57.64	51.16
	10	85.52	68.72	58.4	57.6	58
	11	84.02	69.4	57	58.4	49.32
	12	81.98	68	56.8	54.6	49.24
	13	81.84	68.8	58.32	55.12	50.2
	14	84.2	69.32	50.4	55.12	50.24
	15	84.96	68.68	54.12	56	66.36
	16	83.08	68.16	54.64	57.2	44.24
	17	81.76	65	56.12	58.36	55
	18	81.16	69.92	53.2	60	52
	19	82.24	72	55.24	57.28	47.08
	20	82.24	74.64	55	59.8	51
	21	87.52	74.84	55.48	59.4	50.36
	22	84.8	73	53.76	59.2	52.24
	23	83.6	69.24	53.92	58.12	53.12
	24	83.8	70.28	54.96	57.88	51.72
	25	82.2	68.4	53.4	62.4	53.4
PROMEDIO SS		83.38	69.34	54.97	57.67	52.17
DESVEST		1.69	2.46	2.07	1.88	4.06
VARIANZA		2.86	6.05	4.30	3.55	16.52
MEDIANA		83.08	69.00	54.96	57.88	51.72
SIN SUBACETATO	1	84.32	62.48	50.4	58.4	52.12
	2	84.76	67.09	54.6	57.8	51.1
	3	81.2	70.08	55.6	55.6	52.12
	4	83.68	67.64	57.12	56.8	50.4
	5	81.5	67.59	52.24	57.2	53.1
	6	85.9	69.2	50.26	59.76	55
	7	80.76	67.52	55.8	56.84	50.8
	8	81	71	57	55.38	55.47
	9	85	67.4	58	57.7	51
	10	86.2	69	58.16	58	57.7

Continuación

	11	83.9	69.45	57.99	58.35	48.84
	12	82	68.35	57	55.94	49.4
	13	81.3	68	57.92	55.67	50.1
	14	84	69.05	50.8	54.66	50.33
	15	84.35	68.7	55.01	55.95	66.43
	16	83.28	69	55.7	57.35	44.14
	17	81.68	68	55.25	57.95	55.17
	18	80.92	68	54.01	60.01	52.12
	19	80.76	71.8	56.25	57.36	47.26
	20	80.73	74.08	55.32	60	50.8
	21	86.84	73.56	54.2	59.33	50.53
	22	82.95	74.28	52.08	59.27	51.8
	23	84.12	71.25	53.55	58.36	52.95
	24	84	71.01	56	57.15	51.88
	25	83.15	68.35	55.2	62.85	53.36
PROMEDIO SS		83.13	69.28	55.02	57.75	52.16
DESVEST		1.86	2.53	2.37	1.82	4.04
VARIANZA		3.45	6.40	5.60	3.32	16.34
MEDIANA		83.28	69.00	55.32	57.70	51.80

5.2.4 Productos área centrífugas

A continuación, se presenta el Pol de los productos que se obtienen en el área de centrífugas.

Tabla XIV. Pol de los productos que se obtienen en el área de centrífugas con los dos tratamientos

TRATAMIENTOS	#	MIEL A	MIEL B	MIEL C	MAGMA B	MAGMA C	AZUCAR
CON SUBACETATO	1	53.2	36.48	33	81.88	64.64	98.5
	2	47.68	37	32.65	85.56	77.52	98.75
	3	48.16	32.44	29.74	79.56	66.68	99

Continuación

	4	52.56	37.6	30.67	86.88	77.12	98.6
	5	54.24	37.76	30.8	88.72	80.68	99.35
	6	51.48	34.76	30.36	88	79.48	99.05
	7	52.36	37	29.7	87.4	78.2	98.32
	8	50	35	29.39	83	79.48	98.85
	9	38.64	33.68	31.68	86.16	77.48	98.45
	10	54.08	38.28	31.57	83	80.64	99.3
	11	55.96	34.97	32.1	81.52	71.04	98.02
	12	52.8	31.92	33.57	85.42	68.08	99.2
	13	48.44	35.72	32.34	83.92	69	98.05
	14	51.48	31.2	33.97	83.4	64	98.31
	15	53.6	25.52	33.84	85	73.64	98.12
	16	51.76	33.36	32.87	87.44	81.6	98
	17	50.8	33	32.84	85.8	70.24	98.47
	18	52.72	37.72	27.94	83.92	68	98.03
	19	48	41.36	32.56	85.08	71.28	98.28
	20	48.88	41.8	38.63	85.6	74.44	98.65
	21	52.32	35.72	38.37	85.24	75.68	98.65
	22	52	38.08	35.2	84.6	73.36	99.25
	23	51.32	34.48	34.36	86.68	72.6	98.8
	24	46.4	33.32	32.56	84.32	75	98.18
	25	53.2	30.2	33.88	87.52	69.6	98.42
PROMEDIO SS		50.88	35.13	32.58	85.02	73.58	98.58
DESVEST		3.47	3.50	2.49	2.19	5.19	0.43
VARIANZA		12.05	12.27	6.19	4.80	26.97	0.18
MEDIANA		51.76	35.00	32.56	85.24	73.64	98.50
SIN SUBACETATO	1	53.14	37.26	32.43	82.16	64.6	98.8
	2	48.4	37.45	32.6	84	77.05	99.1
	3	49.02	33.5	28.82	80.2	66.72	98.5
	4	51.95	38	30.8	88	76.67	99
	5	53.95	38.2	31	88	80.75	99.1
	6	51.01	34.8	29.52	87.68	78.76	98.9
	7	52	36.8	29.52	86.8	77.8	98.68
	8	51.02	34.8	28.95	83.88	79.55	98.11
	9	37.7	34.2	30.45	86.4	77.88	98.02
	10	54.8	37.92	32.12	83.2	81.1	99.15

Continuación

	11	56.44	34.8	32.68	82.1	70.9	98.18
	12	53.1	32	32.65	85.24	68.12	99.15
	13	48.6	36	32.5	84.84	68.33	97.88
	14	52.24	30.98	33.09	83.28	63.89	98.12
	15	54.2	25.05	33.5	85.6	73.66	98.55
	16	50.84	33.4	33	86.4	81.53	98.95
	17	49.8	32.95	31.94	85.2	70.07	98.05
	18	52.2	37.15	29.17	84.84	67.69	98.45
	19	47.75	41.25	33	85.25	72.03	98.03
	20	49	41.66	38.28	85.75	73.95	98.75
	21	53.01	35.01	37.75	85.26	75.01	99.1
	22	51.55	37.84	35.11	85	72.85	98.55
	23	51.95	34.45	35.15	87.05	72.87	99.2
	24	46.85	32.9	33.15	83.05	74.95	98.85
	25	54.01	31	34	86.08	69.25	98.45
PROMEDIO							
SS		50.98	35.17	32.45	85.01	73.44	98.62
DESVEST		3.64	3.49	2.45	1.94	5.21	0.43
VARIANZA		13.24	12.21	6.01	3.78	27.10	0.18
MEDIANA		51.95	34.80	32.60	85.24	73.66	98.68

5.3 Pureza

Para este cálculo se utiliza la Ecuación 1 descrita en la metodología sección 4.5.3:

5.3.1 Jugos área de molinos

A continuación se presenta la comparación de Pureza CON SUBACETATO y CON OCTAPOL de los jugos que se obtienen en el área de molienda:

Tabla XV. Pureza de jugos que se obtienen en el area de molinos con los dos tratamientos

