

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Desarrollo de Metodología para Cálculo de Eficiencia de un Desendulzado
de Espuma para Industria Azucarera

Trabajo de graduación presentado por

Pablo Roberto Ruiz de la Cruz

Para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en Tecnología
Industrial

Guatemala,

2016

**DESARROLLO DE METODOLOGÍA PARA CÁLCULO DE
EFICIENCIA DE UN DESENDULZADO DE ESPUMA PARA
INDUSTRIA AZUCARERA**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Desarrollo de Metodología para Cálculo de Eficiencia de un Desendulzado de
Espuma para Industria Azucarera

Trabajo de graduación presentado por

Pablo Roberto Ruiz de la Cruz

Para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en Tecnología
Industrial

Guatemala,

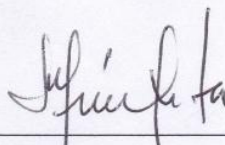
2016

Vo. Bo.:

(f) 
Ing. Carlos Rodolfo Ruiz Rivera

Tribunal Examinador:

(f) 
Ing. Carlos Rodolfo Ruiz Rivera

(f) 
Ing. Jorge Mendez

(f) 
Ing. Fernando Rivera

Fecha de aprobación: Guatemala 26 de Enero de 2016

ÍNDICE GENERAL

Contenido

ÍNDICE DIAGRAMAS	VIII
ÍNDICE FIGURAS	VIII
RESUMEN	IX
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. JUSTIFICACIÓN	2
3. OBJETIVOS	3
3.1. Objetivo general.....	3
3.2. Objetivos específicos	3
4. METODOLOGÍA	4
5. INFORMACIÓN GENERAL DE LA REFINERÍA	5
5.1. Antecedentes	5
5.1.1. Historia de <i>Ingenio Magdalena S.A.</i>	5
5.1.2. Reseña histórica refinería.	6
5.1.3. Misión.	6
5.1.4. Visión.....	6
6. MARCO CONCEPTUAL	7
6.1. Fabricación de azúcar	7
6.1.1. Preparación de la caña.	7
6.1.2. Molienda de caña.....	8
6.1.3. Clarificación..	8
6.1.4. Filtración.....	8
6.1.5. Evaporación.....	9
6.1.6. Cristalización.....	9
6.1.7. Centrifugado.....	9
6.2. Aspectos generales del proceso de refinería de azúcar	10
6.2.1. Disolución.	10
6.2.2. Clarificación.	11
6.2.3. Filtración.....	12
6.2.4. Concentrado de licor.	12
6.2.5. Cristalización.....	13
6.2.6. Centrifugación.	14
6.2.7. Secado y enfriado.	16

6.2.8.	Almacenamiento en domo.....	17
6.2.9.	Envasado de sacos y jumbos.....	18
7.	MARCO TEÓRICO DE CLARIFICACIÓN Y MANEJO DE ESPUMA	19
7.1.	Aspectos generales del proceso de clarificación de licor.....	19
7.1.1.	Clarificador de licor.....	19
7.1.2.	Clarificación del licor crudo por flotación.....	19
7.2.	Aspecto general del manejo de espuma.....	20
8.	RECOLECCIÓN DE DATOS.....	22
8.1.	Cálculos.....	23
8.1.1.	Cálculo de pureza.....	23
8.1.2.	Cálculo de sacarosa.....	24
8.1.3.	Cálculo de peso de espuma por turno.....	24
8.1.4.	Cálculo de espuma de salida (Sacarosa).....	24
8.1.5.	Cálculo de flujo de espuma de entrada al sistema.....	25
8.1.6.	Cálculo de porcentaje de eficiencia por turno.....	25
8.1.7.	Cálculo de porcentaje de retorno a fábrica.....	26
8.1.8.	Cálculo de eficiencia de entrada de azúcar.....	26
8.1.9.	Cálculo de porcentaje de azúcar recuperada.....	26
8.1.10.	Cálculo de porcentaje de azúcar retornada.....	26
9.	RESULTADOS	28
	GRÁFICA 1 PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN DE SACAROSA POR MUESTRA.....	28
	GRÁFICA 2 PORCENTAJE RETORNO DE ESPUMA AL ALCALIZADO DE FÁBRICA	28
	GRÁFICA 3 QUINTALES DE SACAROSA RECUPERADOS	29
	GRÁFICA 4 °BRIX EN TRES PUNTOS DEL SISTEMA.....	29
	GRÁFICA 5 MEDICIÓN DE POL EN EL SISTEMA.....	30
	GRÁFICA 6 MEDICIÓN DE PUREZA EN EL SISTEMA.....	30
10.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	31
10.1.	PORCENTAJE RECUPERACIÓN EN EL SISTEMA DE DESENDULZADO....	31
10.2.	PORCENTAJE RETORNO A FÁBRICA.....	31
10.3.	RECUPERACIÓN DE SACAROSA EN QUINTALES	31
10.4.	BRIX DE ENTRADA, AGUA DULCE Y SALIDA DEL SISTEMA.....	31
10.5.	POL DE ENTRADA, AGUA DULCE Y SALIDA DEL SISTEMA.....	32
10.6.	PUREZA DE ENTRADA, AGUA DULCE Y SALIDA DEL SISTEMA.....	32
11.	COSTOS.....	33
12.	CONCLUSIONES.....	34
13.	RECOMENDACIONES	35
14.	BIBLIOGRAFÍA	36

15.	GLOSARIO	37
16.	TABLAS DE DATOS.....	40

ÍNDICE DIAGRAMAS

DIAGRAMA 1 PROCESO ELABORACIÓN DE AZÚCAR.....	7
DIAGRAMA 2 PROCESO DE LA REFINERIA DE AZÚCAR.....	10

ÍNDICE FIGURAS

FIGURA 1 CLARIFICADOR DE LICOR DE AZÚCAR CRUDO.....	11
FIGURA 2 CONCENTRADOR DE LICOR DE TRES EFECTOS.....	13
FIGURA 3 TACHO BATCH.....	14
FIGURA 4 CENTRÍFUGA CONTINUA.....	16
FIGURA 5 SECADORA DE AZÚCAR.....	17
FIGURA 6 DESENDULZADO DE ESPUMAS DE FLOTACIÓN EN REFINERÍAS DE AZÚCAR	21

RESUMEN

En *Magdalena S.A.* se fabrican productos inocuos derivados de la caña de azúcar que es su principal materia prima, actualmente cuenta con una refinería de azúcar, la cual trabaja con altos estándares de calidad, con el fin de obtener los mejores rendimientos.

El presente trabajo de investigación, pretende definir un método para el cálculo de la eficiencia de un desendulzado de espuma, en una refinería de la industria azucarera.

Cuando se procesa el azúcar, en la etapa de refinación, pasa por varias etapas en las cuales se le extrae todas las impurezas para producir azúcar refino.

El proceso de clarificación es donde se atrapan estas impurezas mediante la aplicación de químicos como: ácido fosfórico, decolorante, sacarato y floculante. El floculante es el químico aplicado al licor para que atrape las impurezas y las haga elevarse en el clarificador en forma de espuma, esta se extrae mediante mezcladores.

La espuma que todavía tiene sacarosa, se desecha hacia el alcalizado con sacarosa lo que provocaba pérdidas de eficiencia en el proceso, actualmente se implementó un desendulzado de espuma, por medio de un tipo de clarificador en el cual se dosifica nuevamente floculante para que se eleve la impureza y así poderla extraer, obteniendo agua dulce que es devuelta al proceso.

Con los datos de las muestras que se tomó de laboratorio, y mediante técnica de muestreo se desea obtener la eficiencia del desendulzado y determinar si el método es adecuado.

1. INTRODUCCIÓN

En la industria azucarera buscan la forma de optimizar costos y aumentar ganancias, aprovechando toda su materia prima, y no tener ninguna pérdida en la producción.

Por esa razón se implementó un desendulzado de espuma en el área de refinería de *Ingenio Magdalena S. A.* para aprovechar el azúcar que contiene la espuma.

Al ser la primera vez del montaje del sistema de desendulzado no se tenía conocimiento de cuanto se recuperaría de azúcar de la espuma. El siguiente trabajo tiene como finalidad desarrollar un método para calcular la eficiencia del desendulzado, ver cuánto se recupera en quintales de azúcar, los costos obtenidos así como, la recuperación de la inversión.

2. JUSTIFICACIÓN

A raíz de que en el proceso de clarificación la espuma extraída de los clarificadores era enviada al alcalizado, se implementó un sistema de desendulzado para poder obtener mayor productividad y ser más eficientes en la elaboración del azúcar con mejores resultados.

El objetivo de la investigación es utilizar un método para calcular la eficiencia del desendulzado y obtener resultados adecuados y reales.

Debido a que el sistema es nuevo, no se sabe si cumple con las expectativas deseadas, por lo que para obtener más beneficio de este sistema es necesario tomar en cuenta varios factores y mediciones ya que se observa que hay un desfase con el agua aplicada en el proceso.

Con los datos se pretende determinar la eficiencia del sistema y de ser necesario mejorarlo basado en los resultados obtenidos en la investigación con los cálculos aplicados al mismo.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

- Validar el método para cálculo de eficiencia, en el sistema de recuperación de sacarosa en la espuma, extraída de la clarificación de licor.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar que el sistema de recuperación de sacarosa, sea eficiente mediante el método a utilizar.
- Obtener los resultados de los cálculos aplicados, con los datos a tomar de laboratorio.
- Cuantificar la eficiencia del sistema de recuperación de sacarosa.

4. METODOLOGÍA

Se realizó un estudio de campo, para observar de dónde se tomaban las muestras en los turnos, para ser llevadas a laboratorio y que este se encargara de sacar los datos a utilizar para la realización de los cálculos.

Mediante los datos tomados se procedió a realizar los cálculos, basado en un balance de espuma, para hacer una comparación con lo que está saliendo y lo que está entrando y así obtener la eficiencia del desendulzado.

También se observó todo el proceso de la elaboración del azúcar, para ver la obturación de la espuma de los clarificadores y ver que es removida hacia el sistema de recuperación donde se tomaron las muestras.

Se hicieron los cálculos mediante el balance de espuma a validar, y se obtuvieron los resultados de dicha investigación y con estos fue evaluado el sistema.

