

**MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE ELABORACION DE JUGO DE CAÑA EN  
UN INGENIO AZUCARERO**

**OLMES ANDRES TIGREROS VIDAL**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA  
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA  
PROGRAMA DE  
CEAD PALMIRA – VALLE DEL CAUCA  
2017**

**MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE ELABORACION DE JUGO DE CAÑA EN  
UN INGENIO AZUCARERO**

**OLMES ANDRES TIGREROS VIDAL**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de  
Tecnólogo Industrial**

**DIRECTOR**

**Mg. JOSE LUIS MONTAÑO**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA  
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA  
PROGRAMA DE  
CEAD PALMIRA – VALLE DEL CAUCA**

**2017**

Este trabajo de grado, titulado “Mejoramiento en proceso de jugo de caña “y realizado por el estudiante, Olmes Tigreros quien se presenta a la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia como requisito parcial para optar al título de Tecnólogo en. Tecnología Industrial.

Hemos revisado este trabajo de grado y recomendamos su aprobación:

---

Presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

## **DEDICATORIA**

Este trabajo es dedicado especialmente a Dios y a mi familia, por su ayuda durante el largo periodo de toda mi carrera.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad nacional abierta y a distancia UNAD, por brindarme la oportunidad de poder culminar con éxito mi carrera de Tecnólogo Industrial en esta institución, y al profesor Jesús Antonio Peña por su colaboración y disposición en la tarea de asesor.

Al personal del ingenio Manuelita, en el área de molienda y energía y laboratorios por su colaboración en todo momento, y en especial al ingeniero Gentil Góngora por su disposición en calidad de jefe del área.

Al Ex jefe del laboratorio Olga Patricia Izquierdo Coronado, por la ayuda brindada con toda la información suministrada y su colaboración.

## RESUMEN

El propósito de implementar una ayuda al proceso de extracción de jugo de caña, mediante la estandarización del proceso de toma muestras y realización de análisis, para el de proceso de extracción de jugo en caña de azúcar, con el fin de determinar si los cambios de las variables del proceso le afectan y como contrarrestarlo, mediante el seguimiento continuo aplicado.

La realización de mejorar del proceso de extracción de jugo de caña, mediante la implementación de un método de muestreo y análisis que nos sea representativo con el funcionamiento del tándem (molino), teniendo en cuenta todas las variables del proceso a la hora de realizar las pruebas, para determinar la eficiencia de equipos que hacen parte de todo el tándem y que juegan un papel importante en el proceso de extracción del jugo.

### **Palabras clave:**

**Tándem:** conjunto de mazas que comprimen la caña y bagazo, suelen estar compuesto por seis molinos en línea.

**Molinos:** compuesto de 4 rodillos surcados que prensan la caña previamente desmenuzada y extraen su jugo.

**Caña de azúcar:** caña de tallo leñoso que está lleno de un tejido esponjoso y dulce del que se extrae la sacarosa para realizar el azúcar.

**Bagazo:** residuo orgánico resultante del prensado de la caña de azúcar, y se usa como combustible en los ingenios.

**Extracciones:** jugo caña extraído por los molinos.

**Brix:** sólidos disueltos.

**Pol:** sacarosa disuelta en una disolución.

**Cureña:** estructura de acero donde soporta las piezas del molino.

**Maza superior:** es la maza cilíndrica que proporciona transmisión a los demás molinos.

## CONTENIDO

Página

INTRODUCCIÓN .....	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	12
1.1. Formulación del Problema de Investigación .....	12
2. OBJETIVOS .....	15
2.1 Objetivo General .....	15
2.2 Objetivos Específicos .....	15
3 JUSTIFICACIÓN .....	16
3.1 Importancia del Estudio .....	17
4. MARCO TEÓRICO.....	19
Generalidades del proceso de producción .....	35
Antecedentes.....	35
4.1 Estado del Arte .....	35
4.2 Marco Referencial.....	36
4.3 Marco Conceptual.....	38
5. METODOLOGÍA.....	41
5.1 Tipo de Estudio.....	41
5.2 Tipo de Investigación.....	42
5.3 Metodo.....	42
5.4 Procedimiento Muestreo de Caña.....	42
5.5 Procedimiento Muestreo de Bagazo.....	43
5.6 Tipo de Analisis .....	43
5.7 Procedimiento de Analisis .....	43
5.7.1 Determinacion de Fibra.....	43
5.7.2 Determinacion de Grados Brix.....	44

5.7.3 Determinacion de Polarizacion .....	44
5.7.4 Determinacion de Humedad .....	44
5.7.5 Formulas.....	45
5.7.6 Equipos y Reactivos.....	45
6. RESULTADOS .....	47
6.1 Información del Tándem.....	47
6.2 Registros.....	48
6.3 Reportes.....	48
6.4 Extracciones Individuales.....	48
7. CONCLUSIONES.....	51
8. RECOMENDACIONES .....	52
BIBLIOGRAFÍA .....	53
APÉNDICE A.....	54



## LISTA DE FIGURAS

Página

Figura N° 1. Comportamiento extracción.....	13
Figura N° 2. Comportamiento extracción ideal.....	14
Figura N° 3. Grúa Paredón.....	19
Figura N° 5. Ruma de Caña.....	20
Figura N° 6. Maquinaria.....	20
Figura N° 7. Nivelador.....	21
Figura N° 8. Bomba hidráulica.....	21
Figura N° 9. Tambor.....	21
Figura N° 10. Tambor alimentador.....	22
Figura N° 11. Grúa.....	22
Figura N° 12. Desfibradora.....	23
Figura N° 13. Conductor Inclinado.....	23
Figura N° 14. Tándem II.....	24
Figura N° 15. Equipos.....	25
Figura N° 16. Proceso Extracción.....	26
Figura N° 17. Molino Cañero.....	27
Figura N° 18. Maza Molino.....	27
Figura N° 19. Diagrama de Flujo .....	34
Figura N° 20. Curva de Extracciones.....	47

## LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla N° 1. Variables optimas en el tándem.....	13
Tabla N° 2. Parámetros ideales de resultados.....	18
Tabla N° 3. Pruebas de medición con sus variables operativas.....	18
Tabla N° 4. Molino I.....	29
Tabla N° 5. Molino II.....	29
Tabla N° 6. Molino III.....	30
Tabla N° 7. Molino IV.....	30
Tabla N° 8. Molino V.....	31
Tabla N° 9. Molino VI.....	31
Tabla N° 10. Prueba de medición, variables operativas .....	37
Tabla N° 11. Resultados Extracciones.....	47
Tabla N° 12. Seguimientos de extracciones individuales.....	49
Tabla N° 13. Parámetros óptimos del Proceso.....	50

## INTRODUCCIÓN

En los ingenios azucareros siempre se está en la búsqueda de aplicar mejoramientos continuos en sus procesos, con el fin de obtener mejores resultados operativos.

La idea de mejoramiento que se presenta en este proyecto va dirigida al área de molienda, y con el propósito inicialmente de diagnosticar el proceso de compresión de caña y bagazo individual en cada molino del tándem, ciertamente ya sus antecedentes nos mostraron resultados globales del comportamiento del proceso, donde se apreció la forma de evaluación superficial de las extracciones del jugo caña, analizando entrada y salida del molino, y donde no se tuvieron en cuenta las partes intermedias del proceso, dejando ciertas dudas en su estudio.

Por concerniente se busca realizar un seguimiento riguroso al proceso para determinar las falencias presentes en las extracciones de jugo evaluando todas sus variables y así obtener una mejor panorámica determinística al proceso.

Demostrando las posibles inconsistencias que se está presentando en el proceso, mediante los análisis fisicoquímicos realizados a la materia prima y haciendo seguimiento a las variables operativas paralelo a los ensayos

En la industria azucarera uno de sus principales objetivos en molienda, está centrado en la obtención en una buena extracción de jugo con alto contenido de sacarosa, la eficiencia de extracción de jugo en molienda afecta la rentabilidad de la fábrica.

# 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1 Formulación del Problema de Investigación

El alto porcentaje de humedad en el bagazo reportados por el laboratorio, muestran que hay falencias en el proceso de compresión de caña, debido a que esto es un factor que alerta que el proceso de compresión está fallando, porque el porcentaje de humedad no solo afecta la extracción, sino que genera inconvenientes en el proceso siguiente; ya que el bagazo es usado como combustible para la generación de vapor.

### **¿Cómo se mejoraría el proceso y en qué consistiría?**

Realizando el seguimiento al tándem con tomas de muestras y análisis fisicoquímicos del bagazo a través de su paso por cada molino de forma individual a todo el tándem obtendríamos un diagnóstico general e individual por molino, dependiendo de los resultados dados mediante el procedimiento se corregirían las posibles fallas mecánicas y operacionales, ya que se demostraría en ciertos casos con los resultados analizados de cada uno de las muestras, estos cálculos arrojarían el estado funcional de los equipos, teniendo en cuenta el registro de las variables operativas y la inspección del área, donde todo esto se reporta mediante un formato, que indica el diagnóstico que evidencie alguna anomalía. Ver formato en pag.57

Condiciones de comportamientos de extracciones de jugo de caña, según su estado.

TANDEM	EXTRACCION	HUMEDADES
Molino 1	72.39	53.02
Molino 2	27.79	60.64
Molino 3	36.06	58.54
Molino 4	47.64	50.80
Molino 5	13.51	57.67
Molino 6	31.21	57.94

Tabla N°1 Cuadro de resultados de prueba de análisis.