TRATAMIENTOS	#	JUGO PRIMARIO	JUGO MEZCLADO	JUGO RESIDUAL
CON SUBACETATO	1	88.28	87.07	84.76
	2	82.70	88.36	81.21
	3	88.44	91.46	81.01
	4	87.37	89.02	80.30
	5	89.25	88.88	81.50
	6	90.34	86.57	81.64
	7	89.12	88.43	85.53
	8	87.99	88.97	84.15
	9	89.20	89.94	82.02
	10	87.43	89.33	81.94
	11	86.97	89.38	81.43
	12	86.56	87.57	81.69
	13	89.42	87.13	80.00
	14	90.95	87.36	82.17
	15	89.63	89.74	80.30
	16	88.80	83.87	81.25
	17	89.77	88.78	82.05
	18	91.19	84.25	80.67
	19	88.19	82.89	80.51
	20	89.85	88.36	80.71
	21	91.45	88.10	80.00
	22	89.42	79.28	80.77
	23	90.77	84.50	79.26
	24	89.37	81.42	81.04
	25	89.20	89.51	84.76
PROMEDIO CS		88.87	87.21	81.63
DESVEST		1.81	2.93	1.60
VARIANZA		3.29	8.58	2.55
MEDIANA		89.20	88.36	81.25

Continuación

SIN SUBACETATO	1	87.74	89.80	83.10
	2	84.39	88.16	79.70
	3	88.72	91.08	81.52
	4	85.16	88.76	82.09
	5	89.45	89.37	80.00
	6	90.49	86.74	79.45
	7	89.22	88.29	84.21
	8	87.82	89.21	86.59
	9	88.69	89.88	84.94
	10	87.77	89.27	82.22
	11	86.87	90.49	81.71
	12	86.72	88.22	73.24
	13	88.99	86.57	77.78
	14	90.22	86.39	81.45
	15	89.84	88.41	80.91
	16	90.43	83.35	81.50
	17	90.17	88.23	80.68
	18	90.88	85.06	81.57
	19	89.12	82.60	81.27
	20	89.44	89.04	79.76
	21	91.87	88.89	80.75
	22	89.10	80.00	78.97
	23	91.38	84.30	78.02
	24	88.68	83.12	80.26
	25	89.20	87.65	84.29
PROMEDIO SS		88.89	87.32	81.04
DESVEST		1.78	2.78	2.64
VARIANZA		3.17	7.74	6.98
MEDIANA		89.12	88.23	81.27

5.3.2 Jugos área de clarificación y evaporación

A continuación, se presenta la Pureza de los jugos que se obtienen en el área de Alcalizado, clarificadores y filtros de cachaza y la miel virgen o Meladura en el área de evaporadores:

Tabla XVI. Pureza de jugos que se obtienen en el área de clarificación y evaporación con los dos tratamientos

TRATAMIENTOS	#	JUGO CLARO	JUGO FILTRADO	MELADURA
CON SUBACETATO	1	87.32	87.07	87.37
	2	90.55	82.32	88.58
	3	88.79	83.04	88.48
	4	89.25	80.77	87.57
	5	88.12	80.59	86.08
	6	87.26	83.05	89.37
	7	88.67	84.02	88.52
	8	91.29	81.39	87.97
	9	90.26	84.53	87.71
	10	86.18	84.76	88.85
	11	87.53	85.00	87.25
	12	90.40	79.43	87.23
	13	87.61	78.34	87.84
	14	88.88	85.93	89.01
	15	87.09	84.21	89.34
	16	88.77	82.08	87.01
	17	87.34	83.50	87.13
	18	88.59	83.98	88.64
	19	88.14	83.66	87.37
	20	87.52	84.42	88.97
	21	87.73	83.47	88.91
	22	87.45	84.83	91.65
	23	87.34	84.93	88.04

Continuación

	24	87.21	81.69	87.98
	25	88.04	87.07	87.43
PROMEDIO CS		88.29	83.36	88.17
DESVEST		1.26	2.16	1.10
VARIANZA		1.59	4.67	1.21
MEDIANA		88.04	83.66	87.98
SIN SUBACETATO	1	88.26	87.28	87.12
	2	90.07	83.23	87.18
	3	89.60	82.14	88.88
	4	90.00	79.52	87.76
	5	87.34	81.46	85.34
	6	86.44	83.37	89.98
	7	88.00	84.47	88.61
	8	91.42	80.80	88.07
	9	89.68	84.74	87.13
	10	85.53	84.17	87.79
	11	87.20	85.87	88.08
	12	90.00	80.23	87.40
	13	87.91	77.24	87.62
	14	88.63	86.28	88.82
	15	88.15	84.69	89.70
	16	89.10	81.09	87.34
	17	86.77	83.13	87.22
	18	88.27	84.17	89.52
	19	88.78	82.13	87.95
	20	87.91	85.26	88.52
	21	87.40	82.54	89.67
	22	88.09	83.57	89.46
	23	88.61	84.36	86.58
	24	86.58	83.21	87.23
	25	87.39	87.28	87.35
PROMEDIO SS		88.28	83.29	88.01
DESVEST		1.35	2.39	1.12
VARIANZA		1.83	5.73	1.26
MEDIANA		88.15	83.37	87.79

5.3.3 Productos área tachos

A continuación, se presenta la Pureza de los productos que se obtienen en el área de tachos:

Tabla XVII. Pureza de los productos que se obtienen en el área de tachos con los dos tratamientos

TRATAMIENTOS	#	MASA A	MASA B	MASA C	SEMILLA	MEZCLA
CON SUBACETATO	1	90.32	69.01	52.94	65.39	77.91
	2	91.01	73.30	55.87	64.02	73.82
	3	88.98	72.53	56.04	61.92	76.25
	4	89.31	72.56	56.66	63.51	75.53
	5	88.70	73.88	55.71	63.97	75.20
	6	90.31	73.18	53.31	67.80	75.95
	7	88.40	72.35	57.26	62.36	75.38
	8	89.48	75.34	57.35	63.13	73.93
	9	90.09	72.82	59.59	64.47	75.01
	10	91.56	74.53	59.47	63.86	75.62
	11	90.15	75.11	58.16	63.48	78.79
	12	89.30	73.43	57.37	58.09	75.99
	13	88.19	72.88	59.51	62.14	78.19
	14	89.96	74.06	52.17	61.11	76.24
	15	90.58	72.60	54.45	60.87	78.25
	16	89.72	73.29	55.08	63.07	78.02
	17	89.06	68.78	56.97	64.13	78.68
	18	88.12	73.62	54.29	65.93	78.08
	19	89.98	76.27	55.57	63.08	78.99
	20	89.98	79.83	55.61	67.27	79.94
	21	92.71	79.62	57.14	66.59	78.20
	22	90.99	76.60	53.87	64.35	79.39
	23	89.60	73.58	54.57	64.72	78.81
	24	89.63	74.61	55.66	63.33	78.36

Continuación

	25	88.77	73.08	54.32	69.80	78.07
PROMEDIO CS		89.80	73.87	55.96	63.94	77.14
DESVEST		1.07	2.48	2.01	2.41	1.76
VARIANZA		1.14	6.15	4.05	5.79	3.09
MEDIANA		89.72	73.43	55.71	63.86	78.02
SIN SUBACETATO	1	90.28	67.04	51.12	65.62	75.76
	2	90.75	72.92	55.83	63.80	75.15
	3	87.69	73.15	56.73	62.19	75.10
	4	90.17	72.73	58.26	64.40	76.13
	5	88.59	72.37	53.09	62.45	75.86
	6	90.04	71.93	52.91	67.76	76.28
	7	88.36	71.75	57.06	63.30	76.28
	8	88.43	75.13	58.16	62.79	74.16
	9	90.81	72.47	59.18	64.54	74.78
	10	92.29	74.84	59.23	64.30	75.23
	11	90.02	75.16	59.17	63.42	78.02
	12	89.32	73.81	57.58	59.51	76.23
	13	87.61	72.03	59.10	62.76	78.04
	14	89.74	73.77	52.59	60.60	76.37
	15	89.93	72.62	55.34	60.82	78.34
	16	89.94	74.19	56.15	63.23	77.85
	17	88.98	71.96	56.09	63.68	78.93
	18	87.86	71.59	55.11	65.95	78.26
	19	88.36	76.06	56.59	63.17	79.30
	20	88.33	79.23	55.94	67.49	79.62
	21	91.99	78.26	55.82	66.51	78.46
	22	89.00	77.94	52.18	64.42	78.72
	23	90.16	75.72	54.20	64.99	78.56
	24	89.84	75.38	56.71	62.53	78.61
	25	89.79	73.02	56.15	70.30	78.01
PROMEDIO SS		89.53	73.80	56.01	64.02	77.12
DESVEST		1.22	2.55	2.31	2.38	1.60
VARIANZA		1.50	6.48	5.32	5.64	2.57
MEDIANA		89.79	73.15	56.15	63.68	77.85

5.3.4 Productos área centrifugas

A continuación se presenta el Pureza de los productos que se obtienen en el área de centrifugas.