5. INFORMACIÓN GENERAL DE LA REFINERÍA

5.1. Antecedentes

5.1.1. Historia de *Ingenio Magdalena S.A.* El nombre de Magdalena se derivó, de su ubicación que inicialmente era en la finca Magdalena, en el rodeo Escuintla. Se dedicaba a la producción de mieles para fabricar licor. Luego de un cambio de administración adquirió un tándem de molinos, a la Central Guanica, en Puerto Rico; alcanzando las 18,200 TM de azúcar de producción.

Durante la zafra del año 1990 – 1991 produjo 53,792 TM de azúcar, con 5,550 hectáreas. Pasados los años se implementaron sistemas de corte, transporte, adicionaron molinos y terceras mazas. Y comenzó la cogeneración eléctrica.

Entre el periodo de 1994 – 1996 la producción se duplicó y se implementó en campo un laboratorio de meristemas, para la producción de semilla de caña y selección de variedades con 400,000 plantas iniciales. Luego se inició con el montaje y posterior producción una planta de alcohol con capacidad de 120,000 litros diarios y luego, un año después, iniciaron la exportación.

Magdalena no solo produce azúcar, sino también es una empresa generadora de energía eléctrica, que inicio con un turbo generador con la capacidad de generar de 16.5 MW hasta de 53.5 MW e implementaron una línea de transmisión eléctrica.

Después de producir 18,200 TM de azúcar, Magdalena produce 15, 000,000qq de azúcar de diferente calidad, que dependiendo de su color se clasifica en: Premium, Tierra Dulce e Icumsa150 en la refinería de azúcar.(Imsa)

5.1.2 Reseña histórica refinería. En el año 2007 para la fabricación de azúcar refino, se amplió las áreas de centrifugado, evaporación, tachos y envasado, contando con una capacidad instalada de producción de 2,760 TM de azúcar refino por día.

Luego se inicia la instalación de un domo para almacenar azúcar refino con una capacidad de 76,000 TM. En el 2013 se finaliza la construcción del domo de azúcar.

5.1.3 Misión. Desarrollamos con innovación y eficiencia productos alimenticios, agrícolas y energéticos para mejorar la calidad de vida de las personas.

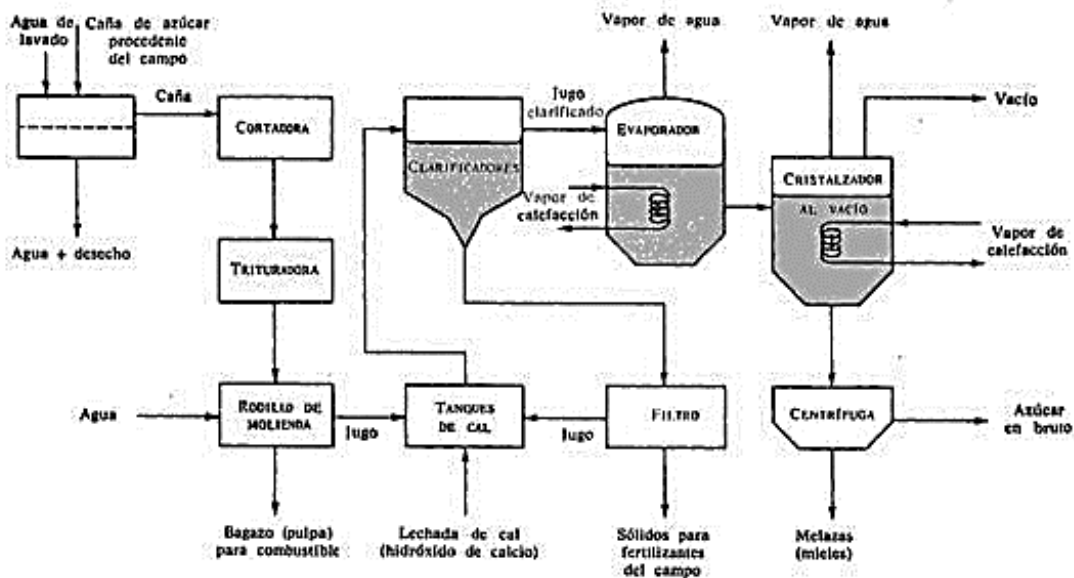
5.1.4 Visión. Al 2015 desarrollaremos y atenderemos con presencia directa en al menos cinco mercados seleccionados en sus distintas líneas de negocio, con productos y servicios diferenciados con un negocio energético equivalente al 50% del resultado de Magdalena.(Imsa)

6. MARCO CONCEPTUAL

6.1. Fabricación de azúcar

En la fabricación de azúcar se presentan diferentes procesos, para la obtención de la misma desde la cosecha y el corte para luego ser transportada hacia el patio de caña en el ingenio hasta llegar a los tándems en el cual comienza con:

DIAGRAMA 1 PROCESO ELABORACIÓN DE AZÚCAR



FUENTE [HTTP://PROCESOSBIO.WIKISPACES.COM/OPERACIONES+UNITARIAS](http://procesosbio.wikispaces.com/operaciones+unitarias)

6.1.1. Preparación de la caña. En esta etapa la caña es puesta en la cama del tándem, donde esta es llevada por medio de arrastre hacia las cuchillas y la desfibradora, antes pasa por un nivelador el cual la coloca uniformemente para que este en mejor

posición, para que así esta pueda ser cortada y poder extraer el jugo de la misma; ya que representa el 25% de la demanda de la fabricación de la planta, para que luego se transporte a los molinos del tándem y en esta pulverizar la caña hasta obtener mayor cantidad de jugo.

6.1.2. Molienda de caña. Aquí se realiza la extracción del jugo de la caña de azúcar mediante los tres tándems instalados en la planta, estos tienen una capacidad de molienda de 42,200 TM de caña diaria, esta extracción se realiza mediante molinos de rodillos o masas con rajaduras en forma de V para tener una mayor eficiencia en la recuperación del jugo, estas masas están en línea una tras otra y en el último se le aplica agua caliente para poder obtener toda el azúcar posible; todo el bagazo saliente de los molinos por medio de conductores es transportado hacia otro proceso que es calderas para combustible en biomasa y una cantidad considerable de este bagazo es almacenado por si hay paros de emergencia para poder salir.

6.1.3. Clarificación. En el proceso de clarificación es donde se purifica el jugo por medio de sedimentación o flotación, esto mediante la aplicación de químicos, y así quitar la turbidez y la acidez del mismo manteniendo el pH, y la separación de impurezas, estas son atrapadas por medio de floculos que si es demasiado densa en el caso de los lodos baja al fondo del clarificador y es enviada a los filtros de cachaza para extraerle el jugo con sacarosa que pudiera llevar.

6.1.4. Filtración. En esta etapa se realiza la extracción de lodo del clarificador, este es bombeado a los filtros de tambor los cuales, por medio de succión, extraen el jugo

contenido en el lodo, así deja solo el material que no sirve para la fabricación de azúcar, este jugo se vuelve a enviar para calentar y ser reutilizado.

6.1.5. Evaporación. Aquí se realiza la etapa de concentración del jugo, hasta alcanzar los valores apropiados sin llegar a la etapa de cristalización mediante la utilización de vapor, por estos evaporadores pasa el jugo ya clarificado y filtrado para ser concentrados, así poder realizar con mayor eficiencia el evaporado y que aumente la producción, los evaporadores están en serie para hacer más eficiente el uso de vapor y poder aprovecharlo en toda la planta.

6.1.6. Cristalización. Aquí el jugo concentrado entra a los tachos ya sean Batch o continuos, en donde se aplica agua, licor, meladura y vapor para poder concentrarlo ya estando a la solubilidad saturada deseada, se le aplica semilla lo cual genera que esta se reproduzca y crezca dentro del tacho y así poder obtener los cristales deseados para producción del azúcar, una masa cocida, como también se le conoce, luego pasa a la etapa de centrífugas.

6.1.7. Centrifugado. En este subproceso lo que se hace es separar los cristales de la miel para obtener la sacarosa, esto por medio de las máquinas de centrifugado, estas máquinas giran a diferentes rpm y por medio de un lavado que se le aplica, se hace la separación de los mismos en aproximadamente 7 minutos luego se descarga. De este azúcar crudo aproximadamente un 70% se envía a refinería para su refinación.

6.2. Aspectos generales del proceso de refinación de azúcar

DIAGRAMA 2 PROCESO DE LA REFINERÍA DE AZÚCAR



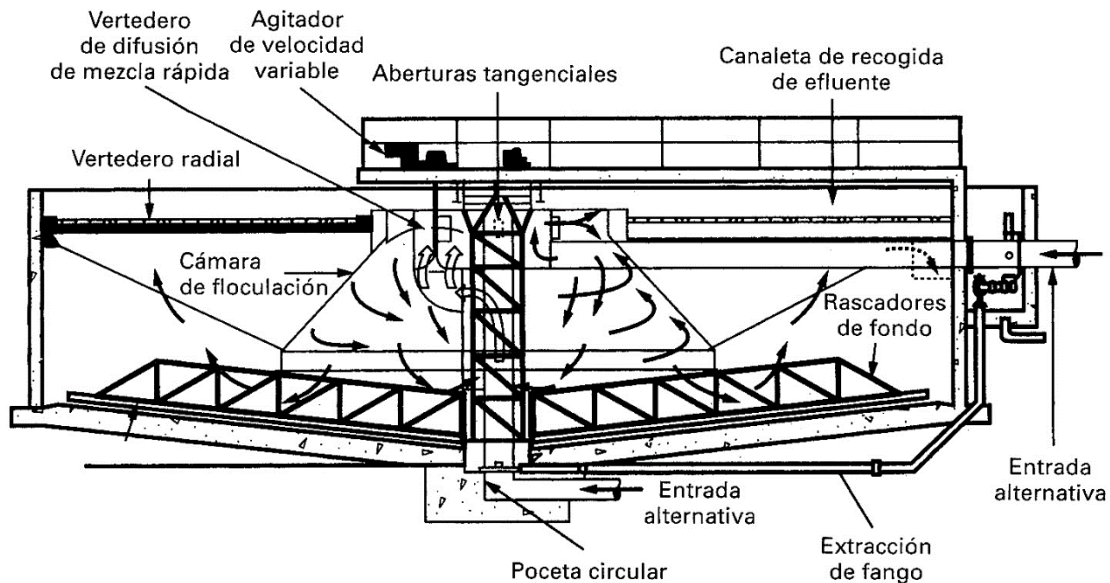
FUENTE FABRICACIÓN DE AZÚCAR II UNIDAD 3, POR JULIO ULACIO, INGENIERO EN UNEFA EL 20 DE JUNIO DE 2011

6.2.1. Disolución. En esta etapa del proceso se diluye el azúcar (crudo y cristal) que ingresa de fábrica a la refinación como licor de temperatura y Brix controlado. El azúcar que se envía de fábrica hacia refinación es pesado por medio de una báscula romana, la cual descarga directamente en una tolva de alimentación. La tolva a su vez, dosifica su contenido por medio de un tornillo sin fin hacia el tanque disolutor, en el cual se realiza el proceso de disolución del azúcar con agua dulce calentada por medio de un calentador de placas verticales y vapor.

