



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL**

Tesis

**Aplicación de Diseño de Experimentos (DoE) en el
proceso de Clarificación para la reducción de
mermas en la Empresa Agroindustrial Tumán S.A.A.
de 2015**

Para optar el título profesional en Ingeniería industrial

AUTORES:

Bach. Bautista Tafur, Alex Roel

Bach. Sandoval Huaman, Gil José

ASESOR

Msc. Bustamante Sigueñas, Danny Adolfo

PIMENTEL - PERU

2015

Bach. BAUTISTA TAFUR, Alex Roel

Bach. SANDOVAL HUAMAN, Gil José

Msc. BUSTAMANTE SIGUEÑAS, Danny Adolfo

ASESOR DE TESIS

**Presentada a la escuela de ingeniería industrial de la universidad señor de
Sipan – Chiclayo para optar el grado académico de INGENIERO INDUSTRIAL**

**Mg. VARGAS SAGASTEGUI, Joel David
PRESIDENTE DEL JURADO**

**Mg. VIDAURRO CARPIO, Incio
SECRETARIO DEL JURADO**

**Msc. BUSTAMANTE SIGUEÑAS, Danny Adolfo
VOCAL DEL JURADO**

DEDICATORIA

Al coautor de nuestras más grandes ideales, Dios, quién inspiró nuestro espíritu para la conclusión de esta tesis y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A nuestros padres, por ser la persona que nos ha acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de vida, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

AGRADECIMIENTO

En especial a nuestros padres quienes han sido y serán los motores de nuestra vida.

A nuestros docentes por habernos brindado conocimientos y valores necesarios para forjarnos como profesionales.

A nuestros amigos por su incondicional apoyo. Que ha permitido ser de gran ayuda en los momentos de dificultad.

*Es la hora de partir, la dura y fría hora que la noche sujeta a todo horario.
(Pablo Neruda)*

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	ix
INDICE DE TABLAS.....	x
RESUMEN	xi
Abstract.....	xiii
Capítulo I Problema de investigación.....	1
1.1. Situación problemática	2
1.1.1. Formulación del Problema.....	7
1.1.2. Justificación e importancia.	7
1.1.3. Objetivos de investigación	8
1.1.4. Limitaciones de la investigación.....	9
Capítulo II Marco teórico.....	10
2.1. Marco teórico	11
2.1.1. Antecedentes de investigación	11
2.1.2. Base teórica científica.....	15
2.1.2.1. Clarificación	15
2.1.2.2. Six sigma.....	25
2.1.2.3. Análisis de Diseño de Experimentos	30
2.1.3. Definición de términos básicos.....	35
Capítulo III Marco Metodológico	40
3.1. Tipo de diseño de investigación	41
3.2. Diseño de investigación.....	41
3.3. Población y muestra	42
3.3.1. Población	42
3.3.2. Muestra – No probabilística.....	42
3.3.3. Hipótesis	42
3.4. Variables – Operacionalización.....	42

3.4.1.	Variables.....	42
3.5.	Operacionalización de variables	43
3.6.	Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos ...	44
3.7.	Procedimiento para la recolección de datos.....	44
3.8.	Plan de análisis estadístico de datos	46
3.9.	Criterio éticos	46
3.10.	Criterios de rigor científico.....	46
3.11.	Proceso de elaboración del azúcar.....	47
3.11.1.	Recepción la caña de azúcar.....	47
3.11.2.	Extracción del jugo de caña.	48
3.11.3.	Tratamiento del jugo – Clarificación.....	49
3.11.3.1.	Sulfatación.	49
3.11.3.2.	Alcalización.....	50
3.11.3.3.	Calentamiento.....	50
3.11.3.4.	Adición de floculante.	51
3.11.4.	Filtración de lodos.....	51
3.11.5.	Evaporación.	52
3.11.6.	Cristalización.	53
3.11.7.	Centrifugación.	54
3.11.8.	Secado y envasado.	54
3.12.	Adición de dióxido de azufre líquido.	55
Capítulo IV Análisis de la situación actual de la empresa		57
4.1.	Fase planificación	58
4.2.	Fase definir	59
4.2.1.	Matriz de priorización del cliente externo	60
4.2.1.1.	Comisión Internacional de Métodos Uniformes para el Análisis del Azúcar “ICUMSA”	60

4.2.2.	Producción de mensual de azúcar rubia doméstica	65
4.2.3.	Perdida actual de la empresa en nuevos soles	66
4.2.4.	Representación gráfica de la situación actual de empresa	67
4.2.5.	Matriz de priorización del cliente interno	68
4.2.6.	Lista los requerimientos más importantes de tus clientes interno	69
4.2.7.	DIAGRAMA SIPOC.....	70
4.3.	Fase medir.....	71
4.3.1.	Diagrama de flujo del proceso de cristalización.....	71
4.3.2.	Definición de AMEF	71
4.4.	Fase analizar	74
4.4.1.	Brainstorming del proceso de clarificación	74
4.4.2.	Diagrama de Ishikawa	75
CAPITULO V IMPLEMENTACION DE LA MEJORA.....		76
5.1.	Fase mejora.....	77
5.1.1.	Tipos de floculantes a utilizar	77
5.1.2.	Eficiencia de clarificación de jugo	80
5.1.3.	Resultados del diseño de experimentos	81
5.1.4.	ACCIONES JUST DO IT (simplemente hazlo).....	82
5.1.4.1.	Ph.....	82
5.1.4.2.	Temperatura.....	82
5.1.5.	Tiempo de retención de antes de aplicar la mejora.....	85
5.1.6.	Tiempo de retención después de aplicar la mejora.....	86
5.2.	Fase controlar	87
CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		90
6.1.	Conclusiones.....	91
6.2.	Recomendaciones.....	92

Referencia Bibliográfica	93
Anexos	95
Anexo A evaluación puntaje del diagrama AMEF	95
Anexo B densidad de soluciones de sacarosa pura en Kg/m³	97
Anexo C Calculo de mermas en la producción	98
Anexo D: Utilización de los distintos floculantes.....	102
Anexo E evaluación del porcentaje de remoción de turbidez con respecto al tipo de floculante.....	107
Anexo F ficha técnica de profloc	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Número de piezas defectuosas por mes	12
Figura 2 Ciclo de piezas procesadas anteriormente y proceso nuevo..	12
Figura 3 Estructura del polímero poliacrilamida y estructura del polímero poliacrilamida modificado para funcionar como floculante aniónicos (hidrolizado)	21
Figura 4 Entrelazamiento de los coágulos de impureza con la cadena del floculante a través del puente iónico del calcio	24
Figura 5 Fases del DMAIC	26
Figura 6 Herramientas del DMAIC.....	30
Figura 7 Grafico de proceso de factores.....	32
Figura 8 Procedimiento para la realización de DoE	44
Figura 9 Proceso de elaboración de azúcar de caña	55
Figura 10 Procesos de elaboración de azúcar.....	59
Figura 11 Fases de la clarificación	59
Figura 12 producción de azúcar mensual de enero 14 – febrero 15.....	66
Figura 13 Representación de los procesos de clarificación	67
Figura 14 Diagrama SIPOC	70
Figura 15 Diagrama de flujo	71
Figura 16 Brainstorming del proceso de clarificación.....	75
Figura 17 Diagrama de Ishikawa.....	75
Figura 18 Costos de floculante por tonelada de jugo de caña.....	77
Figura 19 consumo de floculante en gramos por tonelada de caña.....	78
Figura 20 Remoción de turbidez del jugo de caña	79
Figura 21 comparaciones de remoción de turbidez vs costo de aplicación por tonelada de jugo de caña	79
Figura 22 comportamiento de el tiempo, temperatura y pH	80
Figura 23: relación de tiempo, pH y temperatura con respecto al R ²	81
Figura 24 salida del jugo de la caña	83
Figura 25 salida del tanque	84
Figura 26 salida del jugo antes y después de aplicar la mejora	85
Figura 27 Proceso de clarificación de caña de azúcar	86