Tabla XVIII. Pureza de los productos que se obtienen en el área de centrifugas con los dos tratamientos

TRATAMIENTOS	#	MIEL A	MIEL B	MIEL C	MAGMA B	MAGMA C	SEMILLA
CON SUBACETATO	1	70.93	54.86	39.66	92.21	82.03	65.39
	2	69.10	53.47	38.78	93.92	83.71	64.02
	3	72.53	49.30	36.45	88.60	74.42	61.92
	4	75.73	53.87	36.51	90.12	82.75	63.51
	5	72.90	53.64	36.24	90.90	84.93	63.97
	6	72.81	50.82	35.72	90.35	82.79	67.80
	7	70.19	54.57	35.27	90.10	82.06	62.36
	8	72.05	55.56	35.07	91.61	82.79	63.13
	9	72.09	55.03	37.80	89.75	82.08	64.47
	10	73.68	57.82	37.32	88.87	83.83	63.86
	11	74.22	52.35	38.40	89.98	81.84	63.48
	12	74.37	52.33	40.16	95.02	79.07	58.09
	13	71.45	55.12	38.87	94.61	76.24	62.14
	14	72.41	56.52	40.25	95.31	74.68	61.11
	15	73.73	49.08	39.91	94.55	84.16	60.87
	16	76.80	48.14	38.76	96.94	86.46	63.07
	17	74.93	50.00	36.37	90.70	81.01	64.13
	18	74.25	58.85	32.72	94.61	78.52	65.93
	19	69.26	56.81	36.50	93.09	79.64	63.08
	20	72.96	57.10	44.25	94.96	85.17	67.27
	21	71.97	51.25	42.49	93.98	85.13	66.59
	22	74.18	54.48	40.32	93.38	84.13	64.35
	23	72.90	50.41	40.00	94.32	83.83	64.72
	24	74.84	54.53	35.86	93.79	84.18	63.33

Continuación

	25	75.46	52.71	37.03	94.72	80.09	69.80
PROMEDIO CS		73.03	53.54	38.03	92.66	81.82	63.94
DESVEST		1.93	2.87	2.54	2.35	3.21	2.41
VARIANZA		3.73	8.25	6.44	5.53	10.33	5.79
MEDIANA		72.90	53.87	37.80	93.38	82.75	63.86
SIN SUBACETATO	1	70.85	56.03	38.98	92.52	81.98	65.62
	2	70.14	54.12	38.72	92.21	83.21	63.80
	3	71.35	50.91	35.32	89.31	74.46	62.19
	4	74.86	54.44	36.67	91.29	82.26	64.40
	5	72.51	54.26	36.47	90.16	85.00	62.45
	6	72.15	50.88	34.73	90.02	82.04	67.76
	7	69.71	54.28	35.06	89.48	81.64	63.30
	8	73.52	55.24	34.55	92.58	82.86	62.79
	9	70.34	55.88	36.34	90.00	82.50	64.54
	10	74.66	57.28	37.97	89.08	84.30	64.30
	11	74.85	52.10	39.09	90.62	81.68	63.42
	12	74.79	52.46	39.06	94.82	79.12	59.51
	13	71.68	55.56	39.06	95.65	75.50	62.76
	14	73.47	56.12	39.21	95.18	74.55	60.60
	15	74.55	48.17	39.50	95.22	84.18	60.82
	16	75.43	48.20	38.92	95.79	86.38	63.23
	17	73.45	49.92	35.37	90.06	80.82	63.68
	18	73.52	57.96	34.16	95.65	78.16	65.95
	19	68.90	56.66	37.00	93.27	80.48	63.17
	20	73.13	56.91	43.85	95.13	84.61	67.49
	21	72.92	50.23	41.81	94.00	84.38	66.51
	22	73.54	54.13	40.22	93.82	83.54	64.42
	23	73.79	50.37	40.92	94.72	84.15	64.99
	24	75.56	53.85	36.51	92.38	84.12	62.53
	25	76.61	54.10	37.16	93.16	79.69	70.30
PROMEDIO SS		73.05	53.60	37.86	92.64	81.67	64.02
DESVEST		1.99	2.82	2.43	2.30	3.22	2.38
VARIANZA		3.98	7.98	5.92	5.28	10.36	5.64
MEDIANA		73.47	54.13	37.97	92.58	82.26	63.68

5.4 Análisis estadístico para pol

Tabla XIX. Resultado de la prueba “t” para medias de dos muestras emparejadas para el análisis de pol de cada producto derivado en la extracción de azúcar en la caña utilizando la hoja de Microsoft office Excel 2003.

MATERIAL	t calculada	t tablas 95%	t tablas 99%	CONCLUSION
JUGO PRIMARIO	0.77876	2.06390	2.79694	No hay diferencia significativa entre los valores obtenidos con y sin subacetato en 25 muestras
JUGO MEZCLADO	0.53090	2.06390	2.79694	No hay diferencia significativa entre los valores obtenidos con y sin subacetato en 25 muestras
JUGO RESIDUAL	1.35744	2.06390	2.79694	No hay diferencia significativa entre los valores obtenidos con y sin subacetato en 25 muestras
JUGO CLARO	0.05370	2.06390	2.79694	No hay diferencia significativa entre los valores obtenidos con y sin subacetato en 25 muestras
JUGO FILTRADO	0.57354	2.06390	2.79694	No hay diferencia significativa entre los valores obtenidos con y sin subacetato en 25 muestras
MELADURA	0.84644	2.06390	2.79694	No hay diferencia significativa entre los valores obtenidos con y sin subacetato en 25 muestras
MASA A	1.65975	2.06390	2.79694	No hay diferencia significativa entre los valores obtenidos con y sin subacetato en 25 muestras
MASA B	0.29247	2.06390	2.79694	No hay diferencia significativa entre los valores obtenidos con y sin subacetato en 25 muestras
MASA C	0.24236	2.06390	2.79694	No hay diferencia significativa entre los valores obtenidos con y sin subacetato en 25 muestras
MIEL A	0.77147	2.06390	2.79694	No hay diferencia significativa entre los valores obtenidos con y sin subacetato en 25 muestras
MIEL B	0.44479	2.06390	2.79694	No hay diferencia significativa entre los valores obtenidos con y sin subacetato en 25 muestras
MIEL C	1.07576	2.06390	2.79694	No hay diferencia significativa entre los valores obtenidos con y sin subacetato en 25 muestras

Continuación

MAGMA B	0.09448	2.06390	2.79694	No hay diferencia significativa entre los valores obtenidos con y sin subacetato en 25 muestras
MAGMA C	1.88252	2.06390	2.79694	No hay diferencia significativa entre los valores obtenidos con y sin subacetato en 25 muestras
SEMILLA	0.70989	2.06390	2.79694	No hay diferencia significativa entre los valores obtenidos con y sin subacetato en 25 muestras
MEZCLA	0.16247	2.06390	2.79694	No hay diferencia significativa entre los valores obtenidos con y sin subacetato en 25 muestras
BAGAZO	0.08575	2.06390	2.79694	No hay diferencia significativa entre los valores obtenidos con y sin subacetato en 25 muestras
CACHAZA	0.31179	2.06390	2.79694	No hay diferencia significativa entre los valores obtenidos con y sin subacetato en 25 muestras
AZUCAR	0.47330	2.06390	2.79694	No hay diferencia significativa entre los valores obtenidos con y sin subacetato en 25 muestras

Tabla XX. Resultado de la prueba "F" de análisis de varianza de clasificación simple para el análisis de pol de cada producto derivado en la extracción de azúcar en la caña.