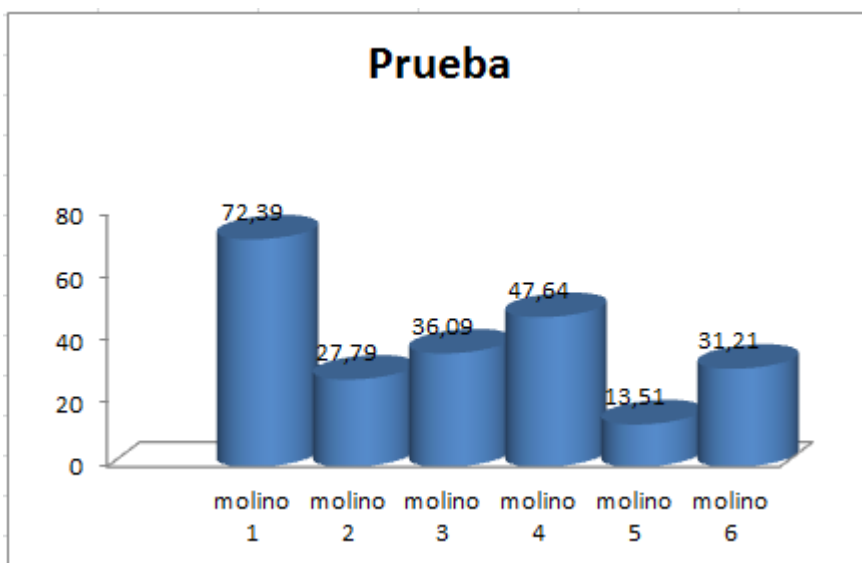


Figura N°1 comportamiento extracciones.

Lo que apreciamos en este grafico fue un análisis de verificación del comportamiento de las extracciones y cómo podemos ver la gráfica tiene sus altibajos, siendo una extracción irregular, donde se aprecia que en algunos molinos su extracción fue mínima (m2-m3) y siendo inferior a (m4) que debería haber sido todo lo contrario. Este es un caso donde se analiza el porqué de ello y sus posibles fallas.

Causas en por qué se presentan alteraciones en la extracción, el grafico N°1 se aprecia bien que presenta inconsistencias en los molinos 2 y 3 donde el porcentaje de extracción está muy lejos de esperado, de acuerdo a los parámetros establecidos. La tabla N°1 podemos ver que la humedad esta elevada y es un primer indicio de que este molino está presentando algún inconveniente.

**Medir eficiencia:** Con los resultados de las extracciones de cada molino, determinamos si el comportamiento operativo está en óptimas condiciones de procesamiento, ya que, con los análisis, podemos determinar si un equipo está funcionando bien o mal, según sea el caso. El comportamiento es irregular ya que depende de muchas variables para verificar una falencia.

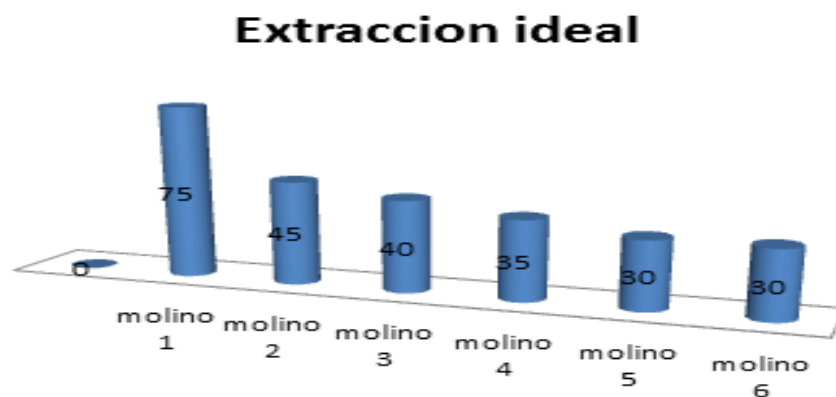


Figura N°2 Comportamiento Extracción Ideal.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

Mejorar el proceso de extracción de jugo caña en un ingenio azucarero, mediante la implementación de un método de análisis fisicoquímicos, que determine el real porcentaje de extracción en cada molino, de acuerdo al ajuste de sus variables operativas en un muestreo puntual además con un registro operacional de sus variables, donde se evidencia el comportamiento molino por molino.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Realizar mediciones de materia prima.
- Determinar % de humedades de bagazo en cada molino
- Determinar contenido de sacarosa por cada molino.
- Determinar el % fibra por cada molino.
- Determinar la extracción individual por molino.
- Definir los parámetros óptimos de operación.
- Presentar el Diagnostico general del tándem de acuerdo al funcionamiento de sus variables operativas.

### 3 JUSTIFICACIÓN

La búsqueda de obtener un buen diagnóstico en las extracciones de jugo de caña, fue el primer paso a profundizar en el tema, investigando y poder comparar con las extracción global la cual es analizada de forma superficial en la actualidad, donde solo se tenía en cuenta la entrada y salida del tándem, y donde no se tenía en cuenta los molinos intermedios del proceso, y que en este nuevo esquema entran a participar de forma directa y más detallada en relación con el comportamiento de todas las partes que conforman el tándem, de esta forma los datos analíticos mostraron que era determinante el paso de materia prima en las partes intermedias, donde se apreció el comportamiento de compresión de diferentes volúmenes, donde se encontró que cierto ajustes en los molinos no eran relacionados con forma de compresión que mejora la extracción, encontrándose recargas en molinos no consecutivos, más bien intercalados que hacen que uno molino de cola tenga más extracción que uno inicial, dado al estudio, se pudo probar esto, significa poder mejor la extracción global, y que a su vez daría en mejor acondicionamiento en la parte de mecánica del molino teniendo en cuenta el porcentaje de extracción por equipo, y que a su vez se tiene el registro de las variables operativas.



### 3.1 Importancia del Estudio

La idea primordial de realizar el proyecto es de poder contribuir a mejorar el proceso de extracción jugo de caña, para determinar las condiciones operativas de cada uno de los molinos intermedios de todo el tándem, mediante un seguimiento continuo al proceso, ya que anteriormente no se contaba con este tipo de registro que hace más minuciosa la investigación, determinando la eficiencia operativa de los equipos de comprensión de jugo de caña, demostrando mediante los análisis de laboratorio su comportamiento real máquina vs operación, diagnosticando las condiciones de todos los equipos. Donde se puede tener en cuenta para el mantenimiento del mismo, dado que el análisis demuestra la falencia en los equipos, cuando la humedad y presentan datos negativos en extracción, estos cambios altos en los porcentajes humedad quieren decir que hay fallas de ajuste o daños mecánicos en el molino por lo presenta estos análisis fuera de rango. Cuando suceden este tipo de incidentes que se refleja en los análisis, se entra a repetir un muestreo buscado la certeza del dato si es como se reporta antes de informar al encargado de la operación de funcionamiento del tándem para entrar a evaluar el posible daño. Siendo del caso programar un mantenimiento, esa es una gran ayuda al proceso de comprensión, determinación tomada por el jefe de área según el reporte que se presenta en el proceso. En casos puntuales el daño puede ser reparado de inmediato dependiendo la magnitud de su tamaño. El cálculo de extracciones es una herramienta útil en estos casos, previos de operación. En ocasiones los posibles inconvenientes pueden ser de tipo fugas o contaminación de cruzada que suelen pasar estos casos e igualmente enbrazamientos de mazas u obstrucciones de en salida del conductor continuo de bagazo. Siendo el posible daño es determinado con los análisis fisicoquímicos hechos al proceso.

Equipos	Vel.Turbinas (rpm)	Presión Toberas (psi)	Nivel chute (%)
M1	3500 – 4200	220 – 250	80 - 100
M2	3000	200 – 220	30
M3	3000	200 – 220	30
M4	3000	100 – 200	30
M5	3000	100 – 200	30
M6	3000	100 – 200	30

Tabla N° 2. Variables operación óptima en el tándem.

Equipos	Humedad (%)	Fibra (%)	Extracción (%)
M1	50	37	70 - 75
M2	50	37	40 - 45
M3	50	37	40
M4	50	37	35
M5	48	37	30
M6	48	50	30

Tabla N° 3. Parámetros Ideales de resultados.

#### 4. MARCO TEÓRICO

si bien podemos decir que el proceso de extracción se venía teniendo cuenta de una forma muy sencilla el diagnostico determinando solamente la entrada y salida del tándem y con estos dos datos se evaluaba todo el molino, sin tener en cuenta los molinos intermedios que es parte fundamental del proceso de comprensión es aquí donde se ve la gran diferencia de los valores individuales de cada uno de los molinos, los resultados son más demostrativos a la hora de tomar decisiones referente al proceso, donde nace la teorías de aplicar un seguimiento con el fin de determinar el comportamiento y la real eficiencia presente en cada equipo que hace parte del proceso de extracción.

Proceso De Elaboración De Azúcar:

##### **RECEPCION DE CAÑA:**

La caña que llega del campo a fabrica se pesa en las basculas y se descarga sobre las mesas de alimentación al conductor de caña con grúas tipo hilo. Luego es sometido a un proceso de preparación que consiste en romper o desfibrar las celdas de los tallos por medio de picadoras y desfibradoras. Posteriormente unas bandas transportadoras la conducen al tándem de molinos

Equipos involucrados en este proceso



Figura N° 3 Grúa de paredón.