Figura 28. Grafico x de control del porcentaje de sacarosa.....	87
Figura 29 Grafico R de control del porcentaje de sacarosa	87

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resultados del Experimento.....	13
Tabla 2 Avance de la clarificación de jugo entre los años 1900 y 1950	17
Tabla 3 Composición del jugo de caña	35
Tabla 4 Variables independientes.....	43
Tabla 5 Variable dependientes	43
Tabla 6: Diagrama de Gannt.....	58
Tabla 7 Matriz de priorización del cliente externo	60
Tabla 8 Cálculo de mermas por cada 100 gr.....	62
Tabla 9 Representación gráfica de sacarosa.....	63
Tabla 10: Producción de la EMPRESA AGROINDUSTRIAL TUMAN	65
Tabla 11 total de perdida por día	66
Tabla 12 matriz de priorización del cliente interno	68
Tabla 13 variables de estudio.....	69
Tabla 14 Matriz FMEA	73
Tabla 15 tipos de floculantes	77
Tabla 16 utilización de los floculantes	80
Tabla 17 funcionamiento de antes de la mejora	85
Tabla 18: Funcionamiento ya aplicando la mejora	86
Tabla 19: recuperación en el clarificador	88
Tabla 20: reducción de mermas ya aplicada la mejora	89
Tabla 21: Ahorro de la empresa aplicando la mejora.....	89

RESUMEN

Los escenarios que rodean a las industrias hoy, en día en un mundo globalizado donde los adelantos tecnológicos y científicos están en constante evolución, hacen que el nivel de calidad de los productos sea cada vez mayor.

En la actualidad uno de los factores claves para el éxito de una industria, es hacer uso de toda de su capacidad de conocimiento y aprendizaje, así como de su experiencia. La experimentación en las industrias es uno de los elementos que más pueden contribuir al aprendizaje y a la mejora de los productos y procesos.

La aplicación del Diseño de Experimentos (DoE) se presenta como una herramienta efectiva para entender y optimizar los procesos y productos en la industria. La metodología estadística por excelencia para optimizar la experimentación se conoce como Diseño de Experimentos. Se define simplemente como un método para aplicar sistemáticamente la estadística al proceso de experimentación. Se puede definir como la realización de un conjunto de pruebas en las cuales se realizan cambios voluntarios a los parámetros de control de un proceso o sistema, cuyo objetivo es observar e identificar las razones de los cambios en la variable de estudio o respuesta y cuantificarla.

Los experimentos en la industria moderna son más complicados, porque son muchos los factores que son susceptibles de controlarse y que afectan a los productos y/o procesos, ya que aquí son muchas combinaciones de dichos factores que se deben probar para obtener resultados válidos y consistentes.

En la industria, el diseño de experimentos suele aplicarse básicamente en dos áreas: el diseño y la mejora de procesos y productos. Pero la mayoría de los problemas industriales, están condicionadas por el tiempo y el presupuesto, lo que supone una limitación importante a la hora de experimentar.

El objetivo de nuestra investigación es presentar una serie de experimentos que conlleven a realizar la mejora dentro del proceso, de tal manera que exista una disminución sustancial en el tiempo que conlleva generar el producto final

y con ello tener una reducción de merma la cual se perciba en el precio del producto final.

En conclusión se afirma que el proceso de planificación del diseño de los experimentos y los modelos estadísticos empleados en él, son sustanciales para la mejora del proceso productivo.

Definición de términos: DEMAIC, diseños de experimentos (DoE)

Abstract

The scenarios surrounding industries today, in a globalized world where technological and scientific advances are constantly evolving, make the level of quality of products increasing.

At present one of the key factors for the success of an industry is to make full use of its capacity for knowledge and learning, as well as its experience. Experimentation in industries is one of the elements that can contribute most to learning and to improving products and processes.

The application of Experimental Design (DoE) is presented as an effective tool to understand and optimize processes and products in the industry. The statistical methodology par excellence to optimize the experimentation is known like Design of Experiments. It is simply defined as a method for systematically applying statistics to the experimentation process. It can be defined as the realization of a set of tests in which voluntary changes are made to the control parameters of a process or system, whose objective is to observe and identify the reasons for changes in the study or response variable and to quantify it.

Experiments in modern industry are more complicated because many factors are controllable and affect products and / or processes, since here are many combinations of these factors that must be tested to obtain valid and consistent results .

In industry, the design of experiments is usually applied in two areas: design and improvement of processes and products. But most of the industrial problems are conditioned by time and budget, which is an important limitation when it comes to experimenting.

The objective of our research is to present a series of experiments that lead to the improvement within the process, in such a way that there is a substantial reduction in the time that it takes to generate the final product and with it a reduction of loss which is perceived In the price of the final product.

In conclusion it is affirmed that the planning process of the design of the experiments and the statistical models used in it, are substantial for the improvement of the productive process.

Definition of terms: DEMAIC, designs of experiments (DoE)

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de tesis consistió de una revisión bibliográfica de la información concerniente a las metodologías de seis sigma. Es importante puntualizar que actualmente existe una gran cantidad de autores e información concerniente a estas metodologías. Este trabajo fue desarrollado y aplicado en la empresa agroindustrial TUMAN SAC, Lambayeque.

Con respecto a esto es importante decir que actualmente pocas industrias tienen el tamaño y el crecimiento sostenido que tiene la industria de azúcar. Debido a esta situación, ha sido necesario que dichas empresas se adapten lo más rápido posible a los cambios, a las nuevas situaciones y a las técnicas actuales que le son presentadas para obtener un mayor rendimiento y liquidez. En un mundo globalizado en el que cada vez es necesario ser más competitivo para poder cumplir con las exigencias del cliente, es necesario mantener un sistema de mejora continua, que soporte la calidad del producto que se comercializa, de tal manera que cada una de las partes (proveedor – cliente) obtengan los mejores beneficios. Así entonces, para competir en el mercado actual, las compañías tienen que aprender a ser más eficientes y concentrarse en eliminar el desperdicio en todos sus procesos. La competitividad de una empresa y la satisfacción del cliente están determinadas por la calidad del producto.

Se es más competitivo si se puede ofrecer mejor calidad, a bajo precio y en el menor tiempo. Hoy por hoy, existen diversas metodologías de mejora continua que se encuentran enfocadas en observar la satisfacción del cliente (entre las más importantes se encuentra (seis sigma)). Si estas metodologías

se aplican de manera correcta pueden ayudar a muchas empresas a obtener productos y/o servicios de la más alta calidad a muy bajos costos.

La empresa agroindustrial TUMAN es una empresa que se encuentra comprometida con la calidad y la mejora continua. Dicha empresa enfoca sus esfuerzos en cumplir e incluso exceder las expectativas de sus clientes. Razones por las cuales asigna capital humano y recursos materiales para la mejora de sus procesos y han implementado las metodologías de seis sigma con gran éxito dentro de sus áreas clarificación.

Primeramente el líder del proyecto reunió toda la información de la línea y construyó un mapa de corriente de valor con la finalidad de determinar que parte del proceso era en la que se estaba generando la mayor cantidad de desperdicio. Este mapa reveló que la etapa en la que se generaba mayor cantidad de desperdicio era la etapa de clarificación.

En base a esa información se integró el equipo de trabajo (mejor conocido como seis sigma) dentro del cual participan diferentes expertos (operadores, mecánicos, supervisores, etc). Su labor fue aplicar las herramientas del ciclo DEMAIC con la finalidad de reducir costos de producción en la etapa de clarificación. Este trabajo de tesis es la prueba de la efectividad operacional que se logra cuando una empresa dedica estos recursos para el mejoramiento de sus procesos en pro de asegurar la calidad del producto y la satisfacción del cliente.