	JUGO PRIMARIO	JUGO MEZCLADO	JUGO RESIDUAL	JUGO CLARO	JUGO FILTRADO	MELADURA	MASA A	MASA B	MASA C
variabdentro	1.11	1.12	0.10	0.17	0.48	9.84	3.16	6.23	4.95
varmedias	2.59E-05	1.16E-04	2.42E-04	5.83E-07	5.00E-05	3.36E-03	2.98E-02	2.15E-03	1.39E-03
variabentre	6.48E-04	2.89E-03	6.05E-03	1.46E-05	1.25E-03	8.40E-02	7.44E-01	5.38E-02	3.48E-02
F CALC.	5.83E-04	2.58E-03	6.01E-02	8.75E-05	2.58E-03	8.54E-03	2.36E-01	8.64E-03	7.04E-03
F TABLAS 95%	4.04	4.04	4.04	4.04	4.04	4.04	4.04	4.04	4.04
F TABLAS 99 %	7.19	7.19	7.19	7.19	7.19	7.19	7.19	7.19	7.19
CONCLUSION	NDS	NDS	NDS	NDS	NDS	NDS	NDS	NDS	NDS

	MIEL A	MIEL B	MIEL C	MAGMA B	MAGMA C	SEMILLA	MEZCLA	BAGAZO	CACHAZA	AZUCAR
variabdentro	12.64	12.24	6.10	4.29	27.04	3.43	16.43	0.13	0.77	0.18
varmedias	4.80E-03	8.00E-04	9.30E-03	1.04E-04	9.80E-03	2.89E-03	1.16E-04	8.00E-06	2.33E-04	8.32E-04
variabentre	1.20E-01	2.00E-02	2.33E-01	2.59E-03	2.45E-01	7.22E-02	2.89E-03	2.00E-04	5.83E-03	2.08E-02
F CALCULADA	9.50E-03	1.63E-03	3.81E-02	6.05E-04	9.06E-03	2.10E-02	1.76E-04	1.57E-03	7.62E-03	1.14E-01
F TABLAS 95%	4.04	4.04	4.04	4.04	4.04	4.04	4.04	4.04	4.04	4.04
F TABLAS 99 %	7.19	7.19	7.19	7.19	7.19	7.19	7.19	7.19	7.19	7.19
CONCLUSION	NDS	NDS	NDS	NDS	NDS	NDS	NDS	NDS	NDS	NDS

NDS = NO EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA

5.4 Análisis estadístico para pureza

Tabla XXI. Resultado de la prueba “t” para medias de dos muestras emparejadas para el análisis de pureza de cada producto derivado en la extracción de azúcar en la caña utilizando la hoja de Microsoft office Excel 2003

MATERIAL	t calculada	t tablas 95%	t tablas 99%	CONCLUSION
JUGO PRIMARIO	0.8278	2.0639	2.7969	No hay diferencia significativa entre los valores obtenidos con y sin subacetato en 25 muestras
JUGO MEZCLADO	0.5762	2.0639	2.7969	No hay diferencia significativa entre los valores obtenidos con y sin subacetato en 25 muestras
JUGO RESIUDAL	1.3676	2.0639	2.7969	No hay diferencia significativa entre los valores obtenidos con y sin subacetato en 25 muestras
JUGO CLARO	0.0664	2.0639	2.7969	No hay diferencia significativa entre los valores obtenidos con y sin subacetato en 25 muestras
JUGO FILTRADO	0.4341	2.0639	2.7969	No hay diferencia significativa entre los valores obtenidos con y sin subacetato en 25 muestras
MELADURA	1.0266	2.0639	2.7969	No hay diferencia significativa entre los valores obtenidos con y sin subacetato en 25 muestras
MASA A	1.6655	2.0639	2.7969	No hay diferencia significativa entre los valores obtenidos con y sin subacetato en 25 muestras
MASA B	0.2958	2.0639	2.7969	No hay diferencia significativa entre los valores obtenidos con y sin subacetato en 25 muestras
MASA C	0.2403	2.0639	2.7969	No hay diferencia significativa entre los valores obtenidos con y sin subacetato en 25 muestras
MIEL A	0.1220	2.0639	2.7969	No hay diferencia significativa entre los valores obtenidos con y sin subacetato en 25 muestras
MIEL B	0.4097	2.0639	2.7969	No hay diferencia significativa entre los valores obtenidos con y sin subacetato en 25 muestras
MIEL C	1.0985	2.0639	2.7969	No hay diferencia significativa entre los valores obtenidos con y sin subacetato en 25 muestras

Continuación

MAGMA B	0.0642	2.0639	2.7969	No hay diferencia significativa entre los valores obtenidos con y sin subacetato en 25 muestras
MAGMA C	1.9192	2.0639	2.7969	No hay diferencia significativa entre los valores obtenidos con y sin subacetato en 25 muestras
SEMILLA	0.7247	2.0639	2.7969	No hay diferencia significativa entre los valores obtenidos con y sin subacetato en 25 muestras
MEZCLA	0.1682	2.0639	2.7969	No hay diferencia significativa entre los valores obtenidos con y sin subacetato en 25 muestras

Tabla XXII. Resultado de la prueba "F" de análisis de varianza de clasificación simple para el análisis de pureza de cada producto derivado en la extracción de azúcar en la caña.

	JUGO PRIMARIO	JUGO MEZCLADO	JUGO RESIDUAL	JUGO CLARO	JUGO FILTRADO	MELADURA	MASA A	MASA B	MASA C
medias de medias	88.88	87.26	81.33	88.29	83.33	88.09	89.66	73.84	55.98
variabdentro	3.23	8.16	4.76	1.71	5.20	1.23	1.32	6.32	4.69
varmedias	4.25E-04	6.00E-03	1.73E-01	3.83E-05	2.71E-03	1.27E-02	3.50E-02	2.47E-03	1.41E-03
variabentre	1.06E-02	1.50E-01	4.32E+00	9.58E-04	6.76E-02	3.17E-01	8.75E-01	6.19E-02	3.53E-02
F CALCULADA	0.0033	0.0184	0.9075	0.0006	0.0130	0.2571	0.6626	0.0098	0.0075
F TABLAS 95%	4.04	4.04	4.04	4.04	4.04	4.04	4.04	4.04	4.04
F TABLAS 99 %	7.19	7.19	7.19	7.19	7.19	7.19	7.19	7.19	7.19

	MIEL A	MIEL B	MIEL C	MAGMA B	MAGMA C	SEMILLA	MEZCLA
medias de medias	73.04	53.57	37.95	92.65	81.74	63.98	77.13
variabdentro	3.85	8.12	6.18	5.41	10.35	5.72	2.83
varmedias	2.66E-04	1.67E-03	1.33E-02	5.71E-05	1.23E-02	3.61E-03	2.67E-04
variabentre	6.64E-03	4.17E-02	3.34E-01	1.43E-03	3.07E-01	9.02E-02	6.67E-03
F CALCULADA	0.0017	0.0051	0.0540	0.0003	0.0296	0.0158	0.0024
F TABLAS 95%	4.04	4.04	4.04	4.04	4.04	4.04	4.04
F TABLAS 99 %	7.19	7.19	7.19	7.19	7.19	7.19	7.19

NDS = NO EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Análisis del brix

En este estudio no se ve influenciado el Brix, debido a que la lectura es directa y no necesita un tratamiento previo de clarificación las muestras provenientes en la producción de azúcar cruda. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 7, 8, 9 y 10 de la sección de resultados.