Muro o paredón de descarga: es punto de descargue, cuando no se hace por las mesas.



Figura N° 4. Ruma de caña en patios.

Ruma o apronte de caña: es la cantidad de caña apilada en patios, esta caña se encuentra lista para entrar en molienda.



Figura N° 5. Maquinaria de alimentación.

Cargador: maquina autopropulsada que recoge la caña y alimenta en conductor horizontal.



Figura N° 6. Gallego o Nivelador

Gallego: equipo instalado en las mesas de caña para regular el flujo de caña larga al conductor horizontal.



Figura N° 7. Bomba hidráulica.

Unidad hidráulica: sistema hidráulico para la transmisión de potencia y movimiento de los conductores del tándem.



Figura N°8. Tambor.

Tambor nivelador: rotor que gira a baja velocidad en contra del flujo de la caña, de manera que empareja la altura del colchón de caña sobre el conductor horizontal con el fin de mejorar la alimentación.



Figura N° 9. Tambor alimentador.

Tambor alimentador: equipo que alimenta la desfibradora regulando el nivel de caña que entra en esta.

## PROCESO DE ALIMENTACION DE CAÑA

### Descripción del proceso

La estación está diseñada para manejar una molienda de aproximadamente 8400 TCD.



Figura N°10. Transporte de caña.

Transporte de caña: Es transportada en vagones alada en tractores y camiones.



Figura N° 11. Grúa de descargue.

Descargada con grúas de hilo, sobre las mesas.



Figura 12. Desfibradora.

Desfibradora de caña: la desfibradora de caña está instalada sobre el conductor horizontal del tándem, es utilizada para preparar la caña antes de la molienda.



Figura N° 13. Conductor inclinado.

Conductor que transporta la caña que sale de la desfibradora y que alimenta el primer molino del tándem. (inicia el proceso de extracción de jugo).

## PROCESO DE EXTRACCION DE JUGO



Figura N°14.tamden II.

Tándem con junto de seis molinos compuestos por 4 mazas, la cuales tienen la función de separar el jugo del bagazo por compresión, este proceso inicia con la alimentación de la caña preparada al chute del primer molino desde el conductor, el bagazo resultante del primer molino alimenta al segundo molino mediante conductores intermedios y así sucesivamente hasta el sexto molino, el bagazo que sale en el último molino es conducido a calderas para ser usado como combustible para la generación de vapor que genera la energía para lograr el movimiento de los molinos, a la entrada del ultimo molino, se adiciona agua de imbibición para diluir el jugo y extraer la sacarosa que contiene la fibra, el contenido de jugo que resulta de cada extracción se envía al molino anterior así sucesivamente hasta el segundo molino; el jugo extraído el primer y segundo molino se somete a una etapa de filtración por medio de un filtro de tambor rotativo llamado filtro trommel el cual retira el bagazo del jugo.





Figura N° 15. Equipos Tándem.

En el proceso de extracción se considera que la materia prima es la caña preparada la cual está compuesta por una parte sólida llamada fibra y otra parte líquida, el jugo, el cual contiene agua y sacarosa. En ambas partes también se encuentran otras sustancias en cantidades muy pequeñas. Las proporciones de los componentes varían de acuerdo con la variedad de la caña, sin embargo, unos valores de referencia general pueden ser: agua entre 73% a 76%, sacarosa entre 8% al 15% y fibra entre 11% y el 16%. El porcentaje de sólidos que se encuentran el 100% del jugo se denomina Brix.

La extracción de jugo de caña se realiza en un tándem conformado normalmente por seis molinos en línea.

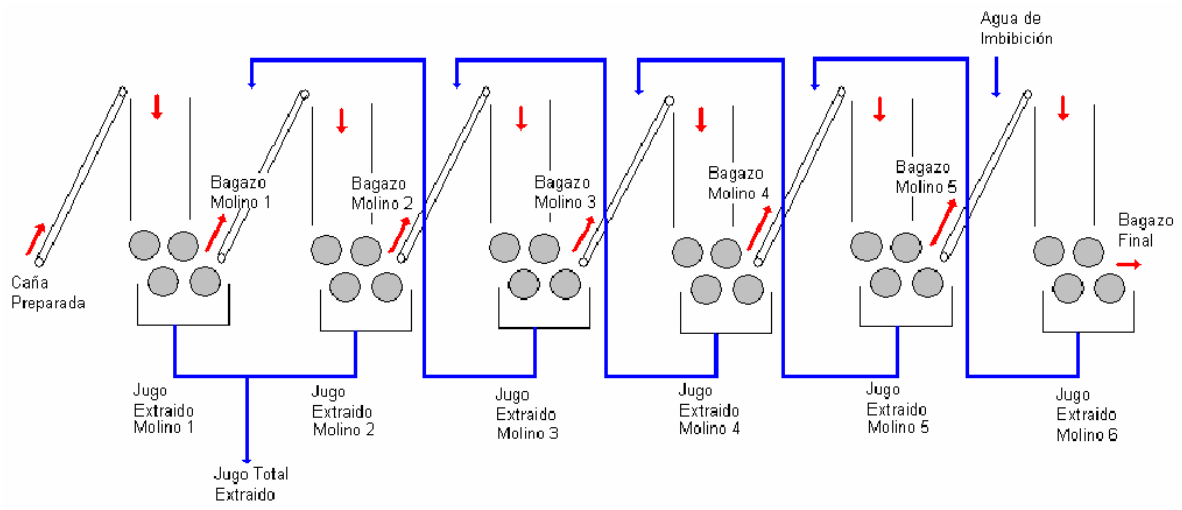


Figura N° 16. Proceso de Extracción.

Lo que compone un molino cañero

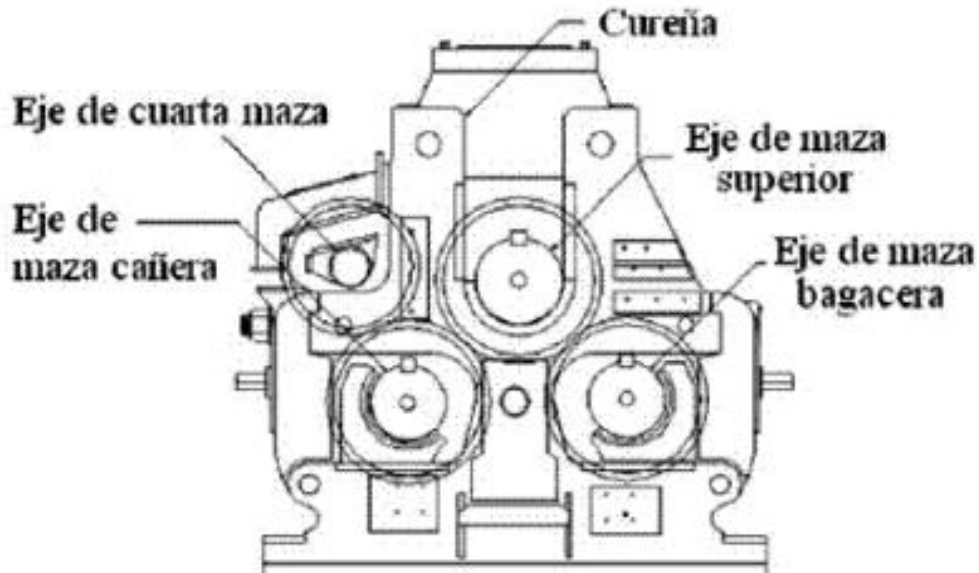


Figura N°17 Molino Cañero

Representación de una Maza, Molino Cañero

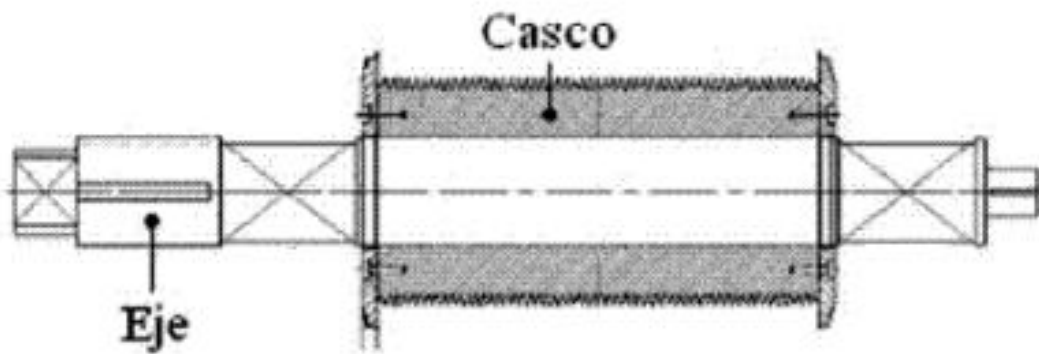


Figura N° 18 maza molino

Cada molino está compuesto de 4 mazas, las cuales giran entre 3 y 6 rpm y tienen la función de extraer el jugo del bagazo por medio de compresión del bagazo. El proceso de extracción inicia con la alimentación de la caña preparada a la tolva del primero molino a través de una banda transportadora.