Esta investigación se realizó durante un periodo de un año desde que se desarrolló el marco de referencia hasta que se implementó el ciclo DMAMC

de la metodología seis sigma y se midieron los beneficios económicos obtenidos.

Finalmente cabe señalar que el material de esta investigación se estructuró en 6 capítulos. En el primero, el problema de investigación, se define el problemática, la justificación, el objetivo general y las limitaciones. En el capítulo 2, se revisan desde el punto de vista teórico, antecedentes de investigación y definición de términos de la metodología DEMAIC El capítulo 3, se describe el marco metodológico, lo que contiene tipos de diseño de investigación, población y muestra, hipótesis, variables de operacionalización, métodos y instrumentos de recolección de datos, etc. El capítulo 4, comprende el análisis e interpretación de datos, se detalla tres fases de la metodología DEMAIC (definir, medir, analizar), así también el estudio de algunas herramientas necesarias para su aplicación. El capítulo 5 se analiza la propuesta de investigación, es así que se detallan las dos últimas fases de la metodología DEMAIC (mejorar y controlar. Finalmente en el capítulo 6 se presentan las conclusiones de la investigación, las recomendaciones para trabajos futuros, así como la bibliografía consultada que sirvió para la elaboración del marco teórico y anexos.

Capítulo I

Problema de investigación

1.1. Situación problemática

Los principales productores de azúcar (2013/14) son Brasil con 21%, India con 15,9%, UE-27 con 9,3, China con 7,8%, y otros con 46.1% concretando una producción total de 1333,2 millones de toneladas anuales, entre los cuales Perú es uno de los primeros países que más rendimiento a obtenido por hectárea con 130,8 toneladas, Brasil es uno de los países en mayor producción de azúcar con 645,30 millones de toneladas anuales, el mismo que se encuentra en el puesto 15 con 72,8 toneladas por hectárea, y en producción Perú se encuentra en el puesto 19 en producción mundial de azúcar de caña con 9,4 millones de toneladas anuales después de Venezuela que tiene una producción de 9,45 millones de toneladas.

Existe una baja de precio lo se debe a que subsidio a las exportaciones de la India y la mejoría en la competitividad del azúcar de Brasil, generada por la devaluación del real, explican parte de la caída en el precio internacional del grano de azúcar. La gremial de productores de azúcar de Honduras asegura que actualmente el país pierde entre \$25 y \$40 por quintal exportado al mercado internacional.

En el año 2009 la producción de caña de azúcar alcanzó los 10.8 millones de TM (1 millón de TM de azúcar).

En la empresa de azúcar Guatemalteco encontró problemas de la clarificación a la hora de monitorear de distintas variables (PH, temperatura, nivel de cal, etc.) para observar si la remoción de impurezas ha sido efectiva; y esto era debido a que no se controlaba variables del proceso (temperatura, tiempo, velocidad de agitación, etc.), y estas impurezas puede arrastrarse hasta el producto final. **(BARRIENTOS, 2005)**

La clarificación de este jugo de la caña cuenta con varios procesos de control que presentan fallas en los ingenios e impactan negativamente en la producción. Para superar esa dificultad, investigadores del Grupo de Procesos Dinámicos Kalman, de la UN en Medellín, buscan que haya un control unificado de todo el sistema y no individual como se hace actualmente.

La investigación anota que son varias etapas (la remoción del color, calentamiento, subir el PH del jugo para que no se pierda el azúcar y la remoción de impurezas). “Para clarificar el jugo, en lugar de controlar todo por separado, la idea es hacerlo al mismo tiempo y que no haya problemas”.

La llamada clarificación del zumo de la caña es uno de los pasos más importantes en la producción de la sustancia. Allí se remueven las impurezas y el color para poder recuperar un jugo

con características idóneas con el fin de marcar la diferencia entre la obtención de azúcar rubia y blanca.

Explica que el sistema consta de sensores, así como de una unidad de cómputo y actuadores. Así, se constituye como un esquema para generar el mínimo de perturbaciones en la operación de las plantas productoras. El avance se traduce en la disminución o pérdida del flujo de jugo. **(MARÍN, 2012)**

El proyecto se encuentra en etapa de validación del modelo, en el diseño de los controladores individuales para el funcionamiento conjunto y en la implementación del esquema a escala real, a partir del trabajo adelantado en un ingenio azucarero.

La experta indica que estos procesos tienen antecedentes en otro tipo de trabajos a gran escala. Sin embargo, en este caso se buscó una adaptación en la producción de azúcar, teniendo en cuenta las fallas y la necesidad que hay en este sector de mejorar, por lo menos, la etapa de clarificación de jugos.

En la industria azucarera colombiana se ha desarrollado la tecnología de tal manera que se ha optimizado los procesos para obtener una mayor cantidad de producción en los cuales el área de clarificación y otras áreas se presentan fallas en los ingenios e

impactan negativamente en la producción entre los cuales los problemas que se encontraron en la remoción del color, calentamiento, subir el PH del jugo para que no se pierda el azúcar y la remoción de impurezas. Por lo cual Para clarificar el jugo, en lugar de controlar todo por separado, la idea es hacerlo al mismo tiempo y que no haya problemas. **(UNC, 2013)**

Entre los cuales el área de clarificación del zumo de caña es uno de los pasos más importantes en la producción de la sustancia y es donde remueven las impurezas y el color para poder recuperar un jugo con características idóneas con el fin de marcar la diferencia entre la obtención de azúcar

A nivel nacional en el año 2012 hubo una cantidad de ventas en 22,226 millones de nuevos soles entre los cuales los departamentos más sobresalientes están Ancash, Arequipa, La Libertad, Lambayeque y Lima.

Los cuales para el 2012 la producción de caña de azúcar en el primer puesto tenemos a Lambayeque con 2 767 051 toneladas, La Libertad con 5 234 476 toneladas, Ancash con 722 001 toneladas, Lima con 1 582 958 toneladas y Arequipa con 62 380 toneladas.

Entre los cuales los departamentos con mayor participación el mercado está La Libertad con un 50,5%, Lambayeque con un 26,7%, Lima con un 15,3% Ancash con un 7% y Arequipa con un 0,6% en el mercado nacional.

Para el año 2010 las empresas con mayor acopio de caña azúcar en Lambayeque esta Pucalá con 941 166, Tumán 966 481, Pomalca 873 799 y para el norte (ex - Cayalti) con un 43 402 toneladas; en La Libertad esta Casa Grande con 2 250 161 toneladas, la misma empresa que se encuentra con mayor producción de azúcar, Cartavio con 1 623 506 toneladas y Laredo con 1 038 087 toneladas; en Ancash están las empresas San Jacinto con 578 284 toneladas; en la capital, Lima, se encuentran las empresas Paramonga con 1 170 021 y Andahuasi 123 041 toneladas; y en Arequipa se encuentra Churacapi quien tiene 52 947 toneladas. (INEI, 2015)

1.1.1. Formulación del Problema

¿La aplicación del Diseño de Experimentos ayudara a reducir el alto porcentaje de mermas en el proceso de clarificación de la Empresa Agroindustrial Tumán S.A.A?

1.1.2. Justificación e importancia.

La investigación de este proyecto de investigación servirá para determinar las causas que originan la variación excesiva de parámetros y el exceso de mermas en el área de clarificación de jugo de caña, además. Así mismo servirá para determinar que mejoras pueden ser realizadas para reducir el costo en la Empresa Agroindustrial Tumán S.A.A considerando que la eficiencia en el manejo de insumos debe reducir los tiempos de clarificación, mejorar la calidad del producto y lograr los estándares de calidad requeridos.

Los resultados de este trabajo de este trabajo de investigación no solo beneficiarán a la empresa, sino también se pretende tener un gran impacto social al reducir las variaciones en el proceso que pudieran afectar la calidad del producto y como consecuencia la salud de los usuarios.