El dato de brix sirve para calcular la pureza, según Ecuación 1 de Metodología sección 4.5.3

6.2 Análisis de pol

Como se muestra en las tablas de la 11 a la 14 tanto en el área de molinos, clarificación y evaporación, tachos y centrífugas, las desviaciones estándar y las varianzas son altas, debido a que la pol es una propiedad directamente ligada a la calidad y variedad de la caña de azúcar que en el momento del muestreo estaba ingresando al ingenio.

Con respecto al análisis estadístico, en donde se utilizó dos métodos para comparar si en ambos es aceptada la hipótesis nula, trabajando en ambos casos con niveles de confianza del 95% y 99%.

Tomando como primer análisis la prueba “t” para medias de dos muestras emparejadas, se puede demostrar que no existe una diferencia significativa

entre los resultados obtenidos con y sin subacetato en 25 muestras de cada producto derivado en la extracción de azúcar de la caña en cualquier punto del proceso de dicha fabricación (ver tabla 19, sección de resultados).

Por lo que la prueba “t” acepta la hipótesis nula “El uso de un agente clarificante sin contenido de plomo comercialmente llamado Octapol, por el subacetato de plomo, no varía significativamente las propiedades de pol y pureza en cada uno de los productos derivados de la fabricación de caña de azúcar”.

Utilizando la prueba “F” de análisis de varianza de clasificación simple, confirma la aceptación de la hipótesis nula que se formuló (ver tabla 20, sección de resultados).

6.3 Análisis de pureza

Con respecto a la pureza, propiedad que esta ligada con el brix y la pol, pero en este caso el brix se mantiene constante en los dos tratamientos tanto para subacetato de plomo como el Octapol. La diferencia la definirá la Pol.

Como se muestra en las tablas de la 15 a la 18 tanto en el área de molinos, clarificación y evaporación, tachos y centrifugas, las desviaciones estándar y las varianzas son altas, porque al igual que la pol es una propiedad directamente ligada a la calidad y variedad de la caña de azúcar que en el momento del muestreo estaba ingresando al ingenio.

Al realizarle la prueba “t” para medias de dos muestras emparejadas, también se pudo constatar que no existe diferencia significativa entre el usar

subacetato de plomo u octapol como agente clarificante con un nivel de confianza del 95% y 99% (ver tabla 21, sección de resultados).

Además se utilizó la prueba “F” de análisis de varianza de clasificación simple, que aprueba la hipótesis nula anteriormente descrita (ver tabla 22, sección de resultados).

7. CONCLUSIONES

1. Es factible la sustitución del subacetato de plomo por otro agente clarificante que no contiene plomo, y que es el comercialmente llamado Octapol, cuando se ensaya derivados del proceso del azúcar de caña según la norma ICUMSA (Internacional Comisión for Uniform Methods of Sugar Análisis).
2. Al sustituir el subacetato de plomo por el Octapol no afecta el valor de polarización de cada uno de los productos ensayados en cada una de las etapas de fabricación de la caña de azúcar monitoreadas.
3. Al sustituir el subacetato de plomo por el Octapol no afecta el valor de las purezas de cada uno de los productos ensayados en cada una de las etapas de fabricación de la caña de azúcar monitoreadas.
4. Es efectivo el diseño experimental realizado para el estudio de la sustitución del subacetato por el octapol

8. RECOMENDACIONES

1. Anotar la fecha en que se activa el frasco de Octapol debido a que va disminuyendo su efecto clarificante, para poder tener un mejor control del mismo.
2. Disolver con agua destilada la cantidad de octapol a utilizar antes de agregar a la muestra para evitar la dificultar de leer el aforo. (presencia de burbujas)
3. Si el filtrado es claro y ligeramente amarillo: Esto es correcto.
4. Si el filtrado es claro y oscuro: Aumente la cantidad de clarificador.
5. Si el filtrado es turbio y oscuro: Aumente la cantidad de clarificador y deje la muestra reposar más tiempo después de agitarla antes que sea filtrada.
6. Si el filtrado es turbio y ligeramente amarillo: Deje reposar la muestra más tiempo después de agitarla antes de ser filtrada.
7. Si el filtrado es claro e incoloro: Legible, pero la cantidad de clarificador debe disminuirse ligeramente.
8. Si el filtrado es turbio e incoloro: Disminuya la cantidad de clarificador usado.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. ARCA, MANUEL P. y Esparza, Raúl. **HACIENDO AZUCAR VOLUMEN 2.** Miami, Editorial Arca Corporation. 1984. 12 Págs.
2. AURURREKOETXEA/URBANEJA F. /TEJADA M.A. / **Vigilancia de los trabajadores expuestos al plomo.** Editorial Prevención 1994, 5-31,130
3. CHEN, JAMES C.P. **Manual del azúcar de caña.** 11a edición México, D.F. Editorial Limusa, 1991. 1200 pgs.
4. COMISIÓN PARA LA UNIFICACIÓN DE MÉTODOS DE LABORATORIO (CUMLA) LABORATORIO DE INGENIOS AZUCAREROS DE GUATEMALA, CENTRO AMÉRICA. **Manual De Análisis De Rutina Para Los Laboratorios Azucareros De Guatemala.** Guatemala: 48 pgs.
5. **Continuos centrifugal. Catalogo the Western Stales Machine Company** 1982. 22 pgs.
6. EISNER J. BASIC **Calculation For The Cane Sugar Factory.** 2a. edición, Inglaterra, editorial fletcher and stewart limited. 1988. 60 pgs.
7. **General Report of Royal Society of Chemistry, principles of data Quality Control in Chemical Analysis, Analyst.** 114 pgs. (1989)

8. GEPLACEA. **Manual De Técnicas Analíticas De Azúcares Y Mieles Para América Latina Y El Caribe.** Colección Geplacea. México: 1984. 123 pgs.
9. HERNANDEZ, SAMPIERI **Metodología de la Investigación** Editorial Mc Graw-Hill 1998, 240 pgs.
10. HUGOT, E. **Manual Para Ingenieros Azucareros.** 1a. edición México, D.F. Editorial continental, 1984. 802 pgs.
11. MORREL FLORES, IGNACIO. **Tecnología Azucarera.** Cuba: Universidad Central de Las Viñas. 1984. 125 pgs.
12. MURRAY, R.S. **Teoría y Problemas de Estadística.** Editorial pueblo y Educación, Cuba 1975.
13. PERRY, JOHN H. **Manual Del Ingeniero Químico..** Tomo II, México editorial Hispanoamericana, 1976. 1548 - 1582 pgs.
14. RAYMOND, CHANG **Química** Editorial Mc Graw-Hill
15. SPENCER, GUILFORD Y GEORGE MEADE. **Cane Sugar Hand Book.** 9a edición, Estados Unidos, Editorial John Wiley and sons, inc. 1948.
12. TAYASAL. **Curso De Especialización En Ingeniería Azucarera.** Fabricación y Laboratorio. Guatemala 1,990. 68 pags.
13. VOGUEL, ARTHUR **Química Analítica Cuantitativa Volumen I y II.** Editorial Kapelutz, 1980

Referencia electrónica

14. www.msc.es/medioambient/saludLaboral/vigitrabajadores/pdf/plomo.pdf,
20 mayo de 2005.
15. www.giurfa.com/plomo.html, 20 mayo de 2005.
16. www.lenntech.com/espeñol/tabla-periodica /Pb.htm, 20 mayo de 2005
17. www.monografias.com/trabajos15/plomo/plomo.shtml, 20 mayo de 2005
18. www.ananova.com, 20 mayo de 2005

ANEXOS

ANEXO 1

PROCEDIMIENTOS DE ANALISIS DE LABORATORIO DE UN INGENIO AZUCARERO

1. ANÁLISIS DE JUGOS

OBJETIVO DEL ANÁLISIS:	Determinar calidad de jugo y detectar problemas de asepsia en molinos, así como cantidad de agua de imbibición agregada.
JUGOS:	1.1. Fincas 1.2. Primario 1.3. Diluido 1.4. Residual 1.5. Clarificado 1.6. Filtrado
LUGAR DE MUESTREO:	Fincas y Jugo Primario: En el molino 1 (cerrar llave de reflujo) Diluido: En el pachaquil. Residual: En el ultimo molino por la parte de atrás. Clarificado y Filtrado: En el tanque de jugo alcalizado.
TIPO DE ANÁLISIS:	Determinación de Brix. Determinación de Pol. Calculo de Pureza. Determinación de pH.
FRECUENCIA DE MUESTREO:	Cada hora.
PRECAUCIÓN:	Conservar la muestra a temperatura menor de 20 °C
FRECUENCIA DE ANÁLISIS:	Determinación de Brix: cada 4 horas. Determinación de Pol: cada 4 horas. Cálculo de Pureza: cada 4 horas. Determinación de pH: cada 4 horas.