El tanque disolutor por rebalse alimenta el tanque de bombeo, en el cual el licor (solución de azúcar) con un Brix adecuado se bombea hacia un tanque pulmón (buffer), donde se retiene para ser trasladado a la siguiente estación. (REYES, 2013).

6.2.2. Clarificación. En esta etapa se busca reducir la turbidez del licor y el color, por medio de clarificadores tipo rápido. En estos clarificadores se adiciona: decolorante, floculante, sacarato y ácido fosfórico con el propósito de formar flóculos atrapando impurezas, que por medio de inyección de aire en el fluido llegan a la superficie y pueden ser separados por los mezcladores y desviado al desendulzado luego a la báscula de espuma, en la cual se cuantifica para determinar la cantidad de subproducto y azúcar aun recuperable contenida en la misma.(REYES, 2013)

FIGURA 1 CLARIFICADOR DE LICOR DE AZÚCAR CRUDO



FUENTE CLARIFICADOR METCALF & EDDY 1995

6.2.3. Filtración. Se pasa el licor clarificado por filtros de presión horizontal de placas verticales y filtros cricket que hacen la misma función con más capacidad, a los cuales se les forma una precapa de tierra diatomea que funciona como medio filtrante.

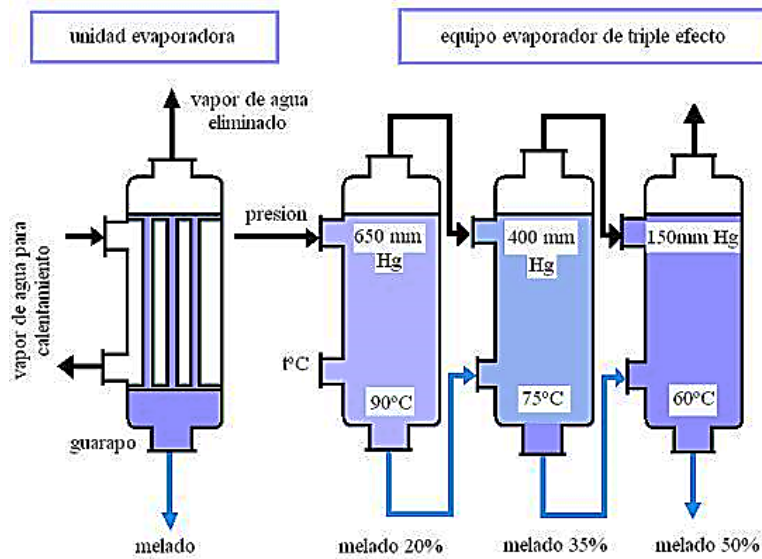
Para garantizar una mejor remoción de color e impurezas, en esta etapa se agrega carbón activado en polvo al licor clarificado, reteniendo partículas que aportan color e impurezas, que al pasar por la estación de filtros quedan atrapadas en las precapas, obteniendo así licor de color y turbidez más baja y pureza más alta a la salida.

Durante el proceso de filtración, el licor atraviesa de dos a tres etapas de filtración. En la primera filtración se remueve la mayor cantidad de color y turbidez, 30 % del licor clarificado, siendo los filtros en esta función los que se saturan a mayor rapidez, requiriendo un proceso de desendulce y limpieza para formar una nueva precapa. La segunda filtración tiene la misma función, pero los filtros en esta función presentan mayor tiempo de operación debido a que recibe el licor de primera filtración y lo vuelve a filtrar para obtener licor final libre de impurezas y con el color más bajo que se logra a las condiciones de operación establecidas. La tercera etapa, es necesaria en ocasiones para que el licor final o de segunda filtración aún pueda ser filtrado y luego concentrado, para lo cual se cuenta con una etapa de evaporación (concentrador) para obtener un mejor Brix, antes de llegar a tachos.(REYES, 2013).

6.2.4. Concentrado de licor. En esta etapa el licor clarificado y filtrado, pasa por tres efectos en los cuales se le aplica vapor en cada uno, por medio de flasheo se le extrae el

agua y se concentra el licor, un punto donde en la etapa de cristalización sea más rápido al punto de semilla y así tener más producción.

FIGURA 2 CONCENTRADOR DE LICOR DE TRES EFECTOS



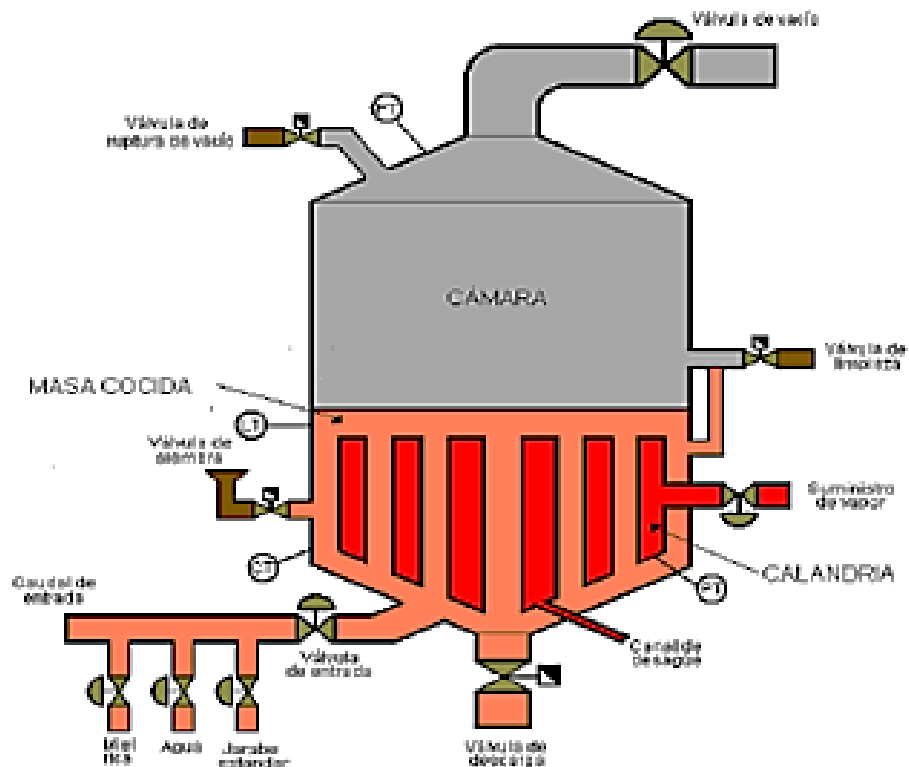
FUENTE CONCENTRADOR, TECNOLOGIA AZUCARERA 14 DICIEMBRE 2012, PROF. CESAR DE PRADA

6.2.5. Cristalización. En esta etapa del proceso se concentra el licor hasta un punto de saturación en el cual, al sembrar una solución saturada de alcohol con cristales de azúcar (semilla), se promueve la formación de cristales que se alimentaran con una combinación de licor y jarabe para incrementar su tamaño y mayor pureza de los cristales generados. Se busca obtener una cantidad, tamaño y coeficiente de variación óptimo en la mezcla de cristales y jarabe llamada masa cocida. Con el fin de obtener un mejor grano (azúcar).

La estación cuenta con dos tanques de jarabe, dos tanques de licor y dos de doble función para alimentar doce tachos. Cada tacho cuenta con bomba de vacío tipo anillo

líquido y condensador barométrico para obtener condiciones de vacío y temperatura óptimas para trabajar con vapor de primer efecto producido en el área de evaporadores en fábrica y no directo de calderas. Cada tacho es de simple efecto y tiene capacidad de 2 000 pies cúbicos.(REYES, 2013)

FIGURA 3 TACHO BATCH



FUENTE TACHOS DE COCIMIENTO, TECNOLOGÍA AZUCARERA 14 DICIEMBRE 2012, PROF. CESAR DE PRADA

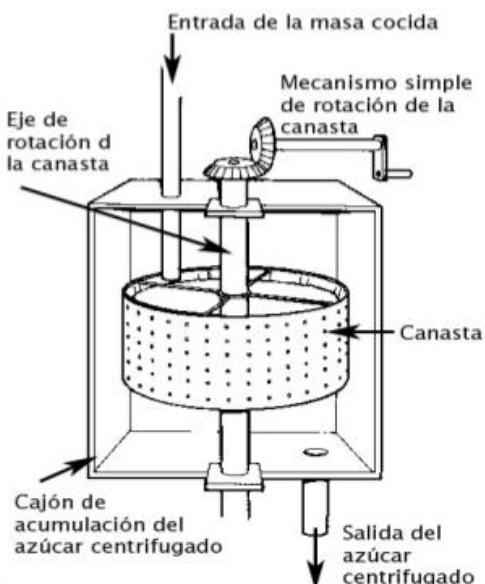
6.2.6. Centrifugación. La finalidad de la centrifugación es la separación de las masas cocidas, obteniendo como producto azúcar húmeda y como subproducto jarabe. El jarabe separado se descarga a otro tanque horizontal en el cual se diluye con agua para bajar Brix. Ya diluido el jarabe se bombea al tanque en la estación de cristalización para alimentar los tachos. Mientras que el azúcar húmedo es conducido por medio de un

transportador vibratorio, en el cual se cuenta con un medidor de color en línea que se debe utilizar como guía para el control de los parámetros de operación de las centrífugas.

La estación cuenta con doce máquinas centrífugas que trabajan por Batch, conectadas al recibidor de masas y al tanque horizontal de jarabe. Durante la operación las máquinas reciben carga del recibidor y hacen girar a gran velocidad una canasta interna hecha de tela perforada sobre un eje central fijo.

Aprovechando la fuerza centrífuga producida por la rotación, la masa cruda cargada en la canasta se pega a las paredes de la misma donde los cristales permanecen retenidos y el jarabe pasa a través de las perforaciones descargándose al tanque horizontal. Luego de la descarga del jarabe, se inyecta agua a alta presión a diferentes tiempos para lavar los cristales que retienen jarabe en sus paredes. Al estar completamente lavado el cristal la máquina continúa con su rotación para secar el exceso de agua y después descargar el lote de cristales en el transportador vibratorio donde el medidor de color detecta el número de descarga, el número de máquina y el color de azúcar obtenido.(REYES, 2013).