En el primer molino, a la caña se le extrae casi el 70% del jugo y el resto queda en el bagazo el cual pasa al siguiente molino por medio de otra banda. En cada uno de los molinos por medio de otra banda. En cada uno de los molinos se repite el proceso de extracción hasta el sexto donde el bagazo que sale al final queda con aproximadamente un 2.5% de Brix y un 50% de húmeda de jugo en él. Para mejora el proceso de extracción en algunos trenes se aplica agua a una temperatura de 90°C a la entrada del sexto molino, la cantidad de agua depende de la cantidad de fibra contenida en el bagazo. Normalmente se le aplica un 200% del flujo de fibra de bagazo. El jugo extraído en estos molinos es aplicado a la entrada de los molinos anteriores es un proceso de imbibición compuesto.

El jugo extraído del primer molino junto con el extraído en el segundo molino va a la siguiente etapa del proceso de elaboración de azúcar, el jugo total extraído normalmente presenta entre un 15% a 20% de Brix.

El planteamiento del proyecto como tal, sería muy útil y de mucha importancia al área de molienda, ya que contaría con una herramienta probatoria del control de la eficiencia de los molinos, ¿Por qué? Por los resultados del muestreo y los análisis medirían la forma de cómo está operando dichos equipos, de una manera puntual y controlado por el monitoreo sus variables operacionales.

Características de cada molino:

MOLINO 1

Marca	FARREL
Modo de accionamiento	Turbina a vapor
Capacidad	8400 TCD
Velocidad	0 -6 rpm
Potencia	745.6KW
Ajuste de entrada	85.7 mm
Ajuste de salida	41.2 mm
Caja de alimentación	217.4 mm
Flotación maza superior	12.7 mm
Lubricación chumacera	Sistema Farvar
Lubricación coronas pples.	Inmersión
Dimensión de maza	43" x 84"
Rayado de maza	38.1 mm

Tabla N°4. Molino I.

MOLINO 2

Marca	FARREL
Modo de accionamiento	Turbina a vapor
Capacidad	8400 TCD
Velocidad	0 -6 rpm
Potencia	745.6KW
Ajuste de entrada	79.37 mm
Ajuste de salida	38.1 mm
Caja de alimentación	193.67 mm
Flotación maza superior	12.7 mm
Lubricación chumacera	Sistema Farvar
Lubricación coronas pples.	Inmersión
Dimensión de maza	43" x 84"
Rayado de maza	38.1 mm

Tabla N° 5. Molino II.

MOLINO 3

Marca	FARREL
Modo de accionamiento	Turbina a vapor
Capacidad	8400 TCD
Velocidad	0 -6 rpm
Potencia	745.6KW
Ajuste de entrada	80.96 mm
Ajuste de salida	26.65 mm
Caja de alimentación	152.4 mm
Flotación maza superior	12.7 mm
Lubricación chumacera	Sistema Farvar
Lubricación coronas pples.	Inmersión
Dimensión de maza	43" x 84"
Rayado de maza	38.1 mm
Lubricación de piñones	Inmersión

Tabla N° 6. Molino III.

MOLINO 4

Marca	FARREL
Modo de accionamiento	Turbina a vapor
Capacidad	8400 TCD
Velocidad	0 -6 rpm
Potencia	745.6KW
Ajuste de entrada	63.5 mm
Ajuste de salida	25.4 mm
Caja de alimentación	139.7 mm
Flotación maza superior	12.7 mm
Lubricación chumacera	Sistema Farvar
Lubricación coronas pples.	Inmersión
Dimensión de maza	43" x 84"
Rayado de maza	38.1 mm
Lubricación de piñones	Inmersión

Tabla N° 7. Molino IV.

MOLINO 5

Marca	FARREL
Modo de accionamiento	Turbina a vapor
Capacidad	8400 TCD
Velocidad	0 -6 rpm
Potencia	745.6KW
Ajuste de entrada	57.15 mm
Ajuste de salida	22.22 mm
Caja de alimentación	125.41mm
Flotación maza superior	12.7 mm
Lubricación chumacera	Sistema Farvar
Lubricación coronas pples.	Inmersión
Dimensión de maza	43" x 84"
Rayado de maza	38.1 mm
Lubricación de piñones	Inmersión

Tabla N° 8. Molino V.

MOLINO 6

Marca	FARREL
Modo de accionamiento	Turbina a vapor
Capacidad	8400 TCD
Velocidad	0 -6 rpm
Potencia	745.6KW
Ajuste de entrada	57.15 mm
Ajuste de salida	22.22 mm
Caja de alimentación	133.35 mm
Flotación maza superior	12.7 mm
Lubricación chumacera	Sistema Farvar
Lubricación coronas pples.	Inmersión
Dimensión de maza	43" x 84"
Rayado de maza	38.1 mm
Lubricación de piñones	Inmersión

Tabla N° 9. Molino VI.

## **MOLIENDA:**

En el tándem los molinos realizan la extracción de la sacarosa que consiste en exprimir y lavar el colchón de bagazo. Este lavado se hace con el jugo extraído en el molino siguiente y el lavado del último molino se hace con agua caliente que facilita la desinfección y extracción de la sacarosa en el bagazo.

El bagazo del último molino es usado como combustible en las calderas para generar vapor o como materia prima en la elaboración de papel.

El jugo proveniente de los molinos una vez pesado en las básculas pasa por los tanques de alcalización para regular su acidez y evitar la destrucción de sacarosa. Este proceso ayuda a sedimentar la mayor parte de impurezas que trae el jugo.

## **CLARIFICACION:**

El jugo alcalizado se bombea a los calentadores, donde se eleva su temperatura hasta un nivel cercano al punto de ebullición y luego pasa a los clarificadores continuos, donde se sedimentan. Las impurezas y el jugo claro que sobrenada es extraído por la parte superior.

Las impurezas sedimentadas pasan a los filtros rotatorios al vacío, las cuales están recubiertas con finas mallas metálicas que dejan pasar el jugo y retienen la cachaza que se retiene es utilizada como abono en la plantación.

## **EVAPORACION Y CRISTALIZACION:**

El jugo clarificado pasa por evaporación donde se le extrae el 80% del agua hasta obtener jarabe.



La cristalización de la sacarosa se lleva a cabo en tachos al vacío donde se controla y acelera el proceso al introducir al tacho uno gramos de polvillo de azúcar molida para finalmente obtener una mezcla de cristales de sacarosa y miel.

Los cristales de sacarosa se separan de la miel en la centrifugas. Estas mieles vuelven a los tachos para ser agotadas y finalmente son utilizadas como materia prima para la producción de alcohol etílico.

El azúcar retenido en las mallas de las centrifugas, se disuelve con agua caliente y recibe el nombre de licor. El agua se envía a refinería para continuar el proceso.

#### **REFINERIA:**

El licor es clarificado por flotación y decolorado en cisternas que contienen carbono orgánico granulado. Este elemento remueve por absorción los compuestos coloreados presentes. El licor decolorado es filtrado a presión para obtener el licor fino.

#### **CRISTALIZACION Y SECADO:**

El licor fino se cristaliza de nuevo y se pasa a las centrifugas para separar las mieles. El azúcar refinado se lava con vapor y agua caliente, se seca con aire, se clasifica según el tamaño del cristal y se almacena en silos.

#### **EMPAQUE:**

En la zona de empaque se toman muestras de azúcar por parte del área de control de calidad, para su posterior análisis, se envasa en presentaciones de diferentes pesos y tipos de empaque, de acuerdo con los requerimientos del cliente y la necesidad del mercado.