Es por ello que la aplicación de esta herramienta es muy importante en el proceso ya que esto hará posible la obtención del

mejoramiento en el proceso y además la reducción de mermas en dicho proceso con el aprovechamiento óptimo de los insumos.

1.1.3. Objetivos de investigación

Objetivo general

Aplicar el Diseño de Experimentos (DOE) para la reducción de mermas en el proceso de Clarificación de la Empresa Agroindustrial Tumán S.A.A.

Objetivos específicos

Planificar la optimización o mejora del proceso de clarificación aplicando la metodología DMAIC.

Ejecutar la metodología DMAIC aplicando la herramienta de Six Sigma (DoE).

Verificar el desarrollo e implementación de la metodología DMAIC habiendo aplicado la herramienta de Six Sigma (DoE).

Elaborar un plan determinado para estandarizar y controlar el proceso de clarificación con la metodología DMAIC.

Evaluación el costo beneficio de la aplicación de la herramienta de mejora.

1.1.4. Limitaciones de la investigación

Las limitaciones para la aplicación de DoE en el proceso de clarificación de jugo de caña de azúcar en la Empresa Agroindustrial Tumán S.A.A son:

- a) Poca difusión y aplicación de metodologías experimentales de la empresa azucarera.
- b) Los colaboradores están aferrados a una sistema de trabajo tradicional (poco flexible)
- c) La repetición plena del experimento, debido a que se realiza mediante el proceso productivo.
- d) El cambio de los floculantes en el proceso productivo.
- e) Dificultad al experimentar con los cambios constates de los floculantes que se dan en pleno proceso productivo.
- f) Adquisición de los distintos insumos que se manipularan en el experimento.
- g) La empresa es muy restringida en cuanto a la publicación de las marcas específicas de los floculantes.

Capítulo II

Marco teórico

2.1. Marco teórico

2.1.1. Antecedentes de investigación

En su informe aplicación de Diseño de Experimentos al proceso de moldeo por inyección de plásticos de la pieza FCP 52 w70 lo cual su objetivo principal fue “Determinar los valores óptimos de los factores controlables en el proceso de producción de la pieza Front Control Panel 52” w 70, por el método de inyección de plástico, mediante la aplicación del Diseño de Experimentos, para reducir el número de piezas que no cumplen con los estándares requeridos de calidad.” Entre los cuales encontraron una problemática que existe en la empresa es que se presenta de manera más común en el molde por inyección de plásticos están relacionados con defectos en la calidad de las piezas moldeadas, en lo cual se analizó las causas, las cuales afectaban al producto que salga de mala calidad (presión y eyección baja, tiempo y presión de sostenimiento muy corto, velocidad de inyección baja, material sobre calentado, material húmedo, enfriamiento del molde, muy caliente, tamaño de la boquilla muy pequeña, etc.) Después del análisis de los resultados obtenidos se concluyó que el diseño de experimentos es una herramienta adecuada para encontrar los valores óptimos de operación al proceso de moldeo por inyección de plástico de la pieza FCP 52” w 70. Por lo cual, el objetivo y la hipótesis planteados en las generalidades se cumplen. Como se puede observar en la figura de acuerdo a los reportes de producción de los meses de enero y febrero del 2006

el número de piezas FCP 52" w 70 defectuosas disminuyeron en comparación con los meses de octubre, noviembre y Diciembre del 2005 además de reducir el ciclo de pieza a pieza como se muestra en la figura 1 (Zanches, 2007)

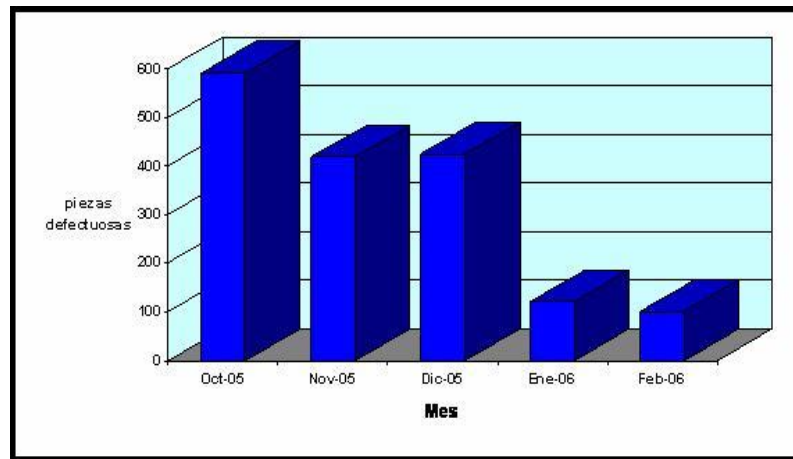


Figura 1 Número de piezas defectuosas por mes

Fuente: Octavio Sánchez

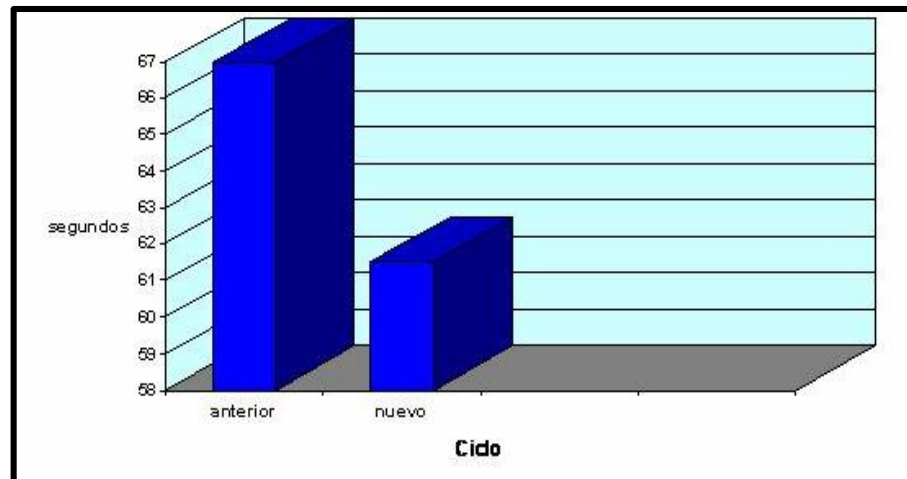


Figura 2 Ciclo de piezas procesadas anteriormente y proceso nuevo

Fuente: Octavio Sánchez

Después de analizarlo y aplicar dicha metodología se realizó una comparación de antes y después de utilizar el Diseño de Experimentos mostrando los parámetros mostrados en la tabla 1.

Tabla 1 Resultados del Experimento

	Antes del Experimento	Después del Experimento
Perdidas económicas, piezas defectuosas por mes	1,599 dls	148 dls
Promedio plaza con hundimiento	43 pzs	4 pzs
Promedio tiempo muerto de maquinado debido a reajustar	34 min	6 min
Ciclo de producción de producción de pieza a pieza	67 seg	61.5 seg
Producción de piezas por turno (12 horas)	644 pzs	702 pzs
Velocidad de inyección	1,5 in/seg	4 in/ seg
Tiempo de gas	1 seg	5 seg
Presión de gas	2000 psi	500 psi

Fuente: Octavio Sánchez

Es su informe mejora de la productividad en ANORSAC Azucarera del Norte S.A.C lo cual tiene como objetivo general de sus operaciones extraer la mayor cantidad de sacarosa contenida en la caña de azúcar lo cual esta empresa dedicada a la producción de azúcar, mediante una investigación para poder obtener la mayor cantidad de sacarosa que contiene la caña de azúcar, se han encontrado una serie de factores que dificultan esta posible obtención, las cuales generan pérdidas en la producción, estas pérdidas disminuyen el grado de eficiencia,

ocasionando fugas de sacarosa. Mediante esta investigación obtuvimos como resultado que el proceso de molienda era una de los factores que afectaban grandemente en la pérdida de sacarosa la cual se percibía por la cantidad de bagazo que desechaban es por ello que la propuesta de mejora a implementar fue el cambio de las medidas de los molinos en el área de molienda. Fue por ello que en la actualidad tiene una capacidad de molienda de 60 TN/ Hr y con nuestra mejora se obtendría 70 toneladas por hora. **(Pasapera, 2013)**