MATERIALES Y EQUIPO:

Frasco para muestreo.
Frasco para preservar muestra.
Cápsula de acero inoxidable
Beaker / vasos
Embudo
Piseta
Balón de 100 ml. Koulraush
Tapones de hule
Papel Filtro .
Polarímetro.
Refractómetro
Subacetato de plomo a 54.6 Brix.
Tubo de polarización de 200 mm.
Goteros
Termómetro
Balanza analítica
Agua desmineralizada ó destilada
Medidor de pH
Soluciones de pH 4 y 7

Análisis de Pol.

1. Del jugo recolectado durante las 4 horas. Pesar 26 gr. en una cápsula de acero inoxidable.
2. La muestra de jugo es transferida a un balón de 100 ml, teniéndose el cuidado de lavar la cápsula con agua destilada.
3. Agregar 1 ml (aproximadamente 12 gotas) de subacetato de plomo y aforar con agua destilada, agitando con firmeza la muestra.
4. Filtrar la muestra con papel filtro.
5. Al momento del filtrado lavar de 2 a 3 veces el Beaker con la muestra.
6. Agregar el filtrado a un tubo polarimétrico de 200 mm. , Asegurándose lavar con la muestra el tubo de 2 a 3 veces antes de obtener la lectura.
7. Tomar la lectura directa del polarímetro.

Análisis de Brix.

1. Para la lectura Brix tomar 10 gotas aproximadamente y depositarlas en el refractómetro, teniendo el cuidado de lavar el lente del refractómetro con agua destilada antes de colocar la muestra.
2. La lectura es directa.

CÁLCULOS:

$$\text{Pureza} = (\text{Pol} / \text{Brix}) \times 100$$

Medición del pH.

1. De las muestras de jugo tomar 250 ml aproximadamente en un beaker y proceder a introducir el electrodo en la muestra para tomar la lectura directa en el Potenciómetro. Se debe tomar en cuenta que al inicio y final de cada lectura asegurarse de lavar el electrodo con agua destilada para no contaminar la muestra con las anteriores y no causar variación en las soluciones patrones de pH.

NOTA: Mantener el electrodo en agua destilada.

2. ANÁLISIS MELADURA

TIPO DE ANÁLISIS: Determinación de Brix.
Determinación de Pol.
Calculo de Pureza.
Determinación de pH.

FRECUENCIA DE MUESTREO: Cada hora.

LUGAR DE MUESTREO: Tanque de meladura.

PRECAUCIÓN: Preservar la muestra a temperatura menor de 20°C.

FRECUENCIA DE ANÁLISIS: Determinación de Brix: cada 4 horas.
Determinación de Pol: cada 4 horas.
Cálculo de Pureza: cada 4 horas.
Determinación de pH: cada 4 horas.

MATERIALES Y EQUIPO: Frascos para muestreo
Frascos para conservar la muestra
Beaker de acero inoxidable de 1000 ml.
Espátula
Balanza de platos
Agitador.
Cápsula de acero inoxidable
Beaker / vasos
Embudo
Papel Filtro.

Balón volumétrico de 200 ml.
Taponés de hule
Subacetato de plomo a 54.6 Brix.
Tubo de polarización de 200 mm.
Polarímetro
Refractómetro
Medidor de pH
Balanza Analítica

Análisis de pol:

1. Preparar una solución 1:1 en peso de meladura con agua.
2. Disolver la muestra de meladura con agua aproximadamente 5 minutos.
3. Pesar 26 grms. de muestra.
4. la muestra es transferida cuantitativamente a un balón de 200 ml. teniendo el cuidado de lavar la cápsula con agua, para evitar que se quede muestra adherida a la cápsula.
5. Agregar 7 ml. de Subacetato de plomo.
6. Filtrar la muestra con papel filtro.
7. Trasvasar el filtrado a un tubo polarimétrica de 200 mm. Asegurándose lavar con la muestra el tubo de 2 a 3 veces antes de obtener la lectura.
8. Lectura obtenida por el polarímetro es multiplicada por 4

Análisis de Brix.

1. Para la lectura Brix tomar 10 gotas aproximadamente y depositarlas en el refractómetro, teniendo el cuidado de lavar el lente del refractómetro con agua destilada antes de colocar la muestra.
2. La lectura es multiplicada por 2 debido a la dilución inicial.

$$\text{Pureza} = (\text{Pol} / \text{Brix}) \times 100$$

3. ANÁLISIS DE MASAS

ANÁLISIS DE MASAS

MASAS:

- 3.1 MASA "A" (Tacho 6 y 7)
- 3.2 MASA "B" (Tacho 3 y 5)
- 3.3 MASA "C" (Tacho 1 y 2)

TIPO DE ANÁLISIS:

Determinación de Brix.
Determinación de Pol.
Calculo de Pureza.

FRECUENCIA DE MUESTREO: Cada vez que descargan los tachos.

FRECUENCIA DE ANÁLISIS: Determinación de Brix: cada templa.
Determinación de Pol: cada templa.
Cálculo de Pureza: cada templa.

MATERIALES Y EQUIPO: Frascos para muestreo
Frascos para conservar la muestra
Espátula
Balanza de platos
Agitador
Beakers de acero inoxidable de 1000 ml.
Cápsula de pesado.
Beaker / vasos
Embudo.
Papel Filtro.
Balón volumétrico de 200 ml.
Taponos de hule.
Subacetato de plomo a 54.6 Brix.
Tubo de polarización de 200 mm.
Polarímetro.
Refractómetro
Termohidrómetro
Balanza Analítica

Análisis de pol:

1. Preparar una solución 1:1 en peso de las masas con agua.
2. Disolver la muestra con agua aproximadamente 5 minutos. (masa "C" disolver con agua caliente aproximadamente 10 -15)
3. Pesar 26 gr. de muestra.
4. la muestra es transferida cuantitativamente a un balón de 200 ml. teniendo el cuidado de lavar la cápsula con agua, para evitar que se quede muestra adherida a la cápsula.
5. Agregar 7 ml. de Subacetato de plomo para masa A y B; y 15 ml para masa C.
6. Filtrar la muestra con papel filtro.
7. Trasvasar el filtrado a un tubo polarimétrica de 200 mm. Asegurándose lavar con la muestra el tubo de 2 a 3 veces antes de obtener la lectura.
8. Lectura obtenida por el polarímetro es multiplicada por 4

Análisis de Brix.

1. Para la lectura Brix tomar 10 gotas aproximadamente y depositarlas en el refractómetro, teniendo el cuidado de lavar el lente del refractómetro con agua destilada antes de colocar la muestra.
2. La lectura es multiplicada por 2 debido a la dilución inicial.

NOTA: El brix de la masa tercera se toma de forma hidrométrica.