**Diagrama de Flujo De Proceso del Azúcar.**

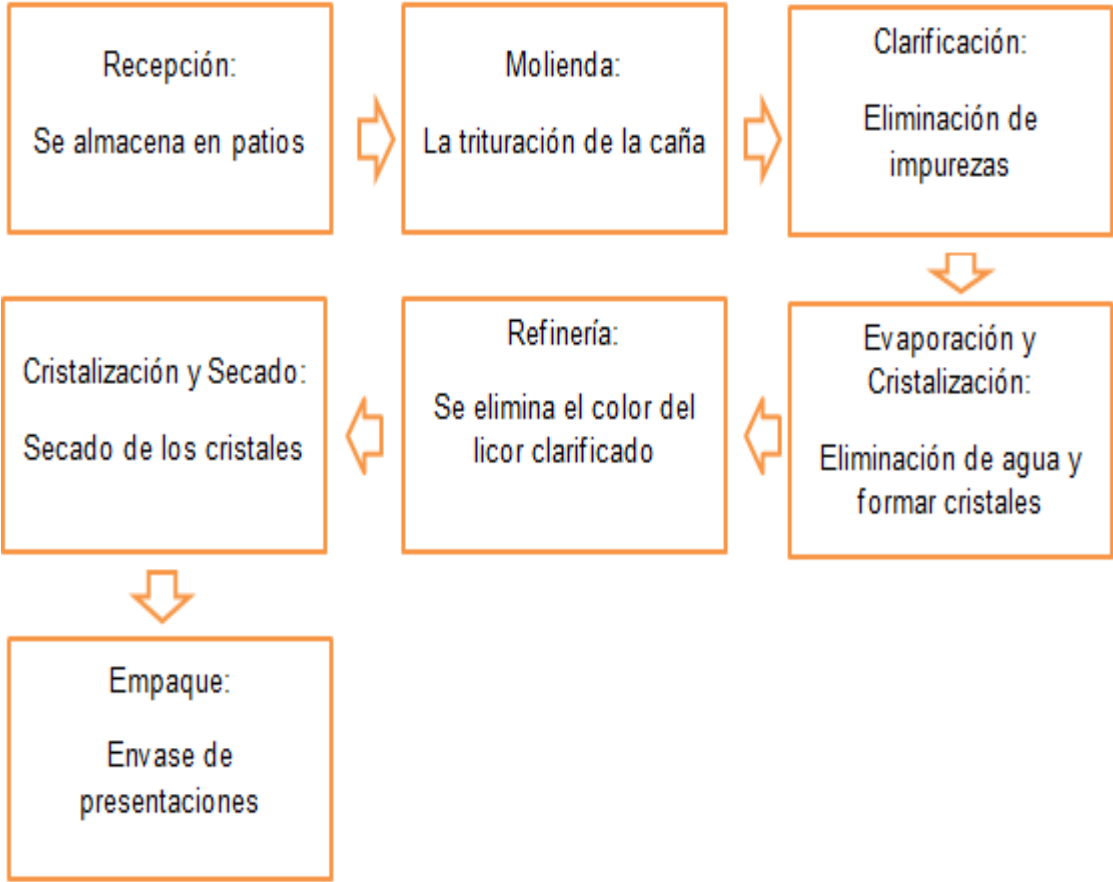


Figura N° 19 Diagrama de proceso de azúcar.

## **Generalidades del proceso de producción**

La savia de la caña de azúcar (*saccharum officinarum*, *S.spontaneum*, *S. sininse*, etc.) contiene alrededor del 17% de sacarosa, un carbohidrato disacárido de fórmula general  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , compuesto de los monosacáridos D-glucosa y D-fructosa que se condensan en grupos glucósidos, formando un proceso fotosintético de asimilación. Mediante el proceso de extracción realizados en los ingenios azucareros, se obtiene el jugo de caña que es purificado por medios físicos y químicos, evaporando luego el agua y separando los cristales de azúcar para obtener finalmente el producto terminado, llamado azúcar refinado que contiene alrededor de 99.98% de sacarosa(Honing,1969).

## **Antecedentes**

Después de realizar un rastreo bibliográfico sobre el proyecto de investigación que se adelanta, se puede decir que solamente se encontró algunos informes sobre pruebas esporádicas que se realizaron en determinado tiempo a razón de cambios en la mecánica del proceso, ciertas pruebas fueron de una manera superficial, ya se solamente se tuvo en cuenta el primer y último molino, de todo el tándem, no se evaluaron los molinos intermedios, dejando las dudas del comportamiento de las extracciones, y no tuvieron en cuenta las variables que presentaba el proceso en aquel entonces, simplemente con los registro de análisis que emite el laboratorio.

Las irregularidades en las extracciones se vienen presentando desde toda una vida, por muchas circunstancias operativas y mecánicas, a falta de regular el proceso con un monitoreo constante que lo evalué, dejando registros físicos que muestren su estado operacional, para ejecutar acciones correctivas a futuro.

### **4.1 Estado del Arte**

El saber de qué el tándem está conformado por un conjunto de seis molinos en línea que realizan toda la extracción del jugo de caña, y que los únicos reportes que evalúan son la entrada y salida de todo el tándem, para determinar el comportamiento de las extracciones, que le llaman el análisis global. De aquí surge la razón de poder mostrar que no solo con la entrada y salida de la caña se podía determinar eficiencia de todos los molinos en general, sin tener en cuenta los molinos intermedios que juega un papel súper importante en todo el proceso, es aquí donde surge la idea de realizar la investigación para determinar una eficiencia

individual en cada molino que conforma el tándem, para llegar a la conclusión de demostrar su real comportamiento, teniendo con base análisis de cada uno de los molinos, que a su vez nos proporcionaría la información más completa, para la toma de decisiones en cuanto a su función operativa que determinan los ingenieros mecánicos del área de molienda.

#### **4.2 Marco Referencial**

En el país actualmente funcionan 10 ingenios azucareros en los cuales miden la eficiencia de molinos de forma global, mas no individual pues debido a que los diseños de los tándem son muy diferentes, en consecuencias de modificaciones de reingeniería aplicada en cada una de estas empresas, y realizando un análisis parcial de verificación mediante métodos diferentes, lo que se plantea para el ingenio MANUELITA S.A es tratar de verificar de manera más minuciosa la eficiencia tomando la mayor cantidad de muestras en todo el ancho y largo del tándem y también chequear las variables que incurren en los análisis, y con una aplicación individual cuando en su momento sea requerida.

El estudio que se realizará, será de tipo de investigativo, ya que es necesario para la producción de azúcar saber cómo se comporta el proceso de extracción de jugo, así poder cuantificarlo estableciendo las posibles variaciones presentes en el proceso, dados a tiempo lugar y persona, buscando todos los factores asociados participes.

Una vez identificados los factores que intervienen en el proceso se hacen estudios experimentales para determinar los posibles ajustes.

Para llevar un excelente método investigativo, se debe tener en cuenta un estudio descriptivo, estudio analítico, estudio experimental y evaluativo, los cuales se deben desarrollar individualmente para obtener buenos resultados en la investigación.

**Tipo de Reporte que se Plantea para Entregar de Registro de Análisis y Variables de Operación**

TANDEM	caña	Mol 1	Mol 2	Mol 3	Mol 4	Mol 5	Mol 6
Humedad	70.96	49.44	51.42	59.55	48.23	48.53	45.70
Fibra	13.37	39.61	40.67	33.95	46.47	47.25	51.08
Sacarosa	13.43	8.60	5.94	4.66	3.51	2.75	1.94
Extracción		78.39	32.73	6.02	44.97	22.95	34.67
Nivel chute		100	20	40	30	20	30
Rpm turbinas		3117	3410	3290	3510	3402	3030
Presión toberas		240	130	140	120	150	180

Temperatura de agua de imbibición	93 grados
Flujo de imbibición	125lph

Tabla N°10 pruebas de medición, variables operativas.

### **4.3 MARCO CONCEPTUAL**

#### **SECTOR AZUCARERO COLOMBIANO EN LA ACTUALIDAD**

El sector azucarero colombiano se encuentra ubicado en el valle geográfico del río Cauca, que abarca 47 municipios desde el norte del departamento del Cauca, la franja central del valle del Cauca, hasta el sur del departamento de Risaralda. En esta región hay 225.560 hectáreas sembradas de caña para azúcar, de las cuales, el 25% corresponde a tierras propias de los ingenios y el restante 75% a más de 2.750 cultivadores de caña. Dichos cultivadores abastecen a 13 ingenios de la región. Gracias al clima privilegiado de la región, y al contrario del resto del mundo (con excepción de Hawái y el norte del Perú), se puede sembrar y cosechar caña durante todos los meses del año. Esta condición agroclimática, sumada al avance tecnológico impulsado por el centro de investigación de la caña (Ceniña), que funciona con el aporte de todos los cultivadores e ingenios, se ha llevado a que la región se especialice en el cultivo y ostente el liderazgo en productividad a nivel mundial; más de 14 toneladas de azúcar por hectárea al año.

#### **ASPECTOS PRODUCTIVOS**

En Colombia en el año 2013 se produjeron 2.12 millones de toneladas de azúcar a partir de 21.56 millones de toneladas de caña. El consumo nacional de azúcar en Colombia fue 1.69 millones de toneladas, destinado en un 52% al consumo directo en los hogares y 671 mil toneladas de azúcar exportada.

#### **IMPACTO SOCIECONOMICO**

Fe-desarrollo presentó los resultados del estudio que realizó sobre el impacto socioeconómico del sector azucarero en el área de influencia y en la economía colombiana. Las principales conclusiones del estudio, señalan que, por cada empleo generado por los ingenios azucareros en sus plantas de producción, se generan 28.4 empleos adicionales en otros sectores de la economía; gracias a la actividad manufacturera de los ingenios, se generan 265 mil empleos a través de toda la cadena de valor.

## **Calidad de caña**

Las características fisicoquímicas que determinan la calidad de la caña de azúcar y su potencial de producción en cualquier variedad cultivada, es el resultado de un complejo proceso donde interviene la composición genética, el clima, el manejo agronómico y las labores del campo de cosecha que reciba el cultivo. La calidad de la caña que llega a la molienda está dada por la cantidad de azúcar recuperable o rendimiento que se obtiene por tonelada de caña molida, lo cual depende de varias características

- A. Alto contenido de sacarosa
- B. Bajo contenido de material extraño
- C. Bajo contenido de sólidos solubles, diferentes de la sacarosa
- D. Bajos niveles de fibra

## **Inconvenientes del proceso de extracción**

Las mazas de molino con el dentado en mal estado generan deficiencia en la comprensión, igualmente una velocidad excesiva de las turbinas de los molinos no da el tiempo requerido de desalojo del jugo contenido en el bagazo, aquí es donde se aplica las velocidades recomendadas para el proceso, pero es posible que sufra alteraciones de acuerdo a las condiciones de estado y el taponamiento de las canales de desalojo de jugo también pueden afectar contaminado el jugo, las fugas de agua de refrigeración de las chumaceras por mangueras rotas son otro inconveniente que suele suceder al proceso

## **Sacarosa**

La sacarosa se encuentra en muchos vegetales disuelta en la sabia; pero no todos en cantidad suficiente para su obtención industrial. La caña de azúcar es la principal fuente de producción, y por su orden de importancia puede ser como sigue: caña, remolacha sorgo y maíz.