FIGURA 4 CENTRÍFUGA CONTINUA



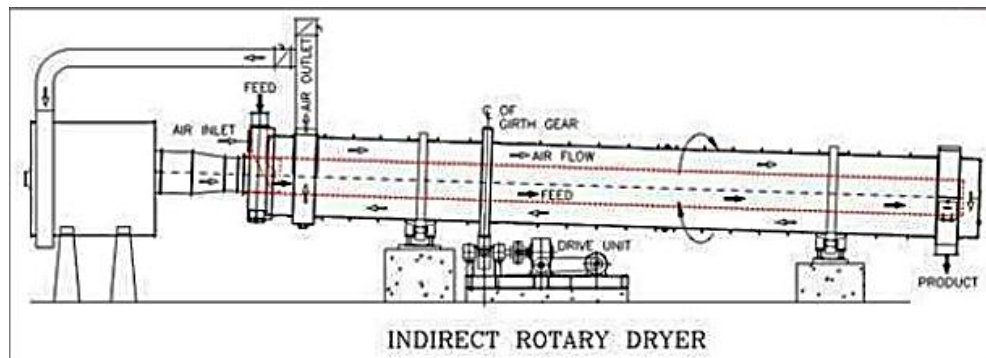
FUENTE FABRICACIÓN DE AZÚCAR II UNIDAD 3, POR JULIO ULACIO, INGENIERO EN UNEFA EL 20 DE JUNIO DE 2011

6.2.7. Secado y enfriado. El contenido de humedad del azúcar al finalizar la separación centrífuga no mantiene un nivel apropiado para su manipulación y almacenamiento. La función de secado busca reducir el contenido de humedad del azúcar al mínimo para impedir el desarrollo de microorganismos que puedan ocasionar el deterioro del producto o en el peor de los casos, su pérdida. La humedad relativa del azúcar refino producido debe ser menor de 0,04 % a una temperatura de 32 °C para evitar aterronamientos dentro del silo.

El secado y enfriado se realiza en una secadora-enfriadora de cilindro inclinado rotatorio. El secado se realiza en la primera parte del cilindro por la cual se alimenta el azúcar, en la parte superior ingresa aire del ambiente, calentado por un radiador conectado a una tubería de vapor, por el extremo del cilindro. El enfriado se realiza en la segunda

parte del cilindro, descarga el azúcar seca y enfriada por la parte inferior y succiona aire por ese extremo del cilindro, el cual cuenta con un panel conectado a la tubería de enfriamiento de un Chiller, por el cual el aire del ambiente se enfría a la temperatura necesaria para enfriar el azúcar.(REYES, 2013).

FIGURA 5 SECADORA DE AZÚCAR



FUENTE FABRICACIÓN DE AZÚCAR II UNIDAD 3, POR JULIO ULACIO, INGENIERO EN UNEFA EL 20 DE JUNIO DE 2011

6.2.8. Almacenamiento en domo. Para conservar condiciones ambientales adecuadas de almacenamiento se cuenta con un domo de maduración de forma semiesférica con capacidad para 75 000 toneladas de azúcar a granel.

El domo de maduración es acondicionado por medio de un sistema de tratamiento de aire que conserva las propiedades de temperatura, humedad y presión dentro del mismo. La semiesfera se alimenta desde la parte superior y se descarga por medio de tolvas ubicadas en fila a lo largo del diámetro en la parte inferior, las cuales descargan directamente sobre una banda que transporta el azúcar hacia un sistema de transporte neumático, donde se llenan unas cápsulas y estas son presurizadas para así enviar por medio de aire los canutos de azúcar hacia el área de envasado de sacos.(REYES, 2013).

6.2.9. Envasado de sacos y jumbos. Se debe realizar en un área inocua, ambiente higiénico y libre de cualquier partícula extraña que se pueda mezclar con el producto final. El azúcar se transporta del domo y se llena cada una de las siete tolvas, dos para envasado de jumbos y otras cinco para envasado de sacos de 50 kilogramos.

La costura de sacos, se realiza por medio de cinco máquinas de costura industriales que realizan el cierre del saco, que luego de esta etapa está listo para el almacenaje o distribución. El azúcar refinada se almacena en sacos de 50 kilogramos o jumbos de 1,000 – 1,400 kilogramos en lugares previamente determinados, facilitando el control de calidad.(REYES, 2013)

7. MARCO TEÓRICO DE CLARIFICACIÓN Y MANEJO DE ESPUMA

7.1. Aspectos generales del proceso de clarificación de licor

Una vez que el azúcar fundido (disuelta) ya está diluido a un Brix determinado, esta pasa a un tanque, para luego continuar a la etapa de clarificación en donde se separan los sólidos insolubles de licor. La espuma es removida por la parte superior del clarificador y el licor clarificado es extraído por la parte inferior del mismo.

7.1.1. Clarificador de licor. Equipo diseñado para separar los sólidos de los líquidos mediante un proceso de sedimentación de sólidos insolubles. Es empleado para separar la espuma (sólido) del licor clarificado (líquido). Está compuesto por un agitador, mezcladores que son los que remueven la espuma del clarificador y es enviada al desendulzado.

7.1.2. Clarificación del licor crudo por flotación. La temperatura del licor clarificado a la salida del clarificador depende en gran parte de la aeración del licor crudo. Si el licor contiene una gran cantidad de aire, el clarificador puede ser operado a una temperatura de 180° F, pero la temperatura debe ser aumentada hasta 203° F cuando el licor crudo contiene poca cantidad de aire disuelto. En general, se necesita una aeración máxima posible para evitar un tiempo de retención excesivo.

El tiempo de retención en un clarificador continuo de flotación debe ser de unos 35-45 minutos. Un tiempo de residencia mayor a alta temperatura incrementará el color del licor clarificado y las pérdidas de sacarosa. Si no se obtiene una buena clarificación en 35-40 minutos significa que hay poca cantidad de aire o de ácido fosfórico. También las variaciones de temperatura pueden afectar la eficiencia de clarificación.

Es de gran importancia para la obtención de una buena clarificación continua que se obtenga un azúcar de 99° Pol, más el licor crudo debe ser apropiadamente tamizado para eliminar la materia suspendida y el bagacillo, debe ser adecuadamente tratado y bien aireado para que no fluctúe el pH y la temperatura.

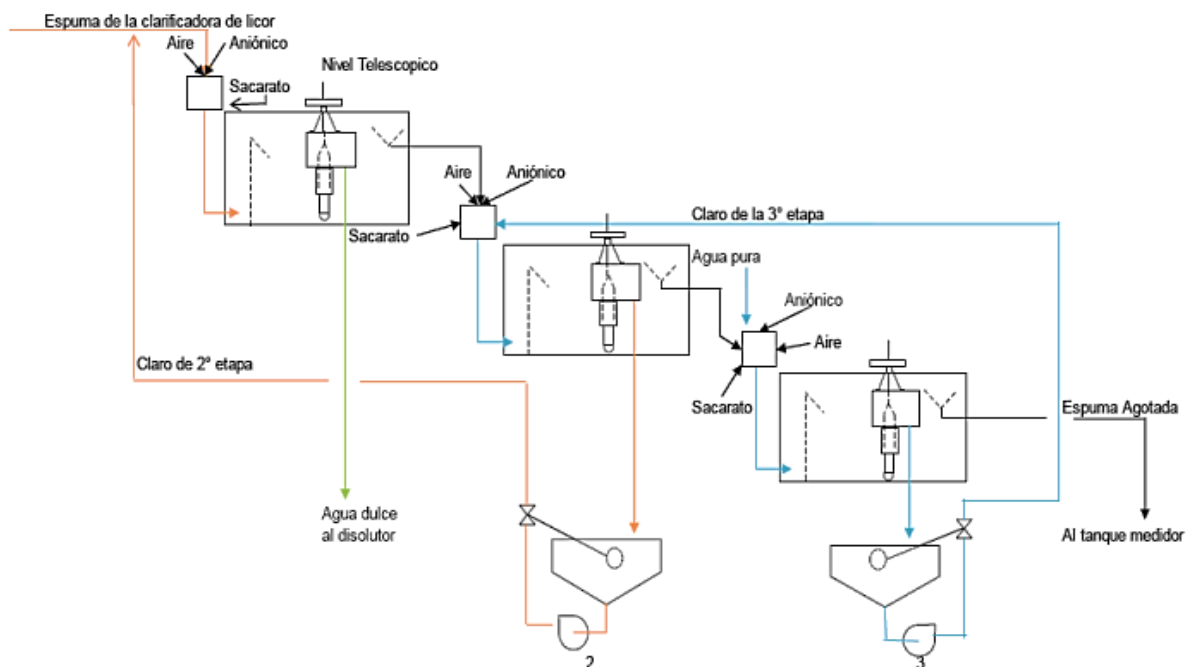
El Brix del licor crudo no debe ser menor de 58°, preferiblemente más alto, ya que los licores de alta densidad retendrán más aire después de la aireación. El volumen de la espuma depende de la cantidad de aire suministrada al licor crudo.

Mientras más aire tenga más se comprimirá la capa de espuma. Este volumen de espuma representa del 5 al -10% del volumen del licor tratado. La cantidad de flóculos es bastante pequeña pero los huecos entre los flóculos llenados con licor están incluidos en el volumen total. Entonces, mientras más se comprima la espuma menos licor rodeará a cada flóculo en la espuma. El recobrado del azúcar de la espuma es muy importante (Batule, 2009).

7.2. Aspecto general del manejo de espuma

Actualmente la espuma se trata en una planta de desendulce que consta de varias celdas de flotación que trabajan en contracorriente hasta que las aguas salen a 0° Brix.

FIGURA 6 DESENDULZADO DE ESPUMAS DE FLOTACIÓN EN REFINERÍAS DE AZÚCAR



FUENTE PRODECK, 2012

El tiempo de residencia en las etapas con Brix bajo 10° es de solo unos 9 minutos y esto junto al mantenimiento del pH entre 7.5 y 8.0 evita las pérdidas por inversión en donde son más sensibles (Prodeck, 2012).