1. En una probeta de 500 ml. verter la dilución e introducirle el Termohidrómetro de escala 40 - 50, esperar por un espacio de tiempo de 5 minutos o más para eliminar las burbujas de aire que se forman al momento de depositar la dilución en la probeta.
2. La lectura obtenida es corregida por un factor de temperatura, para luego ser multiplicada por 2 debido a la dilución inicial

$$\text{Pureza} = (\text{Pol} / \text{Brix}) \times 100$$

4. ANÁLISIS DE MAGMAS, MEZCLA Y SEMILLA

MUESTRAS:

- 4.1 Magma "B" (Centrífugas continuas de 2da./Tanque Tachos)
- 4.2. Magma "C" (Centrífuga continuas de 3ra. / Tanque tachos)
- 4.3 Mezcla **(PRIORIDAD Y ES ANÁLISIS DIRECTO) (Tacho 1)**
- 4.4 Semilla **(PRIORIDAD Y ES ANÁLISIS DIRECTO) (Tacho 1)**

TIPO DE ANÁLISIS: Determinación de Brix.
Determinación de Pol.
Calculo de Pureza.

FRECUENCIA DE MUESTREO: Cada 4 horas.

FRECUENCIA DE ANÁLISIS: Determinación de Brix: cada 4 horas.
Determinación de Pol: cada 4 horas.
Cálculo de Pureza: cada 4 horas.

MATERIALES Y EQUIPO: Frascos para muestreo
Frascos para conservar la muestra
Espátula

Balanza de platos
Agitador
Beakers de acero inoxidable de 1000 ml.
Cápsula de pesado.
Beaker / vasos
Embudo.
Papel Filtro.
Balón volumétrico de 200 ml.
Taponos de hule.
Subacetato de plomo a 54.6 Brix.
Tubo de polarización de 200 mm.
Polarímetro.
Refractómetro
Balanza Analítica

Análisis de pol:

1. Preparar una solución 1:1 en peso de las magmas, mezcla o semilla con agua.
2. Disolver la muestra con agua aproximadamente 5 minutos.
3. Pesar 26 gr. de muestra.
4. la muestra es transferida cuantitativamente a un balón de 200 ml. teniendo el cuidado de lavar la cápsula con agua, para evitar que se quede muestra adherida a la cápsula.
5. Agregar 7 ml. de Subacetato de plomo para magma C, mezcla y semilla; y 2 ml para magma B.
6. Filtrar la muestra con papel filtro.
7. Trasvasar el filtrado a un tubo polarimétrica de 200 mm. Asegurándose lavar con la muestra el tubo de 2 a 3 veces antes de obtener la lectura.
8. Lectura obtenida por el polarímetro es multiplicada por 4

Análisis de Brix.

1. Para la lectura Brix tomar 10 gotas aproximadamente y depositarlas en el refractómetro, teniendo el cuidado de lavar el lente del refractómetro con agua destilada antes de colocar la muestra.
2. La lectura es multiplicada por 2 debido a la dilución inicial.

$$\text{Pureza} = (\text{Pol} / \text{Brix}) \times 100$$

5.0 ANÁLISIS DE MIEL "A" Y "B"

- 5.1 Miel "A" (centrífugas batch de 1ra/Tanque tachos)
- 5.2 Miel "B" (Centrífugas continuas de 2da. / Tanque tachos)

TIPO DE ANÁLISIS: Determinación de Brix.
Determinación de Pol.
Calculo de Pureza.

FRECUENCIA DE MUESTREO: Cada 4 horas.

FRECUENCIA DE ANÁLISIS: Determinación de Brix: cada 4 horas.
Determinación de Pol: cada 4 horas.
Cálculo de Pureza: cada 4 horas.

MATERIALES Y EQUIPO: Frascos para muestreo
Frascos para conservar la muestra
Espátula
Balanza de platos
Agitador
Beakers de acero inoxidable de 1000 ml.
Cápsula de pesado.
Beaker / vasos
Embudo.
Papel Filtro.
Balón volumétrico de 200 ml.
Tapones de hule.
Subacetato de plomo a 54.6 Brix.
Tubo de polarización de 200 mm.
Polarímetro.
Refractómetro
Balanza Analítica.

Análisis de pol:

1. Preparar una solución 1:1 en peso de las mieles con agua.
2. Disolver la muestra con agua aproximadamente de 5 minutos.
3. Pesar 26 grs. de muestra en una cápsula inoxidable.
4. La muestra es transferida cuantitativamente a un balón de 200 ml. teniendo el cuidado de lavar la cápsula con agua, para evitar que se quede muestra adherida.
5. Agregar 7 ml. de Subacetato de plomo.
6. Filtrar la muestra con papel filtro.
7. Trasvasar el filtrado a un tubo polarimétrica de 200 mm. Asegurándose lavar con la muestra el tubo de 2 a 3 veces antes de obtener la lectura.
8. Lectura obtenida por el polarímetro es multiplicada por 4

Análisis de Brix.

1. Para la lectura Brix tomar 10 gotas aproximadamente y depositarlas en el refractómetro, teniendo el cuidado de lavar el lente del refractómetro con agua destilada antes de colocar la muestra.
2. La lectura es multiplicada por 2 debido a la dilución inicial.

$$\text{Pureza} = (\text{Pol} / \text{Brix}) \times 100$$

6. MIEL "C"

TIPO DE ANÁLISIS: Determinación de Brix.
Determinación de Pol.
Calculo de Pureza.

FRECUENCIA DE MUESTREO: Cada 4 horas.

LUGAR DE MUESTREO: Tanque Tachos / Centrifugas con'tinuas de 3ra

FRECUENCIA DE ANÁLISIS: Determinación de Brix: cada 4 horas.
Determinación de Pol: cada 4 horas.

MATERIALES Y EQUIPO: Frascos para muestreo
Frascos para conservar la muestra
Espátula
Balanza de platos
Agitador
Beakers de acero inoxidable de 1000 ml.
Cápsula de pesado.
Beaker / vasos
Embudo.
Papel Filtro.
Balón volumétrico de 200 ml
Balón volumétrico 50 – 55 ml.
Tapones de hule.
Subacetato de plomo a 54.6 Brix.
Acido Acético al 10%
Tubo de polarización de 200 mm.
Probeta de 500 ml.
Polarímetro.
Termohidrómetro
Balanza Analítica
Refractómetro

Análisis de pol:

1. Preparar una solución 1:1 en peso de miel con agua.
2. Disolver la muestra con agua aproximadamente de 10 a 15 minutos.
3. Pesar 26 grs. de muestra en una cápsula inoxidable.
4. La muestra es transferida cuantitativamente a un balón de 200 ml. teniendo el cuidado de lavar la cápsula con agua, para evitar que se quede muestra adherida.
5. Agregar 14 ml. de Subacetato de plomo.
6. Filtrar la muestra con papel filtro, asegurándose que el primer filtrado sirva para lavar el Beaker.
7. Medir 50 ml. del filtrado en un balón 50-55 ml. y aforar con 5 ml. de Acido Acético al 10%.
8. Trasvasar el filtrado a un tubo polarimétrica de 200 mm. Asegurándose lavar con la muestra el tubo de 2 a 3 veces antes de obtener la lectura.
9. Lectura obtenida por el polarímetro es multiplicada por 4.4

Análisis de Brix Hidrométrico (pipas)

1. En una probeta de 500 ml. verter la dilución e introducir el Termohidrómetro de escala 40 - 50, esperar por un espacio de tiempo de 5 minutos o mas para eliminar las burbujas de aire que se forman al momento de depositar la dilución en la probeta.
2. Asegurarse que al momento de observar la lectura esta no sea afectada por espuma que se encuentre alrededor del Termohidrómetro.
3. La lectura obtenida es corregida por un factor de temperatura, para luego ser multiplicada por 2 debido a la dilución inicial

Análisis de Brix Refractométrico (Análisis Rutinario)

1. Para la lectura Brix tomar 10 gotas aproximadamente y depositarlas en el refractómetro, teniendo el cuidado de lavar el lente del refractómetro con agua destilada antes de colocar la muestra.
2. La lectura es multiplicada por 2 debido a la dilución inicial.

$$\text{Pureza} = (\text{Pol} / \text{Brix}) \times 100$$

7. ANÁLISIS DE AZÚCAR

TIPO DE ANÁLISIS: Determinación de Pol.