La sacarosa es un disacárido producido por la condensación glucosa y fructosa.

## **Bagazo**

Residuo del proceso de compresión de caña, usado como combustible en la generación de vapor, cuya humedad que contiene depende de proceso de extracción en un aproximado de 40 a 50%

## **Tipos de Imbibición**

Existen 3 tipos:

**Simple:** es la que solo se aplica agua.

**Doble:** donde se aplica agua en el último molino o en los dos últimos.

**Compuesta:** es cuando se tiene más de 4 molinos y se aplica el jugo del 3 molino al bagazo del 1 molino, y el jugo del 4 molino al bagazo del 2 molino y así sucesivamente y en el último se agrega agua.

## **Grados Brix**

Determinan la concentración de sólidos disueltos en una solución de sacarosa, basándose en una relación entre índices refractivos a 20°C y el % de masa total de sólidos solubles en una solución acuosa de sacarosa pura, medidos en un refractómetro.

## **Pol**

Es el contenido de sacarosa aparente en aparente en el jugo de caña, medido mediante un equipo llamado polarímetro.

< a 11 de Pol -> caña mala

11 a 13 de Pol -> caña regular

13 a 15 de Pol -> caña buena

> a 15 de Pol -> caña buena

## **Extracción de jugo de caña**

Es la primera etapa del procesamiento de azúcar, que se realiza mediante, se prepara la caña para la molienda mediante cuchillas giratorias que cortan en pedazos los tallos, mediante la desfibradora que desmenuza, pero no extrae jugo, el proceso de extracción del jugo inicia cuando ingresa en el paso del molino que por efecto de compresión entre las mazas extrae el jugo y se adiciona agua caliente para diluir el jugo y extraer sacarosa que contiene la fibra.



## 5. METODOLOGÍA

El proyecto consiste en realizar una toma muestras de caña y bagazo y analizarlas, registrando sus variables operativas de los equipos del tándem partícipes en la comprensión de caña, mediante análisis fisicoquímicos que se le realizan a esta muestras determinamos las características presentes que mediante unos cálculos matemáticos (Ver Pag.45) obtenemos los resultados cuantitativos de operación, todo esto basado en la metodología aplicada y regida por la sociedad colombiana de técnicos de la caña de azúcar, manual de laboratorio para la industria azucarera (CALI, TECNICAÑA 1989. P102-103).

La Eficiencia de extracciones según el fabricante ver pág. 13 - extracción ideal.

Los valores numéricos obtenidos de los análisis, siempre los confrontamos con los parámetros ideales del manual de operación, para identificar la variabilidad del proceso, y se determina el porqué de los valores.

Toda validación comienza a partir de un método ya probado y ajustado, la validación trata de demostrar con un número mínimo de ensayos equivalente a 30 ensayos de forma consecutivos (protocolo establecido por el laboratorio manuelita, basados en la validación de métodos analíticos laboratorio de azúcar, bajo la norma **(NTC-ISO-IEC 17025)**).

Procedimientos bajo la norma interna del ingenio manuelita (PR –PLAA-0086) (PR-PLAA-0107) para caña/bagazo. Registrado en el sistema de gestión integral (DARUMA)

**5.1 Tipo de estudio:** Este estudio se lleva acabo como una investigación experimental de tipo tecnológica aplicada, ello es debido a la siguiente definición dada por la universidad nacional abierta y a distancia **UNAD (2015)**.

**5.2 Tipo de investigación:** opta por una investigación exploratoria. Con la cual se pretende observar la molienda del tándem, su proceso productivo y sus falencias. Una vez analizada la situación, se procederá a realizar un estudio descriptivo para registrar, analizar e interpretar la información obtenida.

**5.3 Método:** inductivo, encontrar las falencias o mejorar el proceso.

Procedimiento de muestreo, análisis y cálculos.

#### **5.4 Procedimiento Muestreo de Caña (PR – PLAA-0086)**

- ✓ Muestreo de caña
- ✓ Verificar que exista alimentación de caña en la mesa de patios caña.
- ✓ Tomar 3 porciones de caña preparada con el muestreador respectivo.
- ✓ Dirigirse a la maquina desfibadora
- ✓ Ubicar la totalidad de la caña preparada en la bandeja de la máquina.
- ✓ Introducir una porción dentro de la máquina.
- ✓ Colocar en ON el interruptor del arranque.
- ✓ Pulsar el interruptor de inicio de la máquina.
- ✓ Esperar que finalice la operación y colocar en OFF el interruptor del arranque de la máquina.
- ✓ Sacar la caña ya desfibrada del recibidor y desechar la primera porción.
- ✓ Repetir la operación de desfibrado, ya para la muestra.
- ✓ Colocar la muestra de caña desfibrada en una bolsa plástica.
- ✓ Llevar la muestra de caña desfibrada al laboratorio, para su respectivo análisis.

## **5.5 Procedimiento Muestreo De Bagazo En Cada Molino (PR-PLAA-0107)**

- ✓ Ubicar bolsas plásticas en cada molino parte superior del mismo en medio de los Donellys.
- ✓ Se toma 3 porciones de muestra con el muestreador de gancho.
- ✓ Recoger aproximadamente 3 kilos de muestra.
- ✓ En cada molino del tándem.
- ✓ Verifica las variables de operación del momento del tándem.
- ✓ Llevar la muestra de cada uno de los bagazos al laboratorio para su respectivo análisis.
- ✓ Determinación del porcentaje de sacarosa y humedad en caña y bagazo.

## **5.6 Tipo análisis**

Después de tener la caña y bagazo en laboratorio, se inicia con los análisis fisicoquímicos para determinar las variables analíticas con la que iniciaremos a obtener la extracción por molino, (el método de análisis es el manejado por el laboratorio de azúcar del ingenio Manuelita S.A. Método Icumsa).

## **5.7 Procedimiento de análisis (METODO ICUMSA)**

### **5.7.1 Determinación de % fibra y sacarosa**

Para la caña Desintegramos 1000gr de muestra con 2000g agua durante 20 minutos, se filtra el extracto en una malla o angeo, retirándole las trazas de picadillo de caña y se toma 250ml del extracto para los análisis.

Para los bagazos (1 al 6) desintegramos 350gr de muestra con 2541gr agua durante 20 minutos. Se filtra el extracto en una malla o angeo, retirándole las trazas de residuos de bagazo y se toma 250ml del extracto para los análisis.

### **5.7.2 Determinación grados Brix**

- Medir 100ml del extracto
- Agregar una cucharada de supercell y mezclar.
- Filtrarlo con servilleta hasta que quede transparente.
- Calibrar el refractómetro.
- Efectuar lectura.

### **5.7.3 Determinación de polarización**

- Medir 150 ml del extracto
- Agregar 0.7 gramos de cal apagada, mezclar bien.
- Adicionar 1.4 gramos de sulfato de aluminio y potasio y mezclar bien.
- Agregar una cucharada de supercell y mezclar bien.
- Calibrar polarímetro
- Efectuar lectura.

### **5.7.4 Determinación de humedad**

- Pesar una canastilla previamente tarada 100g de muestra.
- Pesar la canastilla más la muestra.
- Registrar su peso.
- Secar durante 60 minutos a 105°C en el horno para humedad.
- Pesar la canastilla inmediatamente después de sacar del horno.
- Registrar su peso.
- Calcular % humedad con la siguiente fórmula  
% humedad= (peso canasta + muestra humedad)-(menos peso de canasta + muestra seca).

### 5.7.5 Formulas:

Obtener el porcentaje de sacarosa del extracto, con los valores Brix (numeral 5.7.2) y Pol (numeral 5.7.3) utilizando las tablas de "Expansión Schmitz" ver en anexos.

$$\begin{aligned} &\% \text{ de fibra} \\ &(100-H-3b) / (1-0.0125b) \end{aligned}$$

Siendo  
H= humedad de la caña  
b = Brix del extracto

$$\begin{aligned} &\% \text{ de sacarosa de caña} \\ &\text{Sacarosa/caña}=s (3-0.0125F) \end{aligned}$$

Siendo  
F = fibra de caña  
s = sacarosa del extracto.

### Formula de extracción:

$$\text{Sac.Ext1}=\text{sac. Caña} - \text{sac. Sale M1}$$

$$\text{Sac.SaleM1} = (\text{fibra caña} / \text{fibra Bagazo})$$

$$\text{Ext1} = (\text{sac.Ext1}/\text{sac. Cana}) * 100$$

### 5.7.6 EQUIPOS Y REACTIVOS

#### EQUIPOS

Polarímetro  
Refractómetro  
Horno sugar equip

## **REACTIVOS**

Sulfato de aluminio  
Cal pulverizada  
Ayuda filtrante  
Agua destilada  
Carbonato de sodio

## **MATERIAL DE VIDRIO**

Erlenmeyer de 250ml  
Beaker 250ml  
Embudo  
Papel filtro wathman N°1  
Balanza analítica  
Balde de 5lt

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Información del tándem.

Al obtener datos negativos o fuera de las especificaciones en las extracciones reportadas por los análisis, se determinaría posibles fallas o daños mecánicos, si en el proceso persiste el reporte de estos datos, se entra a evaluar por parte de mantenimiento en punto que reporta dicha anomalía, para así programar un sistemático (reparación ).