En su informe determinación de las condiciones apropiadas de Preparación de un floculante como componente Fundamental en el proceso de clarificación de jugo en Riopaila Castilla s.a. cuyo objetivo general fue Determinar las condiciones apropiadas de preparación de floculante y establecer cómo influye su método de preparación en el proceso de clarificación de jugo de caña por lo cual su principal problema que diagnóstico fue que se emplean dos productos floculantes sintéticos aniónicos: PROFLOC 932 y LIPESA 1521 M. Por lo que estos tipos de floculante tienen consciencia del impacto que provoca la calidad de la solución floculante sobre el proceso de clarificación de jugo, ya que se consideraba poner estos tipos de floculantes sin tener una medida adecuada lo que su resultado que adquirió en su investigación es la dosificación de floculante, y en general cualquier variable de preparación de floculante que represente

costos adicionales para el ingenio, deben ser vistas como una inversión más que como un gasto económico, se aplica el floculante al proceso en dosis de 7 ppm, conviene modificar este valor a 8 ppm porque es con el cual se obtienen turbiedades más bajas en el jugo claro (según el rango de dosis estudiado) y lodos más compactos, propios de una clarificación de jugo buena calidad. **(MARÍN, 2012)**

2.1.2. Base teórica científica

2.1.2.1. Clarificación

A. Proceso de clarificación del jugo en las industrias azucareras

La evidencia de cómo se utilizó anteriormente el proceso de clarificación por primera vez fue en la época de las cavernas al dejar asentar el agua que se utilizaría para las distintas actividades. . Él se dio cuenta que con este método obtenía dos productos: agua clara en la superficie, y barro o sólidos en el fondo del recipiente. **(MARÍN, 2012)**

En el siglo XVI las operaciones de espesamiento y clarificación se volvieron relevantes para la explotación de minerales de cobre en las montañas. De esta forma los obreros obtenían alimentación y rebalses continuos, pero la descarga del lodo era discontinua y siguió siendo así

hasta el siglo XIX cuando descubrieron métodos más eficientes para efectuar la clarificación.

Como se observa, los métodos usados en esta época eran simplemente una modificación ventajosa de los métodos usados por el hombre primitivo. Históricamente, lo que se pretende con el desarrollo de las nuevas tecnologías es aumentar la eficiencia de la clarificación de jugo mediante el mejoramiento de los métodos de control, para disminuir el trabajo y la vigilancia que debe hacer el personal y producir azúcar de mayor calidad sin la necesidad de realizar grandes inversiones.

La clarificación de jugo de caña comenzó a tener auge aproximadamente en el año 1900. A partir de este año se han hecho modificaciones significativas para fabricar azúcar. La Tabla 2 muestra los avances que tuvieron lugar entre los años 1900 y 1950 con la clarificación de jugo.

Gracias al progreso alcanzado en los últimos años, al comienzo del siglo actual el sistema de clarificación comprendía: alcalización intermitente; uso de filtros de marco y placa, y doble sedimentación en tanques de sedimentación discontinuos.

Tabla 2 Avance de la clarificación de jugo entre los años 1900 y 1950

	Año 1900	Año 1950
JUGO MEZCLADO	Cribado. Grandes rastrillos coladores de jugo	Transitoriamente tamices vibratorios y diferentes tipos de coladores finos. Son dudosos los resultados técnicos y la calidad del jugo.
CAL Y ALCALINIZACIÓN	Control de la cal cualitativamente superficial. Cal apagada en equipo estacionario. agua caliente,	Cal apagada con agua caliente en aparato rotatorio continuo; cribado fino de la lechada de cal. A veces se calcina la piedra caliza en el mismo ingenio.
CALENTAMIENTO DE LJUGO	Calentamiento directo del jugo por medio de serpentines de verticales. Con vapor directo. Precalentadores vapor abiertos y	Precalentadores horizontales; baja presión del vapor proveniente del primer vaso; circulación múltiple.
TANQUES DE OPERACIÓN RÁPIDA	Separación del aire y eliminadores con derrame para separar vivo añadido al tanque para hervir el jugo las espumas; vapor antes de enviarlo a los tanques de asentamiento.	Tanques de operación rápida para separar el aire; no hay calentamientos extras en estos tanques.
ASENTAMIENTO	Proceso discontinuo; tanques de asentamiento intermitentes; gran número de tanques de asentamiento de capacidad limitada.	Del sistema continuo se debe distinguir: 1, Separación de espumas en el compartimiento superior. 2, Conducto central de distribución de los jugos entre los diferentes compartimientos donde se efectuará la sedimentación. 3, Separación del jugo claro y del sedimento en los compartimientos del clarificador. 4, Compartimiento inferior donde se acumulan los lodos de los compartimientos del clarificador y del segundo asentamiento; eliminación de lodos concentrados.
SEGUNDO ASENTAMIENTO	Lodos del primer asentamiento recalentados y alcalizados. Jugo clarificado mezclado con el jugo del primer tanque de asentamiento.	
TRATAMIENTO DE LODOS	En el tanque de tratamiento de lodos los jugos eran calentados hasta ebullición, y la separación se efectuaba por medio de una buena filtración.	Los lodos del clarificador continuo se mezclan con bagacillo para ayudar al proceso de filtración.

TRATAMIENTO EXTRADE LODOS	Por encalado y sulfatación.	Los lodos que son usualmente calentados de nuevo, se filtran utilizando filtros rotatorios; excepcionalmente se sujetan a la alcalización
SEPARACIÓN DE BAGACILLO	No había separación y preparación de bagacillo.	El bagazo del molino se criba para separar el bagacillo que se añadirá a la cachaza. No se da un tratamiento especial a este bagazo fino.
FILTRACIÓN	Al iniciar el siglo se utilizaron los filtros Taylor. Este sistema fue reemplazado por filtros a presión, de marco y placa. Debía inyectarse vapor para poder obtener una torta seca fácilmente removible. Generalmente con pérdidas altas de azúcar. Se necesitaban muchos obreros.	Filtros rotatorios como el Oliver. Ahorro de trabajo. Inconvenientes: el filtrado contiene altos porcentajes de sólidos solubles, por lo que no puede ser mezclado con el jugo clarificado, teniendo que devolverse al tanque de encalado o a los molinos.
TRAMIENTO DEL FILTRADO	El filtrado podía ser mezclado con el jugo clarificado de los tanques de asentamiento. Se incrementaban las incrustaciones de los evaporadores.	Se ha sugerido separar el sedimento del filtrar después de la adición de fósforo o cal
TRATAMIENTO DEL JUGO CLARIFICADO	Colado para separar la materia gruesa en suspensión.	El colado se efectúa por medio de pequeños coladores o de tamices vibratorios
MÉTODO DE CONTROL	La adición de la cal se comprueba por medio de olfato o usando papel tornasol	Introducción de indicadores de pH, instrumento electrónico y alcalización automática.

FUENTE: Laura Viviana Marín Ocampo

B. Floculantes

(Rein, 2012) Los floculantes, también llamados ayudantes de coagulación, de floculación o de filtración son sustancias poliméricas de elevado peso molecular (1×10^7 Kg/Kmol), solubles en agua, que se clasifican por su naturaleza (mineral u orgánica), su origen (natural o sintético) o según su carga iónica (no iónico, catiónico,

aniónicos) y se encuentran en presentaciones líquidas o sólidas.