Determinación de humedad.

FRECUENCIA DE MUESTREO: Cada 4 horas.

FRECUENCIA DE ANÁLISIS: Determinación de pol: cada 4 horas.
Determinación de humedad: cada 4 horas.

MATERIALES Y EQUIPO: Frascos para muestreo
Espátula
Balanza de platos
Agitador
Cápsula de pesado.
Beaker / vasos
Embudo.
Papel Filtro.
Balón volumétrico de 100 ml
Taponos de hule.
Subacetato de plomo a 54.6 Brix.
Tubo de polarización de 200 mm.
Polarímetro.
Balanza Analítica
Refractómetro.
Horno

Análisis de pol:

1. Pesar 26 gramos de azúcar.
2. La muestra es transferida cuantitativamente a un balón de 100 ml. teniendo el cuidado de lavar la cápsula con agua, para evitar que se quede muestra adherida.
3. Disolver con agua destilada y añadir 0.5 ml de subacetato de plomo para clarificar, luego se afora el balón.
4. Filtrar la muestra con papel filtro, asegurándose que el primer filtrado sirva para lavar el Beaker.
5. Trasvasar el filtrado a un tubo polarimétrico de 200 mm. Asegurándose lavar con la muestra el tubo de 2 a 3 veces antes de obtener la lectura.
6. Tomar la lectura directa del polarímetro.

8. ANÁLISIS DE CACHAZA

OBJETIVO DEL ANÁLISIS: El lodo e impurezas que se extraen del jugo clarificado, arrastran consigo azúcar. Esta azúcar se recupera parcialmente en los filtros de cachaza, otra parte se pierde. El análisis de Pol de cachaza cuantifica la cantidad de azúcar que se pierde conjuntamente con los lodos que se descartan.

TIPO DE ANÁLISIS: Determinación del Pol.

FRECUENCIA DE MUESTREO: Cada 3 horas.

PRECAUCIÓN: Conservar la muestra en recipiente cerrado.

FRECUENCIA DE ANÁLISIS: Determinación del Pol: cada 3 horas.
Determinación de humedad: cada 12 horas.

MATERIALES Y EQUIPO: Frascos para muestreo
Espátula
Cápsula de pesado.
Beaker / vasos
Embudo.
Papel Filtro.
Balón volumétrico de 200 ml.
Tapones de hule.
Subacetato de plomo a 54.6 Brix.
Tubo de polarización de 200 mm.
Polarímetro.
Bandeja
Horno convencional
Balanza Analítica

Análisis de Pol:

1. Homogenizar la muestra de cachaza.
2. Pesar 25 gr. De cachaza en una cápsula de pesado y trasvasar cuantitativamente a un balón de 200 ml. Teniendo cuidado que no se quede muestra adherida a la cápsula.
3. Agregar 3 ml. de solución de Subacetato, aforar, dejar que clarifique y filtrar.
4. Al filtrado obtenido, determinar la lectura polarimétrica en un tubo de polarización de 200 mm.
5. La lectura obtenida se multiplica por 2.

9. ANÁLISIS DE BAGAZO

OBJETIVO DEL ANALISIS: El análisis de bagazo permite conocer la cantidad de azúcar que se pierde en el bagazo y que va a ser quemada en calderas o almacenada en la casa de bagazo. Es una pérdida grande debido a las cantidades de bagazo que se obtienen en la molienda

TIPO DE ANÁLISIS: Determinación del Pol.

FRECUENCIA DE MUESTREO: Cada 4 horas.

PRECAUCIÓN: Conservar la muestra en recipiente cerrado.

FRECUENCIA DE ANÁLISIS: Determinación de Pol: Cada 4 horas.
Determinación de Humedad: Cada 4 horas.

MATERIAL REQUERIDO: Cubeta para recolección de muestra.
Balanza
Bandejas de pesado.
Carbonato de Sodio 10%.
Probeta de 10 ml.
Probeta de 1000 ml.
Licuadora industrial
Subacetato de Plomo.
Beaker / vasos
Embudo.
Papel filtro
Horno.
Tubo de Polarización de 200 mm.
Polarímetro.
Balanza Analítica

DETERMINACIÓN DE POL (MÉTODO DE LICUADORA INDUSTRIAL)

1. Pesar 100 gr. De bagazo y colocarlos en una Licuadora tipo Industrial.

2. Añadir 1000 ml de agua destilada y 5 ml de Carbonato de Sodio al 10% y licuar la muestra durante 6 minutos distribuidos en: tres minutos de trabajo y un minuto de descanso.
3. Luego de este tiempo, tomar una porción de la muestra y enfriar.
4. Clarificar esta solución con 0.5 grs. de subacetato de plomo en polvo, filtrar. Tomar la lectura polarimétrica con un tubo de polarización de 200 mm.

CÁLCULO:

Pol de Bagazo = Lectura polarimétrica (Si es tubo de 400 mm. Lectura directa)

Si la lectura polarimétrica se realiza en un tubo de 200 mm. La Pol de bagazo se calcula así:

Pol de Bagazo: Lectura polarimétrica x 2.73
FACTOR INGENIO: 2.73

ANEXO 2

HOJA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Subacetato de Plomo

(a) Descripción:

El Subacetato de Plomo, es producto químico en polvo, cuya fórmula molecular es $C_4H_8O_6Pb_2$, con una solubilidad en agua de 16 partes de agua fría.

Se recomienda su uso como clarificante en muestras y productos contaminados con sustancias solubles, teniendo una acción que le permite en pocos segundos, obtener una muestra clara para posteriores análisis.

(b) Contenido:

Subacetato de Plomo	100 %
---------------------	-------

(c) Manejo:

El Subacetato de Plomo es extremadamente peligroso a la salud, provoca trastornos hepáticos en pequeñas dosis, puede provocar leucemia y en grandes cantidades puede provocar la muerte.

Al contacto con los ojos, provoca irritación y ardor. Con la piel, provoca enrojecimiento, pudiendo absorberse el producto por la piel en largos períodos de contacto.

El plomo puede ser absorbido por las vías respiratorias, irritación local de bronquios y traquea, puede provocar los síntomas de ingestión accidental.

Se recomienda cuidado en su manipulación, utilizando para ello el equipo adecuado de protección: guantes de neopreno, botas de hule, lentes, mascarilla para polvos tóxicos y pechera de vinil. Después de estar en contacto con este producto, lavar con agua y jabón todo su equipo y su uniforme para evitar contaminación con residuos del plomo.

BADDLEY CHEMICALS, INC.
11230 Cloverland Avenue
Baton Rouge, Louisiana, USA

OCTAPOL, ZU-7272

(a) Descripción:

Octapol es un producto químico en polvo, cuya densidad es de 0.8 a 1.2 gr/cc, con una solubilidad en agua de 0.5 gr/ml a 25°C.

Se recomienda su uso como clarificante o floculante en muestras de aguas y productos contaminados con sustancias solubles, teniendo una acción que le permite en pocos segundos, obtener una muestra clara para posteriores análisis.

(b) Contenido:

Calcio	0 a 20%
Sílice	10 a 30%
Oxígeno	30 a 50%
Metales pesados	menos de 10ppm

(c) Manejo:

Octapol es un producto de uso seguro, su código de almacenaje es verde, ya que tiene baja reactividad y ninguna inflamabilidad.

Al igual que cualquier producto químico, se recomienda cuidado en su manipulación, utilizando para ello el equipo adecuado de protección (lentes, mascarilla).

ANEXO 3

FORMATO DE MUESTREO

INGENIO AZUCARERO
LABORATORIO
PERIODO DE ZAFRA

--

MATERIAL A ANALIZAR:

MUESTRA	HORA	FECHA	BRIX	POL C/SUBACETATO	POL C/OCTAPOL	PUREZA C/SUBACETATO	PUREZA C/OCTAPOL	ANALISTA RESPONSABLE
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								