TANDEM	HUMEDADES	SACAROSA	EXTRACCION
Molino 1	53.02	8.59	72.39
Molino 2	60.64	5.39	29.79
Molino 3	58.54	3.84	36.06
Molino 4	50.80	2.54	47.64
Molino 5	57.67	1.90	13.51
Molino 6	57.94	1.32	31.21

Tabla N°11. Resultados extracciones.



Figura N° 20. Curva de Extracciones.

En la figura se aprecia el resultado de cada extracción individual.

### **Registros De Extracciones Individuales.**

Se reporta en físico y medio magnético la información del comportamiento de las extracciones, y también haciendo uso de una hoja de Excel para graficar su tendencia, de este modo obtendríamos la panorámica de su eficiencia, pero en relación de las variables operativas. Ver tabla 12 extracciones individuales.

### **6.3 Reporte de Variables Operativas en Relación a la Extracción.**

Para observar su acción desde el punto de vista mecánico, estudiar los datos obtenidos en el laboratorio con las variables de velocidad y presión de los equipos, analizarlas y determinar en la práctica donde existe una alteración del proceso de compresión, ya que si hay cambios de en las variables inciden sobre el proceso.

Evidenciar cada una las variables en el momento de la realización de toma de muestras.

#### **Ejemplo**

En el momento que se muestrea cada molino se registra la velocidad de la turbina, su presión de toberas y nivel de chute. Siendo del mismo modo, al finalizar tomar el flujo y temperatura de agua de imbibición.

Ver Tabla N°3 pruebas de medición con sus variables operativas.



## 6.4 Extracciones Individuales

# Prueba	MOLINO1	MOLINO2	MOLINO3	MOLINO4	MOLINO5	MOLINO6
1	78.39	32.73	6.02	44.97	22.95	34.67
2	70.08	33.82	11.09	39.99	38.22	35.98
3	74.00	33.31	11.11	41.55	36.21	28.11
4	76.00	36.00	16.00	45.58	25.22	27.12
5	69.85	33.00	25.55	36.00	30.87	35.44
6	68.88	40.11	35.41	34.11	29.77	26.01
7	70.00	39.99	35.10	33.99	30.00	20.00
8	71.14	38.69	36.45	35.00	36.00	26.74
9	70.00	39.01	12.23	30.25	29.00	31.31
10	70.14	44.00	52.00	30.00	35.45	36.80
11	64.21	50.01	35.00	35.22	36.00	35.74
12	63.22	51.85	35.52	34.21	33.22	34.19
13	71.74	40.85	40.82	26.99	26.52	31.24
14	70.29	51.14	20.27	51.92	31.74	35.22
15	68.33	32.41	50.99	38.44	26.48	34.88
16	69.30	50.00	31.33	35.54	35.00	33.22
17	70.02	49.85	10.85	40.22	35.68	31.28
18	68.25	40.09	19.08	35.84	35.14	29.54
19	74.01	-0.58	35.22	40.22	42.07	33.00
20	70.29	1.29	40.28	35.87	33.89	16.01
21	68.41	45.45	35.22	40.14	31.00	36.52
22	61.27	45.10	39.41	35.20	35.79	37.22
23	60.28	40.71	37.41	35.20	34.74	33.89
24	69.79	45.47	40.87	32.20	31.85	32.19
25	68.44	50.39	40.79	31.67	30.49	33.28
26	67.48	45.97	35.75	35.89	35.50	35.56
28	60.22	52.88	40.00	33.25	32.00	31.31
29	66.98	35.78	31.44	30.44	31.00	22.90
30	70.54	35.00	35.00	29.85	30.00	35.49

Tabla N° 12. Registros de extracciones individuales.

## PARAMETROS

<b>EQUIPOS TANDEM</b>	<b>HUMEDAD LINEAL</b>	<b>SACAROSA LINEAL</b>	<b>FIBRA LINEAL</b>
<b>Molino 1</b>	50	8 - 9	37
<b>Molino 2</b>	50	7 - 6	37
<b>Molino 3</b>	50	5 - 4	37
<b>Molino 4</b>	50	3 - 2	37
<b>Molino 5</b>	48	2 - 1	37
<b>Molino 6</b>	48	<1	50

Tabla N° 13 parámetros óptimos referente a la calidad de la materia prima

Se presentan muchos factores que influyen sobre los resultados que se analizan de la materia prima, circunstancias de calidad como lo son el tipo de caña y su tiempo de gestación, además el manejo de cosecha en general. Que hace que la calidad no se homogénea. A menor tiempo de cosecha la calidad es con menor cantidad de sacarosa y que su es composición es más pobre en sus estructuras de nutrición vegetal, que presenta baja extracción.

## 7. CONCLUSIONES

El proyecto realizado ha contribuido de manera importante la forma de identificar inconsistencias que se relacionan con la pérdida o disminución de extracción de jugo de caña en cada molino, asociado a la alimentación de los conductores.

Dentro de los puntos que consideramos de mayor importancia dentro del proyecto es el brindar un soporte direccionado con las falencias de los equipos de compresión, que se realiza en el seguimiento de las variables operativas; sujetas a los reportes de análisis de la materia prima, que nos arroja el diagnóstico funcional, basado a la metodología aplicada.

Dado a la aplicación se obtiene resultados no solo de extracciones, sino, También del funcionamiento operacional de tándem, que se reporta en el tránsito de la toma de muestras donde se identifican observaciones de todo tipo que a fondo que contribuyen en mejorar la eficiencia de molienda en horas puntuales, donde se realiza el muestreo, que son reportadas en las observaciones del seguimiento.

Todos Los resultados se evidencian con las curvas de extracciones.

## **8. RECOMENDACIONES**

Al momento de iniciar el seguimiento, pueden presentarse muchos inconvenientes en el área de molienda, razones de que los molinos en muchas ocasiones presentan averías, fallas, paros y regueros, todo esto hay que registrarlo, ya que en su mayoría de veces afectan directamente la caída de extracciones, se sugiere estas indicaciones para una mejor operación:

La presión en los cabezales hidráulicos, debe ser la necesaria para mantener la flotación deseada, de tal manera que la maza superior suba y baje de acuerdo al grosor del colchón de caña que se está transportando.

La aplicación correcta de la imbibición.

Verificar la alimentación de la banda transportadora esta con bueno flujo de materia prima, para evitar vacíos y caídas de presión.

## BIBLIOGRAFÍA

**Hugot E.** Manual para ingenieros azucareros, 4 Impresión. **C.E.C.S.A México 1978**

**Hugot E.** Handbook of Cane Sugar Engineering. 3° Edition. Elsevier. New York.

**Honning Peter.** Principios De Tecnología Azucarera. Vol I, II, III Editorial Continental. México 1969.

**Perry J.H.** Chemical Engineers Handbook. 4° Edition. 1963

**Ramos Rodriguez Aulio. (2009)** Procesos De Elaboración De Azúcar y Etanol De La Caña. Cali: Univalle

**International Commission for Uniform Methods of sugar Analysis (ICUMSA).** 2007. Method book. ED Bartens, **Berlin, Germany.**

**JENKINS G.** Introducción a la tecnología de la caña de azúcar, la Habana 1971.

**TURBIN B.** maquinaria agrícola teoría y calculo tecnológico, segunda edición

**AGUDELO TOBON, Luís Fernando y ESCOBAR BOLIVAR, Jorge.** Gestión por Procesos. Bogotá: ICONTEC, 2009

**EVANS, James R, y LINDSAY, William M.** Administración y Control de la Calidad. 7ª. Ed. México: Cengage Learning, 2008.

**HARRINGTON, J. H.** Mejoramiento de los procesos de la empresa. México: McGraw Hill, 1993.

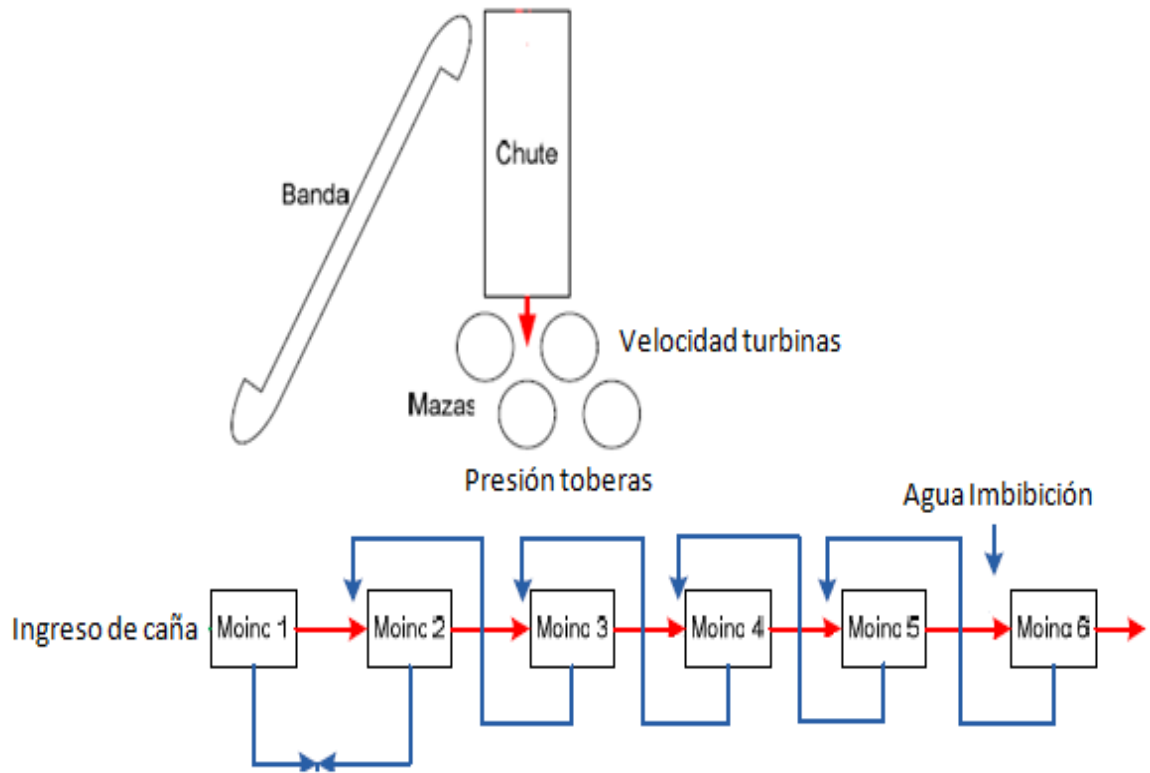
**G.A. KENT** Modelling the extraction process of milling trains. Australia society of sugar cane technologist, 1997