8. RECOLECCIÓN DE DATOS

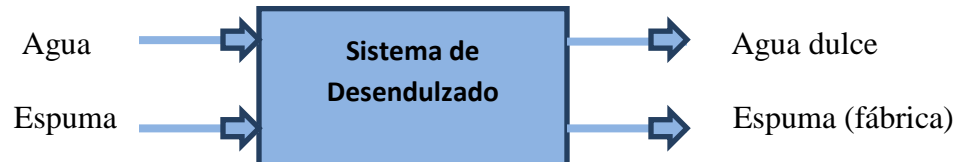
Para la recolección de datos, y así calcular la eficiencia del desendulzado, se toman muestras de la entrada de espuma al sistema de desendulzado, agua dulce a la salida del sistema y espuma de salida del sistema. Esta toma se realiza en cada turno, una muestra por turno y se lleva al laboratorio en donde se determina:

- Brix
- Pol
- Pureza
- Flujo de agua
- Peso de espuma de salida.

Se tomaron datos de un mes de zafra para observar mejor el funcionamiento del sistema de desendulzado mediante las muestras tomadas.

Estos datos fueron proporcionados por el laboratorio de fábrica, se pudo hacer el cálculo de eficiencia mediante un balance de Pol, para cuantificar cuantos quintales de azúcar se estaba recuperando y a la vez medir cuánto se estaba retornando a fábrica, determinando si es eficiente o no el proceso.

Por medio de un diseño experimental, se quería determinar cuánto de sacarosa llevaba la espuma en la entrada y medir cuánto de agua dulce se estaba recuperando en la salida, para así hacer la comparación del mismo.



8.1. Cálculos

Se tomaron muestras aleatorias del sistema de desendulzado, con un recipiente en el cual se introducía a otro para llevarlo a laboratorio, para poder tomar los datos y con el método de balance calcular la eficiencia del desendulzado, como se describe a continuación.

8.1.1. Cálculo de pureza. Se calculó la pureza del sistema de desendulzado (Espuma de entrada, agua dulce y espuma de salida), determinando así la sacarosa contenida en 100 partes de sólidos expresada en porcentaje. Se calcula con los valores de Pol y de Brix, mediante la expresión:

$$pureza = \frac{pol}{brix} * 100$$

8.1.2. Cálculo de sacarosa. Se calculó cuál era la cantidad de sacarosa en la salida del sistema, mediante la expresión:

$$\text{sacarosa de agua dulce} = \frac{\text{flujo} * \text{pol} * \rho}{100 * 46}$$

Datos:

ρ =Densidad licor

46= No. De turnos analizados

8.1.3. Cálculo de peso de espuma por turno. Se calculó el peso de salida de la espuma posteriormente enviada a fábrica, tomando en cuenta que se tomó el peso total del día y la sumatoria de flujos, mediante la expresión:

$$\text{peso de espuma de salida} = \frac{QT1 * \text{peso total del dia}}{QT1 + QT2 + QT3}$$

Datos:

QT1: Flujo Turno 1

QT2: Flujo Turno 2

QT3: Flujo Turno 3

8.1.4. Cálculo de espuma de salida (Sacarosa). Se calculó el contenido de sacarosa no recuperada en el sistema por medio de análisis con los valores de peso y Pol, mediante la expresión:

$$\text{sacarosa de espuma de salida} = \frac{\text{peso} * \text{pol}}{100 * 46}$$

8.1.5. Cálculo de flujo de espuma de entrada al sistema. Se calculó el flujo de espuma de entrada al sistema utilizando los valores de sacarosa de agua dulce, sacarosa de espuma de salida, el Pol de entrada de espuma y densidad, mediante la expresión:

flujo de entrada espuma al sistema

$$= \left(\frac{(qq \text{ de agua} + qq \text{ de espuma de salida})(46)}{\left(\frac{(\text{pol de entrada de espuma})(\rho)}{100} \right)} \right)$$

Datos:

qq = Sacarosa

ρ = Densidad

8.1.6. Cálculo de porcentaje de eficiencia por turno. Se calculó el porcentaje de eficiencia por turno para obtener el promedio total de la sacarosa recuperada por medio del desendulzado, mediante la expresión:

$$\% \text{ eficiencia por turno} = \frac{qq \text{ de agua dulce}}{qq \text{ de espuma de entrada al sistema}} * 100$$

8.1.7. Cálculo de porcentaje de retorno a fábrica. Se calculó el porcentaje de retorno a fábrica con los valores de sacarosa de entrada, sacarosa de salida, obteniendo el promedio retornado, mediante la expresión:

$$\% \text{ retorno a fábrica} = \frac{qq \text{ espuma de salida}}{qq \text{ de espuma de entrada}} * 100$$

8.1.8. Cálculo de eficiencia de entrada de azúcar. Se calculó la eficiencia de entrada de azúcar al sistema obtenida de la espuma, mediante los valores obtenidos de la sumatoria de sacarosa = 100 de entrada al desendulzado.

$$\text{eficiencia de entrada de azúcar}(k) = \sum qq \text{ de espuma entrada}$$

8.1.9. Cálculo de porcentaje de azúcar recuperada. Se calculó el porcentaje de azúcar recuperada en la fábrica determinando la eficacia de dicho sistema, del promedio de la sacarosa de entrada y salida, mediante la expresión:

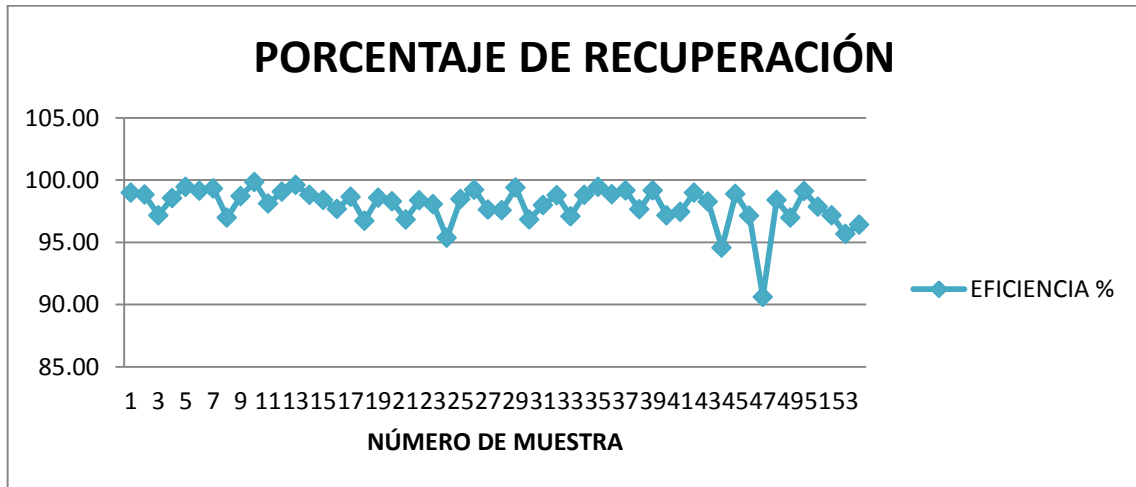
$$\% \text{ azúcar recuperada} = \frac{\text{azúcar recuperada}}{\text{entrada de azúcar}} * 100$$

8.1.10. Cálculo de porcentaje de azúcar retornada. Se calculó el porcentaje de azúcar retornada a fábrica determinando el promedio de azúcar perdida, tomando en cuenta los valores de la sacarosa de entrada y salida, mediante la expresión:

$$\% \text{ azúcar retornada} = \frac{\text{azúcar retornada}}{\text{entrada de azúcar}} * 100$$

9. RESULTADOS

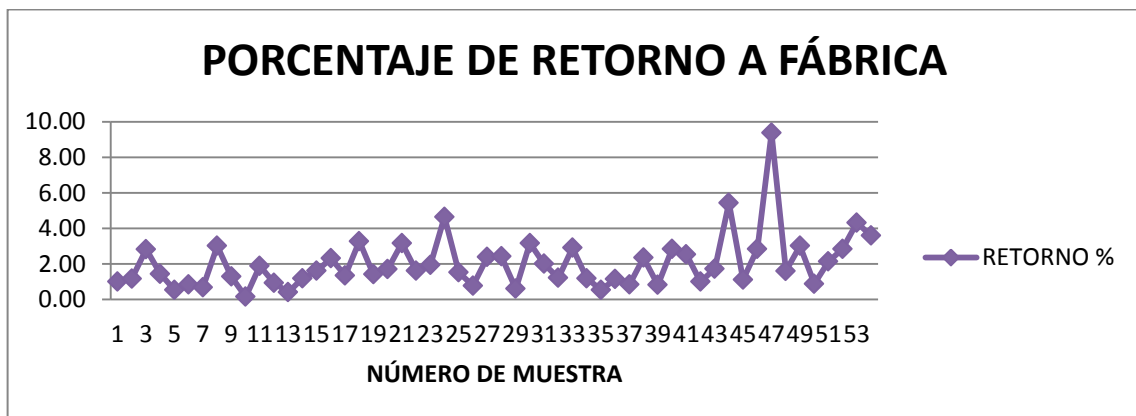
GRÁFICA 1 PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN DE SACAROSA POR MUESTRA



FUENTE DATOS DE LABORATORIO INGENIO MAGDALENA S.A.

En la gráfica se puede observar el porcentaje de sacarosa recuperada en cada muestra en el sistema de desendulzado, como la eficiencia del mismo.

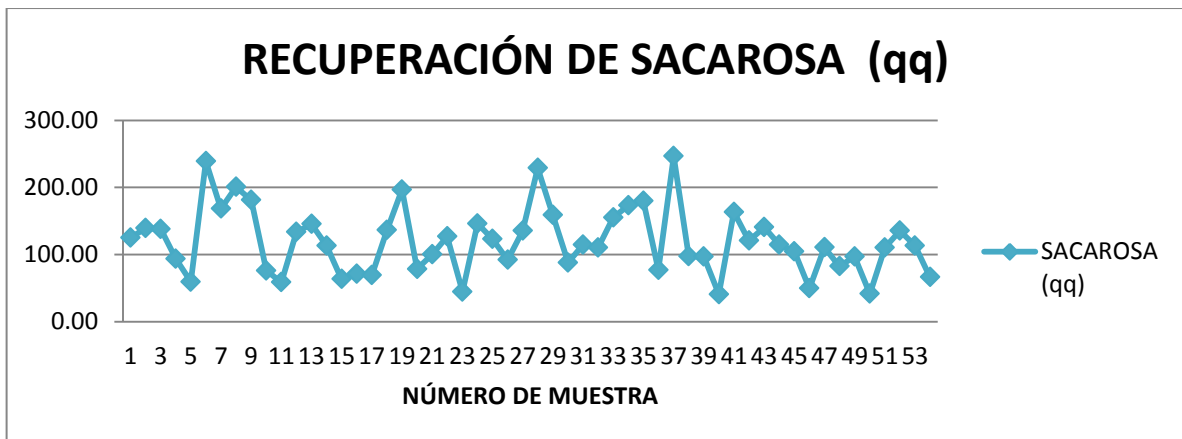
GRÁFICA 2 PORCENTAJE RETORNO DE ESPUMA AL ALCALIZADO DE FÁBRICA



FUENTE DATOS DE LABORATORIO INGENIO MAGDALENA S.A.