Para la clarificación de jugo las industrias azucareras utilizan floculantes sintéticos aniónicos sólidos, los cuales poseen una gran afinidad con las superficies sólidas. El uso de este tipo de floculantes comenzó a finales de la década de 1950. Desde entonces, los estudios están encaminados a la resolución de problemas tecnológicos relacionados con la aceleración y aumento de eficacia del polímero en procesos de separación de sistemas sólido-líquido.

Hasta el momento, investigaciones realizadas han comprobado que no existe un polímero que se desempeñe igual en todas las industrias azucareras. Esto indica que cada fábrica deberá hacer la selección del producto que aplicarán a su proceso, según sean sus condiciones de operación.

El uso de floculantes o polímeros ha tenido grandes aplicaciones industriales diferentes a la fabricación del azúcar, tales como:

- a) En el tratamiento de aguas potables e industriales de proceso.
- b) Depuración de aguas residuales, específicamente en tratamientos físico-químicos.
- c) Tratamiento de fangos, para mejorar el rendimiento de centrifugas y filtros prensa.
- d) Procesos industriales en papeleras, petroquímica, tratamiento de minerales, conserveras, etc.

Adicionar floculante en el proceso de clarificación de jugo trae las siguientes ventajas:

- a) Incremento en la velocidad de sedimentación de los lodos.
- b) Disminución del volumen de lodos como consecuencia de una producción más compacta.
- c) Producción de jugo con valores menores de turbiedad (jugo más claro) como resultado del arrastre de las impurezas.
- d) Disminución de la Pol en la torta de cachaza producida en la estación de filtración de cachaza.

C. Características de los floculantes

(Rein, 2012) Los componentes principales de este grupo de polímeros son las poliacrilamidas (PAM), las cuales desde los últimos cincuenta años se han convertido en la unidad base sobre la que se fundamenta toda la química de los floculantes sintéticos aniónicos, produciendo de esta forma más del 95% de los floculantes existentes a nivel mundial y su principal uso es la depuración de aguas (tratamientos físico-químicos).

Para la síntesis de los floculantes aniónicos se emplean monómeros de la acrilamida los cuales forman una cadena larga de gran peso molecular al repetir su estructura (polimerización). Sin embargo, para que obtengan cargas negativas, varias radicales amidas son sustituidas parcialmente por radicales aniónicos, generalmente por enlaces $-\text{COOH}$ ó $-\text{COONa}$ de forma repetitiva hasta constituir el polímero deseado.

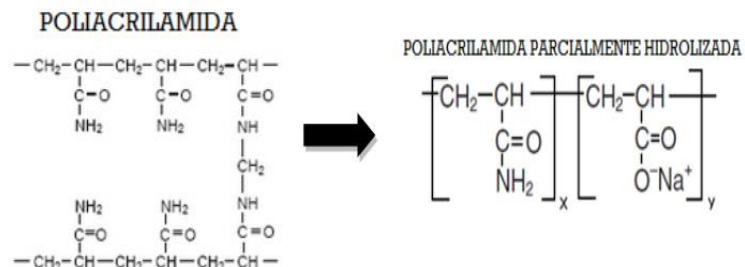


Figura 3 Estructura del polímero poliacrilamida y estructura del polímero poliacrilamida modificado para funcionar como floculante aniónicos (hidrolizado)

Composición Fisicoquímica de la formación de los floculantes

(Rein, 2012) Es importante recordar que durante la floculación existen una serie de compuestos con carga iónica. Se encuentra, por ejemplo el fosfato tricálcico precipitado anteriormente en el proceso de coagulación, el cual posee una carga positiva por la presencia del ion calcio; y se encuentra ahora una solución que contiene enlaces negativos en su estructura: el floculante.

Varios investigadores han atribuido la formación del flóculo al contacto electrostático entre estas dos sustancias. Se dice que el ion Ca es el encargado de realizar la unión entre la impureza coagulada y el floculante

En solución, y en una sola molécula de floculante, los grupos acrilato se disocian y sus cargas negativas se activan en la cadena del polímero, esto quiere decir que varios coágulos se pueden unir a una molécula de polímero hasta constituir una extensa red denominada flóculo, la cual puede tener hasta 1 centímetro o más de diámetro, facilitando una rápida sedimentación y por ende una producción de jugo más claro en menor tiempo.

Dicho de otra forma, el polielectrolito (floculante) con cargas negativas a lo largo de su cadena, se disocia y por un fenómeno electrostático de adsorción se adhiere a la superficie sólida (positiva) de la impureza, generando un cambio físico diferente al inicial. Dependiendo de esta carga, el sistema coloidal se mantendrá disperso en el medio acuoso o se verá favorecido el acercamiento entre partículas para producir moléculas de mayor tamaño.

Aunque los polímeros tienen cadenas extensas y estables, el floculo formado es susceptible a perturbaciones externas como una agitación turbulenta, por lo tanto durante este procedimiento de floculación conviene que la agitación sea moderada para evitar que las partículas colapsen y como consecuencia se obtenga impurezas con el jugo (turbiedad alta) que es claro.

Los dos criterios más importantes a la hora de elegir un floculante son su peso molecular y su grado de hidrólisis, sin embargo esta información se la proporciona el proveedor a la industria azucarera tras realizar una serie de experimentos in situ que evalúen las necesidades de la industria según su capacidad de proceso, como se ha venido mencionando.

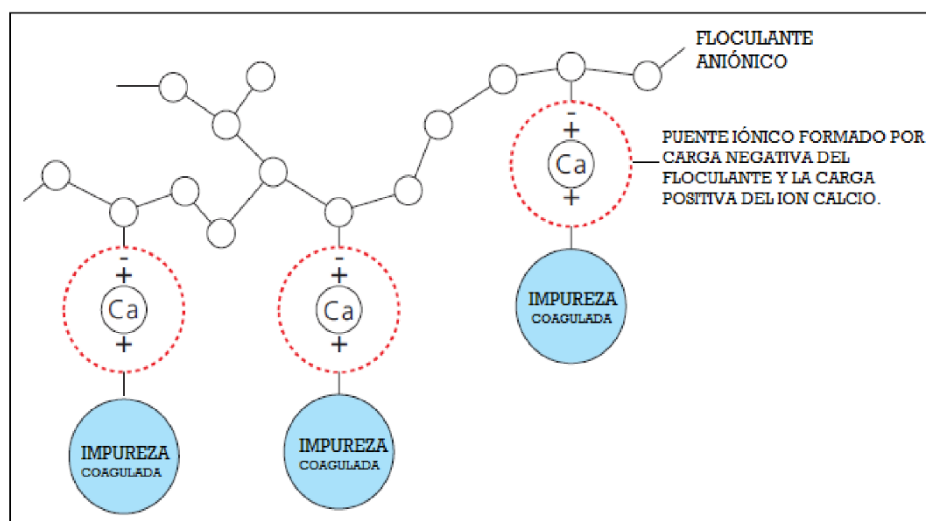


Figura 4 Entrelazamiento de los coágulos de impureza con la cadena del floculante a través del puente iónico del calcio

D. Adición de dióxido de azufre líquido.

“Este tipo de sulfatación se lleva a cabo por inyección del SO₂ (SO líquido de uso industrial en cilindros) al jugo crudo y frío hasta un nivel aproximadamente 400ppm de SO₂. Donde los costos de transporte lo permiten, el SO₂ líquido ofrece muchas ventajas, el método no es complicado comparativamente y se adapta asimismo fácilmente al control automático de pH. Otras ventajas son una reducción considerable del consumo de azufre, la eliminación del ácido sulfúrico, el control preciso de la adición de SO₂, así como la eliminación del equipo para la combustión del azufre.” (Rein, 2012)

2.1.2.2. Six sigma

3.1.2.2.1. Generalidad de la metodología

A. ¿Qué es Seis Sigma?

Seis Sigma pone primero al cliente y usa hechos y datos para impulsar mejores resultados. Los esfuerzos de Seis Sigma se dirigen a tres áreas principales

- a) Mejorar la satisfacción del cliente
- b) Reducir el tiempo del ciclo
- c) Reducir los defectos

Las mejoras en estas áreas representan importantes ahorros de costes, oportunidades para retener a los clientes, capturar nuevos mercados y construirse una reputación de empresa de excelencia.