Sector azucarero colombiano. Asocaña. tomado de la página web [www.asocaña.org](http://www.asocaña.org)

Proceso de elaboración del azúcar. Ingenio Manuelita S.A. tomado de la página web [www.manuelita.com](http://www.manuelita.com)

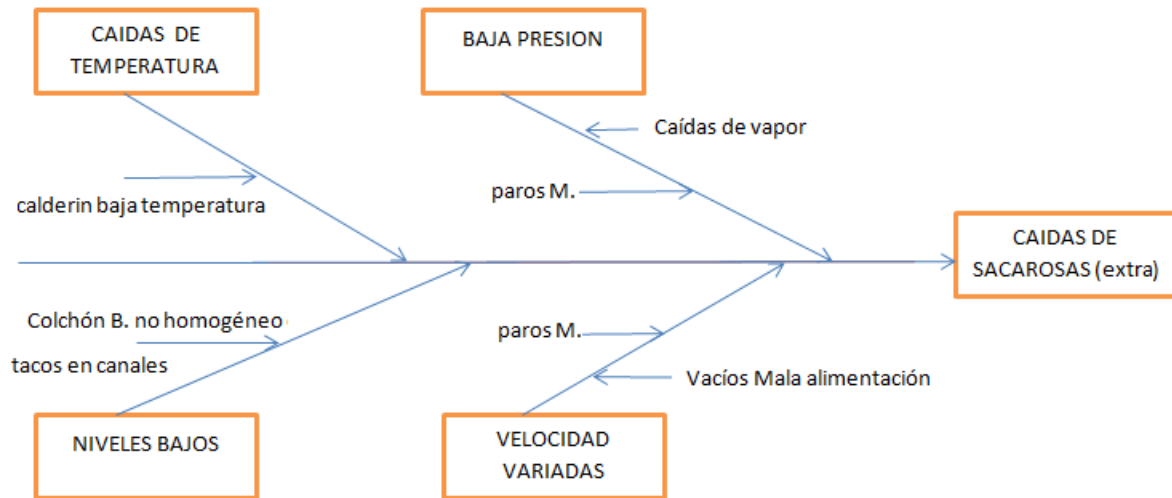
## APÉNDICE A

Diagrama del tándem



## APENDICE B

Diagrama de causa y efecto que muestra factores desequilibrantes en el proceso



## Anexos

### Tabla De Expansión de Schmitz

#### Grados Brix y % De Sacarosa

POL	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50	8,00	8,50	9,00	9,50	10,00	10,50	POL
17,00								4,34	4,33	4,33	4,32	4,31	4,30	4,29	4,28	4,28	4,27	4,26	4,25	17,00
17,10								4,37	4,36	4,36	4,35	4,34	4,33	4,32	4,31	4,31	4,30	4,29	4,27	17,10
17,20								4,39	4,38	4,38	4,37	4,36	4,35	4,34	4,33	4,33	4,32	4,31	4,30	17,20
17,30								4,42	4,41	4,41	4,40	4,39	4,38	4,37	4,36	4,36	4,35	4,34	4,32	17,30
17,40								4,44	4,43	4,43	4,42	4,41	4,40	4,39	4,38	4,38	4,37	4,36	4,35	17,40
17,50								4,47	4,46	4,46	4,45	4,44	4,43	4,42	4,41	4,41	4,40	4,39	4,37	17,50
17,60								4,49	4,48	4,48	4,47	4,46	4,45	4,44	4,43	4,43	4,42	4,41	4,40	17,60
17,70								4,52	4,51	4,51	4,50	4,49	4,48	4,47	4,46	4,46	4,45	4,44	4,42	17,70
17,80								4,54	4,53	4,53	4,52	4,51	4,50	4,49	4,48	4,48	4,47	4,46	4,45	17,80
17,90								4,57	4,56	4,56	4,55	4,54	4,53	4,52	4,51	4,51	4,50	4,49	4,47	17,90
18,00								4,59	4,59	4,58	4,57	4,56	4,55	4,54	4,54	4,53	4,52	4,51	4,50	18,00
18,10								4,62	4,62	4,61	4,60	4,59	4,58	4,57	4,57	4,56	4,55	4,54	4,52	18,10
18,20								4,64	4,64	4,63	4,62	4,61	4,60	4,59	4,59	4,58	4,57	4,56	4,55	18,20
18,30								4,67	4,67	4,66	4,65	4,64	4,63	4,62	4,62	4,61	4,60	4,59	4,57	18,30
18,40								4,69	4,69	4,68	4,67	4,66	4,65	4,64	4,64	4,63	4,62	4,61	4,60	18,40
18,50								4,72	4,72	4,71	4,70	4,69	4,68	4,67	4,67	4,66	4,65	4,63	4,62	18,50
18,60								4,74	4,74	4,73	4,72	4,71	4,70	4,69	4,69	4,68	4,67	4,66	4,65	18,60
18,70								4,77	4,77	4,76	4,75	4,74	4,73	4,72	4,72	4,71	4,70	4,69	4,67	18,70
18,80								4,79	4,79	4,78	4,77	4,76	4,75	4,74	4,74	4,73	4,72	4,71	4,70	18,80
18,90								4,82	4,82	4,81	4,80	4,79	4,78	4,77	4,77	4,76	4,75	4,74	4,72	18,90
19,00								4,84	4,84	4,83	4,82	4,81	4,80	4,79	4,78	4,77	4,76	4,75	4,75	19,00
19,10								4,87	4,87	4,86	4,85	4,84	4,83	4,82	4,81	4,80	4,79	4,79	4,77	19,10
19,20								4,89	4,89	4,88	4,87	4,86	4,85	4,84	4,83	4,82	4,81	4,80	4,80	19,20
19,30								4,92	4,92	4,91	4,90	4,89	4,88	4,87	4,86	4,85	4,84	4,84	4,82	19,30
19,40								4,94	4,94	4,93	4,92	4,91	4,90	4,89	4,88	4,87	4,86	4,86	4,85	19,40
19,50								4,97	4,97	4,96	4,95	4,94	4,93	4,92	4,91	4,90	4,89	4,89	4,87	19,50
19,60								4,99	4,99	4,98	4,97	4,96	4,95	4,94	4,93	4,92	4,91	4,90	4,90	19,60
19,70								5,02	5,02	5,01	5,00	4,99	4,98	4,97	4,96	4,95	4,94	4,92	19,70	
19,80								5,04	5,04	5,03	5,02	5,01	5,00	4,99	4,98	4,97	4,96	4,95	4,95	19,80
19,90								5,07	5,07	5,06	5,05	5,04	5,03	5,02	5,01	5,00	4,99	4,97	19,90	
20,00								5,10	5,09	5,08	5,07	5,06	5,05	5,04	5,03	5,02	5,01	5,00	5,00	20,00
20,10								5,13	5,12	5,11	5,10	5,09	5,08	5,07	5,06	5,05	5,04	5,02	5,02	20,10
20,20								5,15	5,14	5,13	5,12	5,11	5,10	5,09	5,08	5,07	5,06	5,05	5,05	20,20



Anexos

<b>FORMATO DE SEGUIMIENTO DE TANDEM</b>							
	CAÑA	BAGAZO Mol 1	BAGAZO Mol 2	BAGAZO Mol 3	BAGAZO Mol 4	BAGAZO Mol 5	BAGAZO Mol 6
Muestra Humeda(g)							
Muestra Seca(g)							
Pol (*IR)							
Brix (*b)							
% Humedad							
% Fibra							
Contenido de sacarosa							
Nivel del Chutte							
RPM Turbinas							
Presuib Toberas							
Temperatura de agua imbibicion							
Flujo de agua de imbibicion							
<b>COMPORTAMIENTO DE EXTRACCIONES</b>							
Extraccion por Molino							
fecha:							
Hora:							
analista:							
OBSERVACIONES:	_____						
	_____						
	_____						
	_____						