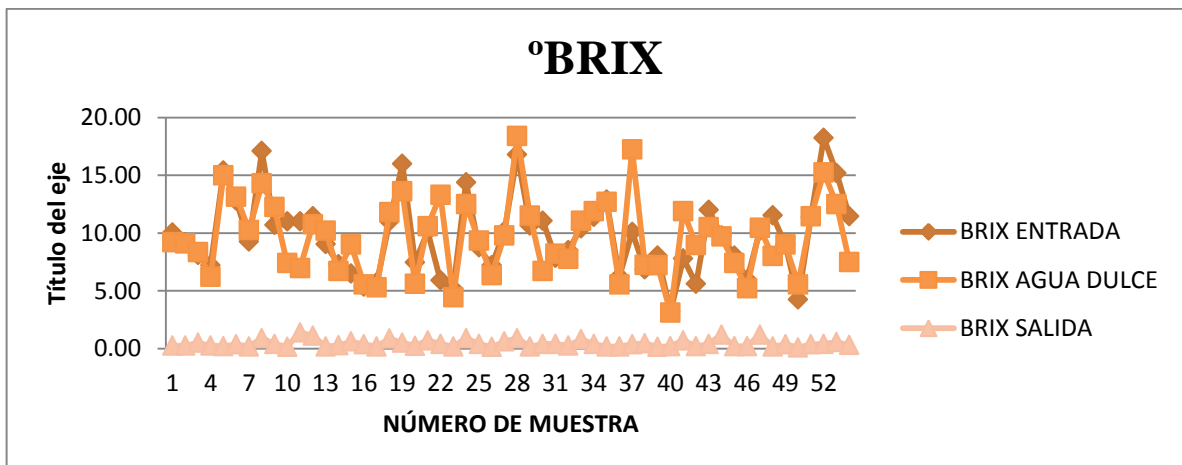
En la gráfica se observa el porcentaje de retorno de sacarosa a fábrica en espuma.

GRÁFICA 3 QUINTALES DE SACAROSA RECUPERADOS



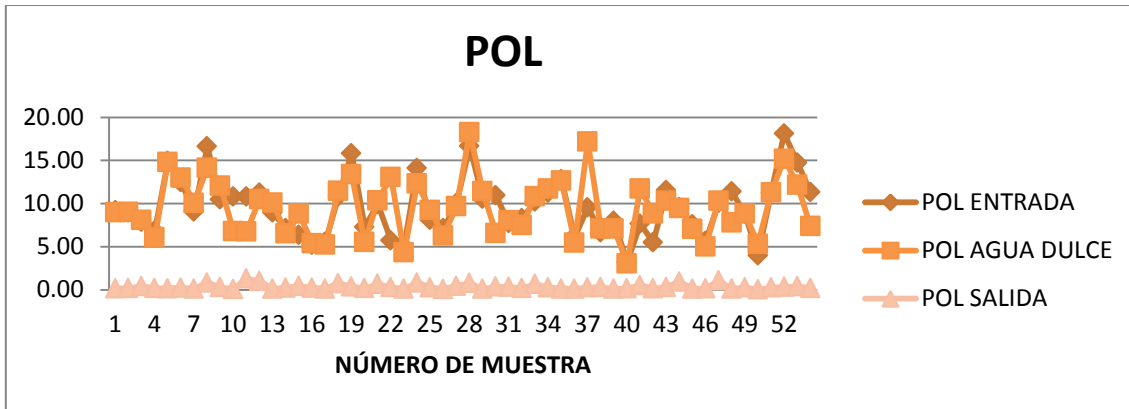
Esta grafica nos muestra en total cuanto se recuperó en quintales de azúcar.

GRÁFICA 4 °BRIX EN TRES PUNTOS DEL SISTEMA



En esta gráfica se observa los grados Brix de entrada, en agua dulce y en la salida del sistema.

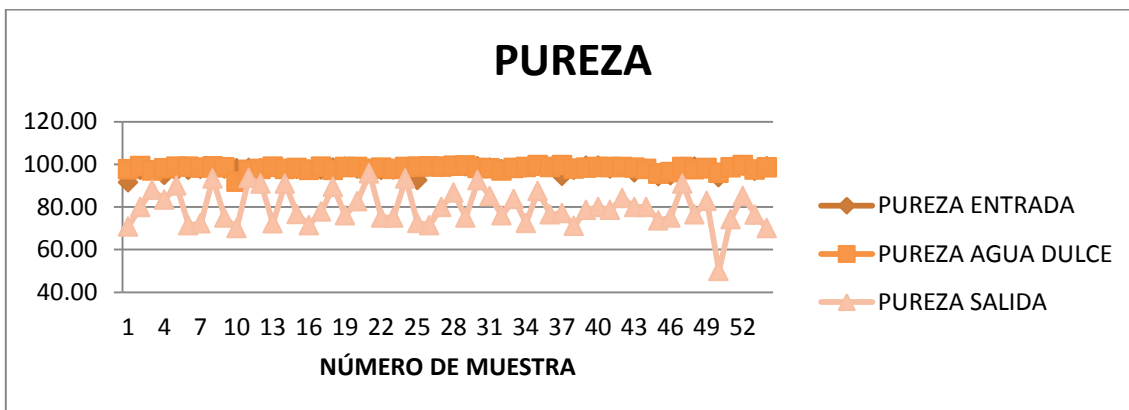
GRÁFICA 5 MEDICIÓN DE POL EN EL SISTEMA



FUENTE DATOS DE LABORATORIO INGENIO MAGDALENA S.A.

En esta gráfica se observa la Pol de entrada y agua dulce.

GRÁFICA 6 MEDICIÓN DE PUREZA EN EL SISTEMA



FUENTE DATOS DE LABORATORIO INGENIO MAGDALENA S.A.

En esta gráfica se observan las purezas en la entrada, agua dulce y salida del sistema.

10. ANÁLISIS DE RESULTADOS

10.1. PORCENTAJE RECUPERACIÓN EN EL SISTEMA DE DESENDULZADO

Los resultados se encuentran entre el rango de 95 a 100% recuperado, en promedio se recuperó 98% de sacarosa por medio del sistema instalado, obteniendo en quintales de azúcar un total de 6470.82 de 6602.82 de azúcar que entro al sistema.

10.2. PORCENTAJE RETORNO A FÁBRICA

Los resultados fueron satisfactorios ya que se observó un promedio de 2% de retorno a fábrica, el resto fue recuperación del sistema, el porcentaje obtenido equivale a 132.03 quintales de azúcar perdida.

10.3. RECUPERACIÓN DE SACAROSA EN QUINTALES

En la gráfica se puede observar que con los resultados obtenidos se logró obtener un 98% de sacarosa recuperada equivalente a 6470.82 quintales de azúcar en total, también se observó que los rangos por muestra están entre 90 a 140 quintales de sacarosa.

10.4. BRUX DE ENTRADA, AGUA DULCE Y SALIDA DEL SISTEMA

Se observó que el Brix de entrada y agua dulce (recuperación), están en el mismo rango mientras que en la salida se obtuvo menos Brix eso quiere decir, que si se logró

obtener una buena eficiencia del sistema y se logró recuperar la mayor cantidad de sacarosa posible.

10.5. POL DE ENTRADA, AGUA DULCE Y SALIDA DEL SISTEMA

Como se puede ver en la gráfica de Pol los rangos de entrada y agua dulce se mantienen al mismo nivel y la salida del mismo baja, quiere decir que se logró obtener los resultados deseados del sistema y se logró recuperar la mayor cantidad de sacarosa posible.

10.6. PUREZA DE ENTRADA, AGUA DULCE Y SALIDA DEL SISTEMA

En la gráfica de purezas se puede observar que la muestra de espuma estaba con una pureza buena ya que están en el rango de 70 a 90 %.

11. COSTOS

COSTO SISTEMA DE DESENDULZADO		
Producción de vapor por cada 1,000 lbs.	Q.	53.00
Bolsas de floculante de 25 kg utilizados en 6 meses de zafra (18 bolsas).	Q.	15.98 por libra
Precio por quintal de azúcar.	\$	17.00
COSTOS DE MONTAJE		
Materiales, mano de obra y equipo.	Q.	500,000.00
Planos de diseño.	Q.	500,000.00
COSTO TOTAL DE MONTAJE	Q.	1,000,000.00
COSTOS DE OPERACIÓN		
Costo de evaporación del agua dulce recuperada en los meses de zafra.	Q.	1,871,802.76 6 meses de zafra
Costo del consumo de floculante aplicado en los meses de zafra.	Q.	15,820.20 6 meses de zafra
Personal operativo 1 persona/turno (3 turnos).	Q.	64,800.00 6 meses de zafra
COSTO TOTAL DE OPERACIÓN	Q.	1,952,422.96 6 meses de zafra
COSTO TOTAL DE PROYECTO		
	Q.	2,952,422.96
Precio a la venta del quintal de azúcar (azúcar recuperada en 6 meses).	Q.	4,125,147.75 Recuperación en quetzales de 32,354.1 quintales de azúcar
Ganancias respecto a la recuperación en quetzales.		
	Q.	1,172,724.79

12. CONCLUSIONES

1. El método empleado para la realización de esta investigación cumple los resultados esperados respecto al sistema, ya que se observa la recuperación de sacarosa y eficiencia del desendulzado.
2. Se observó que el sistema si recuperó una cantidad aceptable de sacarosa de la espuma extraída de los clarificadores, obteniendo un 98% de eficiencia del mismo por medio de una conversión en quintales de azúcar.
3. Se obtuvieron los resultados deseados de la investigación con los datos de laboratorio, por medio de los cálculos.
4. Los cálculos y resultados de esta investigación son válidos y cuantificables ya que se muestra la recuperación de sacarosa como la eficiencia del sistema de desendulzado.