Podemos definir Seis Sigma como

Una medida estadística del nivel de desempeño de un proceso o producto.

- a) Un objetivo de lograr casi la perfección mediante la mejora del desempeño.
- b) Un sistema de dirección para lograr un liderazgo duradero en el negocio y un desempeño de primer nivel en un ámbito global.

La letra griega minúscula sigma (σ) se usa como símbolo de la desviación estándar, siendo ésta una forma estadística de describir cuánta variación existe en un conjunto de datos, es decir, obtener sólo 3.4 defectos por millón de oportunidades o actividades.

La metodología Seis Sigma, engloba técnicas de Control Estadístico de Procesos, Despliegue de la función de calidad (QFD), Ingeniería de calidad de Taguchi, Benchmarking, entre otras; siendo una sólida alternativa para mejorar los procesos y por lo tanto, lograr la satisfacción de los clientes.

La estrategia Seis Sigma incluye el uso de herramientas estadísticas dentro de una metodología estructurada incrementando el conocimiento necesario para lograr de una mejor manera, más rápido y al más bajo costo, productos y servicios que la competencia.

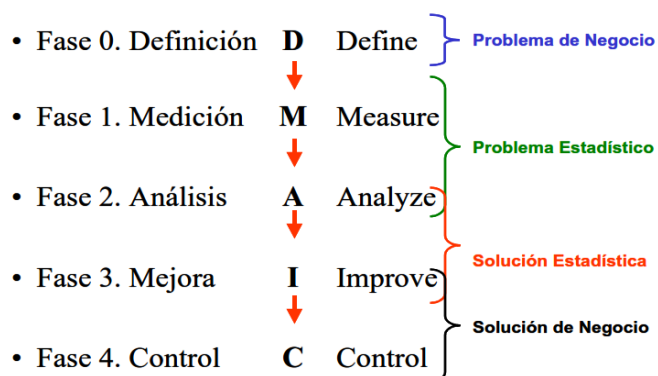


Figura 5 Fases del DMAIC

B. Faces del DMAIC

Fases de Identificación y Definición de proyectos en relación con los aspectos clave del negocio.

- a) Reconocer como afectan los procesos los resultados organizacionales.
- b) Reconocer como afectan los procesos a la rentabilidad.
- c) Definir cuáles son las características críticas del proceso de negocio.

Fases Medición y análisis para conocer en forma profunda los niveles actuales de desempeño

- a) Se selecciona una o más de las características clave y se crea una descripción detallada de cada paso del proceso.
- b) Se evalúa el proceso a través de mediciones y sirve de referencia para establecer los objetivos de la empresa.
- c) Se crea un plan de acción después de analizar la situación actual para lograr los objetivos establecidos
- d) Identificación y comparación competitiva (Benchmark) de las características clave del producto. Análisis de brechas y factores de éxito.

MEDICIÓN

- a) Seleccionar las características clave del producto a mejorar
- b) Crear el diagrama sistemático de variabilidad del producto
- c) Definir las variables de desempeño
- d) Crear mapa de procesos
- e) Medir las Variables de desempeño
- f) Definir objetivos de desempeño

Fases de mejora y control para lograr mejoramiento con cambio mayor

- a) Identificar qué pasos seguir para mejorar el proceso y reducir las fuentes de mayor variación que influyen negativamente en el proceso.
- b) Se identifican las variables clave o “pocas vitales” que impactan al proceso, a través del Diseño de Experimentos (DOE) y se ajustan para optimizar el proceso.
- c) Puede ser necesario modificar el proceso, cambiar los materiales, etc.

MEJORA

- a) Seleccionar variables de desempeño;
- b) Diagnosticar desempeño de las variables
- c) Definir variables causales (DOE);

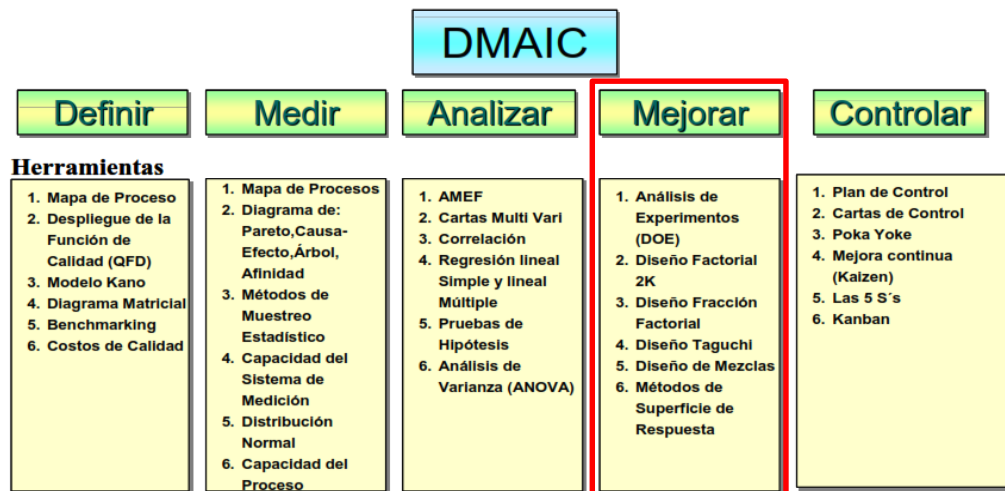
- d) Confirmar variables causales;
- e) Establecer límites de operación;
- f) Verificar mejoramiento del dese

CONTROL

- a) Seleccionar variables causales;
- b) Definir el sistema de control estadístico
- c) Validar el sistema de control;
- d) Implantar el sistema de control;
- e) Auditar el sistema de control;
- f) Monitorear las métricas de desempeño

Herramientas para implementar la metodología a utilizar six sigma

Figura 6 Herramientas del DMAIC



Fuente: Bahena Quintanilla

2.1.2.3. Análisis de Diseño de Experimentos

Un experimento es una prueba o serie de pruebas en las cuales se hacen modificaciones a las variables de entrada de un proceso o sistema para que puedan ser observadas y definidas las respuestas de salida.

Los propósitos del diseño de experimentos son:

Determinar:

- a) Cuáles variables son de mayor influencia a la salida.
- b) Dónde fijar las entradas para producir la salida al nivel deseado.
- c) Dónde fijar las entradas de mayor influencia para reducir la variabilidad en la salida.

- d) Dónde fijar las entradas controlables para que los efectos de las entradas incontrolables sean minimizados.

Encontrar la ecuación ($y = f(x)$) para optimizar el proceso.

Diseño de experimentos pueden utilizarse ya sea para el desarrollo o la mejora de los procesos, para mejorar el desempeño o para obtener un proceso que sea robusto o insensible a fuentes externas de variabilidad.

Los métodos de diseño de experimentos pueden también jugar un papel mayor en las actividades de ingeniería de desarrollo de nuevos productos o mejora de los productos actuales. Algunas aplicaciones del diseño de experimentos incluyen:

- a) Evaluación y comparación de configuraciones básicas de diseño.
- b) Evaluación de alternativas de material.
- c) Determinación de parámetros clave de diseño con impacto en el desempeño.

Diseño de Experimentos en la industria

El diseño de experimentos es altamente efectivo para aquellos procesos, que su rendimiento se ve afectado por varios factores. Con esta técnica se puede conseguir entre otras cosas, mejorar el rendimiento de un proceso, reducir la variabilidad o los costos de producción, así como aumentar la calidad de los productos o servicios.