13. RECOMENDACIONES

- Implementar medidor de flujo en la entrada de espuma al sistema de desendulzado para mejorar la exactitud de la medición del material de entrada, así tener un mejor control en la recuperación.
- Implementar válvula reguladora de agua caliente que entra al sistema de desendulzado para determinar el flujo óptimo, para mejorar la recuperación de sacarosa y enviar menos a fabrica.
- Incrementar la frecuencia de análisis de laboratorio para las muestras de espuma y agua dulce, realizar tres análisis por turno de 8 horas y así tener un mejor cálculo del mismo.

14. BIBLIOGRAFÍA

- Chávez, Jorge; carpata, Pau y Arequipa. 2014. *Cómo elegir una muestra – Técnicas para seleccionar una muestra representativa*. Perú. Editado e Impreso por BIOESTADISTICO EIRL Av. Los Alpes 818. 84 páginas.
- Regalado Reyes, Juan Diego. 2013. *Elaboración del perfil de color de azúcar refinado, en la estación de centrifugas de la refinería de azúcar del ingenio la unión S.A.* Guatemala. 118 páginas.
- Ulacio, Julio. 2008. *Manual de azúcar, Gaceta oficial de la República Bolivariana de Venezuela Caracas*. número 39.076.
- Rain, Peter. 2012. *Ingeniería de la caña de azúcar*. Alemania. 879 páginas.
- De Prada, Cesar. Tachos de cocimiento. <http://avibert.blogspot.com/2012/12/tachos-de-cocimiento-tecnologia.html> [12 de abril del 2015]
- Julio. Fabricación de azúcar ii unidad 3. <http://es.slideshare.net/uljulio/fabricacion-de-azucar-ii-unidad-3> [28 de marzo del 2015]
- Ingenio Magdalena S.A. Historia.<http://iasmag.imsa.com.gt/inow/web/guest/historia> [15 de marzo del 2015]
- Ferrer, Jesús. Tipos de muestreo. <http://metodologia02.blogspot.com/p/tipos-de-muestreo.html> [15 de abril del 2015]
- Métodos de muestreo. <http://populationecol.tripod.com/muestreo.pdf> [20 de abril del 2015]
- Proceso de refinación de azúcar.http://www.cenicana.org/popup/fabrica/diagrama_refinacion.php [20 de marzo del 2015]
- Muestreo. <http://www.estadistica.mat.uson.mx/Material/elmuestreo.pdf> [16 de abril del 2015]
- Normas apa. <http://www.slideshare.net/stedia1/explicacin-normas-apa> [1 de mayo del 2015]
- Calcular eficiencia. <https://www.google.com.gt/#q=metodos+para+calcular+la+eficiencia> [26 de abril del 2015]

15. GLOSARIO

1. Agua dulce: Agua proveniente del desendulzado de filtros y de la limpieza de tachos; contiene trazas de azúcar remanente en filtros y tachos, por lo que se almacena en un tanque horizontal y se utiliza en la disolución y en la preparación de la precapa para fines de recuperación.
2. Azúcar cristal: Azúcar de calidad estándar cuyo color se encuentra entre 200-300 UI.
3. Azúcar crudo: Azúcar cuyo color se encuentra entre 350-500 UI.
4. Azúcar para reproceso: Azúcar que por no cumplir con parámetros de calidad establecidos se disuelve para ser procesada nuevamente en la Refinería de Azúcar.
5. Azúcar refinada: El azúcar refinado es simplemente un nutriente, un “simple carbohidrato”. No le acompaña ni la fibra ni las vitaminas, ni los minerales de la propia caña de azúcar.
6. Báscula romana: Instrumento de medición empleado para pesar masas de gran magnitud. La balanza es un instrumento cuya función principal es la de medir la masa de un cuerpo.
7. Batch: Procesamiento por lotes en el cual se utiliza para referirse a las descargas por lotes de algún producto.
8. Buffer: Un buffer o tampón químico, en términos químicos, es un sistema constituido por un ácido débil y su base conjugada, o por una base y su ácido conjugado que tiene capacidad tamponante, es decir, que puede oponerse a grandes cambios de pH (en un margen concreto) en una disolución acuosa.

9. Centipoise (cp): Unidad de medida de la viscosidad de un fluido.
10. Centrifugado: Aplicación de una fuerza centrífuga a una sustancia o materia para secarla o para separar componentes mezclados
11. Chiller: Un enfriador de agua o water Chiller es un caso especial de máquina frigorífica cuyo cometido es enfriar un medio líquido, generalmente agua. En modo calor también puede servir para calentar ese líquido.
12. Condensador Barométrico: El condensador barométrico es empleado como medio económico y confiable para condensar vapor proveniente de evaporadores, cristalizadores al vacío, cocinadores, sistemas de vacío y muchos otros equipos de la industria química o alimenticia.
13. Disolutor: Equipo utilizado para realizar pruebas físico químicas de disolución.
14. Estopa: Material de alta resistencia a la fricción que se utiliza como sello para evitar fugas.
15. Floculante: Un floculante es una sustancia química que aglutina sólidos en suspensión, provocando su precipitación.
16. Flóculo: Conjunto de partículas pequeñas aglutinadas en partículas más grandes y con mayor capacidad de sedimentación que se obtiene mediante tratamiento químico, físico o biológico.
17. °Brix: Unidad de medida que representa la cantidad total de sólidos presentes en una solución azucarada.
18. Orto fosfato: Material utilizado como medio filtrante en los filtros tipo pronto o de placas verticales y tipo cricket.
19. Sacarato de calcio: El licor o agua con cal, para remover las impurezas.

20. Set point: Valor en el cual se desea que se mantengan los parámetros de un proceso. Se fija en un programa de control automático.
21. Tolva: Dispositivo similar a un embudo de gran tamaño destinado al depósito y canalización de materiales granulares o pulverizados, entre otros. En ocasiones, se monta sobre un chasis que permite el transporte.
22. Unidades ICUMSA (UI): Unidad de medida del color del azúcar y soluciones azucaradas definidas por la International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis.
23. Sedimentación: Precipitación de los sólidos no azúcares en forma de lodo desechado.
24. Sólidos insolubles: Son aquellos que no forman solución con un líquido.
25. Ácido fosfórico: Químico utilizado para la clarificación del licor o jugo.
26. Pol: porcentaje de azúcar contenido en el licor y jugo de la caña.
27. pH: Es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución.
28. Muestra: Es una parte de la población que tenemos que estudiar
29. Pureza: Es la cantidad de sacarosa presente en una solución o producto azucarado también conocido como proporción por ciento de Pol en 100 partes de Brix o sólidos por gravedad.
30. Peso: Cantidad que debe pesar una cosa por ley o convenio
31. Densidad: Relación entre la masa o peso de un cuerpo y su volumen
32. Rang: Diferencia entre el mayor y el menor de los valores que toma una variable estadística.

16. TABLAS DE DATOS

Se presentan las tablas con los datos de Brix, Pol y pureza obtenidos del laboratorio de fábrica. Las fechas de los análisis en el turno correspondiente.

EFICIENCIA			
	Entrada de azúcar	Azúcar recuperada	Azúcar retornada
Quintales	6602,84	6470,82	132,03
%	100	98,00	2,00

TABLA 1
DATOS DE ESPUMA A LA ENTRADA DEL SISTEMA DE DESENDULZADO

DIA		FLUJO (M3)	BRIX	POL	PUREZA	SACAROSA (qq)	DIA		FLUJO (M3)	BRIX	POL	PUREZA	SACAROSA (qq)		
09-abr	1	Turno 1	39.78	10.05	9.20	91.54	126.26	18-abr	10	Turno 1	40.82	16.80	16.66	99.17	234.60
		Turno 2	45.53	9.20	8.96	97.39	140.75			Turno 2	43.93	10.65	10.55	99.06	159.89
		Turno 3	52.25	8.10	7.88	97.28	142.06			Turno 3	24.04	11.05	10.94	99.00	90.72
10-abr	2	Turno 1	40.22	7.20	6.84	95.00	94.92	19-abr	11	Turno 1	43.89	7.85	7.73	98.47	117.05
		Turno 2	11.59	15.40	14.91	96.82	59.63			Turno 2	38.98	8.50	8.30	97.65	111.61
		Turno 3	56.02	12.80	12.46	97.34	240.82			Turno 3	45.31	10.40	10.22	98.27	159.76
11-abr	3	Turno 1	54.27	9.25	9.05	97.84	169.45	20-abr	12	Turno 1	45.18	11.40	11.24	98.60	175.18
		Turno 2	36.08	17.10	16.63	97.25	207.02			Turno 2	40.97	12.90	12.80	99.22	180.92
		Turno 3	50.75	10.70	10.48	97.94	183.50			Turno 3	36.87	6.20	6.12	98.71	77.84
12-abr	4	Turno 1	20.40	11.00	10.80	98.18	76.02	21-abr	13	Turno 1	75.42	10.10	9.55	94.55	248.49
		Turno 2	16.02	11.00	10.81	98.27	59.76			Turno 2	43.28	6.85	6.67	97.37	99.59
		Turno 3	34.77	11.45	11.24	98.17	134.83			Turno 3	35.43	8.05	7.99	99.25	97.67
13-abr	5	Turno 1	47.37	9.05	8.94	98.78	146.10	22-abr	14	Turno 1	38.13	3.20	3.18	99.38	41.83
		Turno 2	46.64	7.30	7.12	97.53	114.57			Turno 2	63.60	7.80	7.64	97.95	167.63
		Turno 3	29.38	6.50	6.36	97.85	64.47			Turno 3	63.98	5.60	5.52	98.57	121.85
14-abr	6	Turno 1	40.45	5.35	5.22	97.57	72.85	24-abr	15	Turno 1	35.92	12.00	11.54	96.17	143.02
		Turno 2	36.68	5.70	5.56	97.54	70.37			Turno 2	36.63	9.80	9.59	97.86	121.18
		Turno 3	37.77	11.00	10.82	98.36	140.98			Turno 3	40.36	8.05	7.60	94.41	105.82
15-abr	7	Turno 1	36.57	16.00	15.82	98.88	199.59	26-abr	16	Turno 1	26.15	5.95	5.64	94.79	50.88
		Turno 2	31.68	7.45	7.30	97.99	79.78			Turno 2	35.13	10.20	10.07	98.73	122.06
		Turno 3	30.20	10.15	9.93	97.83	103.45			Turno 3	21.31	11.53	11.40	98.87	83.79
16-abr	8	Turno 1	65.08	5.90	5.74	97.29	128.88	29-abr	17	Turno 1	32.86	9.00	8.82	98.00	99.99
		Turno 2	26.16	5.15	5.02	97.48	45.30			Turno 2	30.32	4.25	3.99	93.88	41.74
		Turno 3	31.43	14.40	14.12	98.06	153.13			Turno 3	28.99	11.40	11.26	98.77	112.63
17-abr	9	Turno 1	44.71	8.75	8.10	92.57	124.95	30-abr	18	Turno 1	22.26	18.25	18.13	99.34	139.26
		Turno 2	37.70	7.20	7.13	99.03	92.73			Turno 2	23.25	15.20	14.74	96.97	118.23
		Turno 3	40.12	10.15	10.02	98.72	138.69			Turno 3	17.59	11.45	11.33	98.95	68.75
Subtotales		1039.64	263.30	256.46	2628.51	3310.84	Subtotales		1030.59	264.43	259.22	2641.97	3292.01		
Totales		2070.23	527.73	515.68	5270.48	6602.84									
Promedio/turno		38.34	9.77	9.55	97.60	122.27									

FUENTE DATOS DE LABORATORIO INGENIO MAGDALENA S.A.

TABLA 2
DATOS DE AGUA DULCE A LA SALIDA DEL SISTEMA DE DESENDULZADO

DIA		FLUJO (M3)	BRIX	POL	PUREZA	SACAROSA (qq)	DIA		FLUJO (M3)	BRIX	POL	PUREZA	SACAROSA (qq)		
09-abr	1	Turno 1	40.30	9.20	8.99	97.72	124.99	18-abr	10	Turno 1	36.30	18.40	18.28	99.35	228.93
		Turno 2	44.70	9.10	9.02	99.12	139.10			Turno 2	40.30	11.50	11.43	99.39	158.92
		Turno 3	49.40	8.35	8.10	97.01	138.05			Turno 3	38.70	6.70	6.58	98.21	87.85
10-abr	2	Turno 1	44.60	6.20	6.08	98.06	93.55	19-abr	11	Turno 1	41.30	8.20	8.05	98.17	114.70
		Turno 2	11.60	15.00	14.82	98.80	59.31			Turno 2	42.50	7.75	7.52	97.03	110.26
		Turno 3	53.20	13.15	13.01	98.94	238.79			Turno 3	41.40	11.05	10.86	98.28	155.11
11-abr	3	Turno 1	48.40	10.25	10.08	98.34	168.32	20-abr	12	Turno 1	42.70	11.90	11.75	98.74	173.10
		Turno 2	41.10	14.30	14.16	99.02	200.78			Turno 2	41.20	12.70	12.66	99.69	179.95
		Turno 3	43.50	12.25	12.07	98.53	181.14			Turno 3	40.70	5.55	5.48	98.74	76.95
12-abr	4	Turno 1	32.40	7.40	6.79	91.76	75.90	21-abr	13	Turno 1	41.60	17.25	17.17	99.54	246.42
		Turno 2	25.10	6.95	6.77	97.41	58.62			Turno 2	39.70	7.25	7.10	97.93	97.25
		Turno 3	36.80	10.75	10.52	97.86	133.56			Turno 3	39.60	7.20	7.09	98.47	96.86
13-abr	5	Turno 1	41.80	10.20	10.09	98.92	145.51	22-abr	14	Turno 1	38.50	3.10	3.06	98.71	40.64
		Turno 2	50.10	6.70	6.55	97.76	113.21			Turno 2	40.30	11.90	11.75	98.74	163.37
		Turno 3	20.80	9.00	8.84	98.22	63.44			Turno 3	39.60	8.95	8.83	98.66	120.64
14-abr	6	Turno 1	38.20	5.55	5.40	97.30	71.17	24-abr	15	Turno 1	39.40	10.50	10.34	98.48	140.55
		Turno 2	38.40	5.30	5.24	98.87	69.42			Turno 2	35.00	9.70	9.49	97.84	114.59
		Turno 3	34.40	11.80	11.49	97.37	136.36			Turno 3	42.90	7.40	7.07	95.54	104.64
15-abr	7	Turno 1	42.50	13.60	13.42	98.68	196.77	26-abr	16	Turno 1	28.60	5.20	5.01	96.35	49.43
		Turno 2	41.10	5.60	5.53	98.75	78.41			Turno 2	31.10	10.45	10.31	98.66	110.62
		Turno 3	28.00	10.60	10.37	97.83	100.17			Turno 3	30.60	8.00	7.81	97.63	82.45
16-abr	8	Turno 1	28.10	13.30	13.08	98.35	126.80	29-abr	17	Turno 1	31.80	9.00	8.84	98.22	96.98
		Turno 2	29.60	4.45	4.35	97.75	44.42			Turno 2	22.50	5.55	5.33	96.04	41.37
		Turno 3	34.30	12.50	12.34	98.72	146.03			Turno 3	28.30	11.45	11.29	98.60	110.23
17-abr	9	Turno 1	38.60	9.35	9.24	98.82	123.05	30-abr	18	Turno 1	25.80	15.25	15.20	99.67	135.30
		Turno 2	42.40	6.35	6.29	99.06	92.01			Turno 2	26.90	12.50	12.19	97.52	113.13
		Turno 3	40.50	9.80	9.69	98.88	135.39			Turno 3	26.00	7.50	7.39	98.53	66.29
Subtotales		1019.90	257.00	252.33	2647.84	3254.28	Subtotales		973.30	261.90	257.88	2652.71	3216.53		
Totales		1993.20	518.90	510.21	5300.55	6470.82									
Promedio/turno		36.91	9.61	9.45	98.16	119.83									

FUENTE DATOS DE LABORATORIO INGENIO MAGDALENA S.A.

TABLA 3
DATOS DE ESPUMA A LA SALIDA DEL SISTEMA DE DESENDULZADO

DIA		FLUJO (Kgs)	BRIX	POL	PUREZ A	SACAROS A (qq)	DIA		FLUJO (Kgs)	BRIX	POL	PUREZ A	SACAROS A (qq)		
09-abr	1	Turno 1	34172.54	0.24	0.17	70.83	1.26	18-abr	10	Turno 1	33459.28	0.90	0.78	86.67	5.67
		Turno 2	37903.54	0.25	0.20	80.00	1.65			Turno 2	37146.25	0.16	0.12	75.00	0.97
		Turno 3	41888.92	0.50	0.44	88.00	4.01			Turno 3	35671.46	0.40	0.37	92.50	2.87
10-abr	2	Turno 1	31428.32	0.24	0.20	83.33	1.37	19-abr	11	Turno 1	31830.36	0.40	0.34	85.00	2.35
		Turno 2	8174.18	0.20	0.18	90.00	0.32			Turno 2	32755.21	0.25	0.19	76.00	1.35
		Turno 3	37488.49	0.35	0.25	71.43	2.04			Turno 3	31907.43	0.80	0.67	83.75	4.65
11-abr	3	Turno 1	40225.86	0.18	0.13	72.22	1.14	20-abr	12	Turno 1	33093.53	0.40	0.29	72.50	2.09
		Turno 2	34158.74	0.90	0.84	93.33	6.24			Turno 2	31930.99	0.16	0.14	87.50	0.97
		Turno 3	36153.41	0.40	0.30	75.00	2.36			Turno 3	31543.48	0.17	0.13	76.47	0.89
12-abr	4	Turno 1	5128.34	0.15	0.11	70.00	0.12	21-abr	13	Turno 1	35273.98	0.35	0.27	77.14	2.07
		Turno 2	3972.88	1.40	1.31	93.57	1.13			Turno 2	33662.91	0.45	0.32	71.11	2.34
		Turno 3	5824.78	1.10	1.00	90.91	1.27			Turno 3	33578.11	0.14	0.11	78.57	0.80
13-abr	5	Turno 1	20810.98	0.18	0.13	72.22	0.59	22-abr	14	Turno 1	34031.85	0.20	0.16	80.00	1.18
		Turno 2	24943.31	0.28	0.25	90.91	1.36			Turno 2	35622.95	0.70	0.55	78.57	4.26
		Turno 3	10355.71	0.60	0.46	76.67	1.04			Turno 3	35004.19	0.19	0.16	84.21	1.22
14-abr	6	Turno 1	31034.23	0.35	0.25	71.43	1.69	24-abr	15	Turno 1	35545.65	0.40	0.32	80.00	2.47
		Turno 2	31196.71	0.18	0.14	77.78	0.95			Turno 2	31576.09	1.20	0.96	80.00	6.59
		Turno 3	27947.06	0.85	0.76	89.41	4.62			Turno 3	38703.26	0.19	0.14	73.68	1.18
15-abr	7	Turno 1	34111.58	0.50	0.38	76.00	2.82	26-abr	16	Turno 1	44402.21	0.20	0.15	75.00	1.45
		Turno 2	32987.91	0.23	0.19	82.61	1.36			Turno 2	48283.52	1.20	1.09	90.83	11.44
		Turno 3	22473.51	0.70	0.67	95.71	3.27			Turno 3	47507.26	0.17	0.13	76.47	1.34
16-abr	8	Turno 1	31872.12	0.40	0.30	75.00	2.08	29-abr	17	Turno 1	47755.82	0.35	0.29	82.86	3.01
		Turno 2	33573.48	0.16	0.12	75.00	0.88			Turno 2	33789.50	0.10	0.05	50.00	0.37
		Turno 3	38904.40	0.90	0.84	93.33	7.10			Turno 3	42499.68	0.35	0.26	74.29	2.40
17-abr	9	Turno 1	30150.25	0.40	0.29	72.50	1.90	30-abr	18	Turno 1	53597.78	0.40	0.34	85.00	3.96
		Turno 2	33118.41	0.14	0.10	71.43	0.72			Turno 2	55882.96	0.55	0.42	76.36	5.10
		Turno 3	31634.33	0.60	0.48	80.00	3.30			Turno 3	54013.27	0.30	0.21	70.00	2.47
Subtotales		751634.00	12.38	10.49	2178.63	56.56	Subtotales		1040069.00	11.08	8.96	2119.49	75.47		
Totales		1791703.00	23.46	19.45	4298.12	132.03									
Promedio/turno		33179.69	0.43	0.36	79.59	2.44									

FUENTE DATOS DE LABORATORIO INGENIO MAGDALENA S.A.