En general los experimentos se usan para estudiar el desempeño de procesos y sistemas. El proceso o sistema puede representarse como se muestra en la figura. El proceso puede por lo general visualizarse como una combinación de máquinas, métodos, personas u otros recursos que transforman cierta entrada (con frecuencia cierto material) en una salida que tiene una o más respuestas observables. Algunas variables del proceso x_1, x_2, \dots, x_n son controlables, mientras que otras z_1, z_2, \dots, z_n son no controlables (Hernández, 2014)

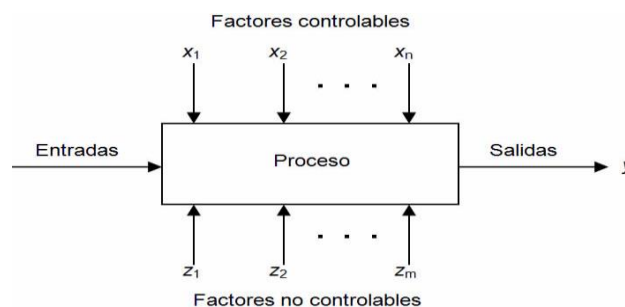


Figura 7 Grafico de proceso de factores

Fuente: Bahena Quintanilla

Pasos para diseñar y realizar un Diseño de Experimento

1.- Observar datos históricos y/o recolectar datos para establecer la capacidad actual del proceso debe estar en control estadístico.

2.- Determinar el objetivo del experimento.

Por medio de un equipo de trabajo multidisciplinario

3.- Determinar qué se va a medir como resultado del experimento.

4.- Identificar los factores que pueden afectar el resultado.

5.- Determinar el número de niveles de cada factor y sus valores reales.

6.- Seleccionar un esquema experimental que acomode los factores niveles seleccionados y decidir el número de réplicas.

7.- Verificar todos los sistemas de medición

8.- Planear y preparar los recursos (gente, materiales, etc.) para llevar a cabo el experimento hacer un plan de prueba.

9.- Realizar el experimento, marcar partes con la condición experimental que la produce.

10.- Medir las unidades experimentales.

11.- Analizar los datos e identificar los factores significativos.

12.- Determinar la combinación de niveles de factores que mejor alcance el objetivo.

13.- Correr un experimento de confirmación con esta combinación "óptima".

14.- Asegurar que los mejores niveles para los factores significativos se mantengan por largo tiempo mediante la implementación de Procesos de Operación Estándar y controles visuales.

15.- Reevaluar la capacidad del proceso.

Jugo de caña

Los cuales el jugo de caña contiene gran cantidad de agua por lo que es necesario pasar por una serie de procesos para posteriormente obtener solo sacarosa (botánica, 2015)

A partir de 1 kg de jugo de caña, se tiene aproximadamente:

- a) 140 g de sacarosa
- b) 840 g de agua
- c) 5.14g de azúcares reductores
- d) 2 – 5g sustancias orgánicas (no sacarosa) azúcares reductores
- e) 3 – 10g sustancias inorgánicas

El jugo de caña tiene una composición nutricional de carbohidratos simples: sacarosa (40 -60%), glucosa (6 – 9%), fructosa (5 – 9%). En variedades salvajes el porcentaje de sacarosa puede tan solo de 12 %.

Los cuales el jugo de caña contiene vitaminas, minerales (potasio, calcio, hierro), ácido aconico, ácido málico, ácido cítrico (botanica, 2015)

Tabla 3 Composición del jugo de caña

Composición de jugo de caña de azúcar cada 100 g	
Calorías	62 kcal
Azúcares	16,5 g
Proteínas	0,6 g
Grasas	0,1 g
Fibras	3,1 g
Calcio	8 mg
Hierro	1,4
Tiamina	0,02
Riboflamina	0,01 mg
Niacina	0,10 mg
Vitamina c	3mg

Fuente: Botánica online

2.1.3. Definición de términos básicos

ANOVA: Acrónimo de “Análisis of Variance” (Análisis de Varianza). Técnica estadística que consiste en obtener la variabilidad total del proceso y clasificarla en varios grupos, ejecutando pruebas con validez estadística para saber, con un determinado nivel de confianza, los efectos que influyen

significativamente en la respuesta. Existen tres modelos de análisis: efectos fijos, efectos aleatorios y efectos mixtos.

CAL: Sustancia química más empleada en los ingenios azucareros como coagulante de las impurezas. Según su presentación se le denomina cal viva, cal apagada o lechada de cal. Su función es alcalinizar el jugo, y coagular las impurezas del mismo mediante reacciones químicas con las sustancias contenidas en él. La forma química empleada en los ingenios es en Hidróxido de Calcio ($\text{Ca}_2(\text{OH})$)

Clarificación de jugo: Proceso por el cual son eliminadas las impurezas (bien sean solubles, coloidales en suspensión o insolubles) susceptibles a coagulación y floculación por medios mecánicos y químicos, que implican el asentamiento y remoción por decantación de las mismas, para producir un jugo claro.

Coagulantes: Electrolitos químicos que ejecutan la coagulación de las impurezas. En las industrias azucareras, el metal catiónico que se emplea para coagular las impurezas del jugo es el calcio, el cual se encuentra asociado a la sustancia química denominada comúnmente lechada de cal (Hidróxido de Calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$).

Diseño de Experimento: El término "Experimento" se refiere a la creación y preparación de lotes de prueba que verifiquen la validez

de las hipótesis establecidas sobre las causas de un determinado problema o defecto, objeto de estudio.

DoE: Acrónimo de Design of Experiments (Diseño de Experimentos).

Floculantes: Sustancias poliméricas de elevado peso molecular cuyos componentes principales son las poliacríalmidas. Estimulan el proceso de floculación necesario para decantar y precipitar las impurezas del jugo encalado caliente y producir un jugo clarificado.

Jugo encalado: Jugo al cual se le adiciona un flujo continuo de lechada de cal para neutralizar la carga iónica con la que entra al proceso el jugo diluido. Es la materia prima para obtener el jugo claro.

Experimento: Un experimento es un cambio en las condiciones de operación de un sistema o proceso, que se hace con el objetivo de medir el efecto del cambio sobre una o varias propiedades del producto. Dicho experimento permite aumentar el conocimiento acerca del sistema. Por ejemplo, en un proceso químico se pueden probar diferentes temperaturas y presiones, y se mide el cambio observado en el rendimiento del proceso.

Diseño de experimentos: El diseño de experimentos consiste en planear un conjunto de pruebas experimentales, de tal manera que los datos generados puedan analizarse estadísticamente para obtener conclusiones válidas y objetivas acerca del sistema o proceso.

Proceso de clarificado: Proceso en el que se eliminan las impurezas del azúcar para obtener jarabe simple que cumpla con las especificaciones de calidad requeridas para la elaboración de jarabes determinados y sabores.

Seis Sigma: Método organizado y sistemático, para la mejora estratégica de los procesos y del desarrollo de los nuevos productos y servicios, que se basa en los métodos estadísticos y el método científico para obtener reducciones drásticas en los defectos definidos por los clientes.

ICUMSA: Comisión Internacional de Métodos Uniformes para el Análisis del Azúcar

AMFE: Lo introduce la Industria Aeroespacial en los 60 (junto con el HACCP) norma Mil Std 16291

- Lo asume inicialmente Ford en los 70 y lo impone como herramienta la norma QS- 9.000. Es Norma SAE.
- Se lo denomina

- FMEA: “Failure Mode And Effects Analysis”,
- AMFE: Análisis de Modos de Falla y sus Efectos
- AMFEC: Análisis de Modos de Falla, Efectos y Criticidad.

- Es una herramienta de Gestión de Riesgos

SIPOC (Supplier Input Process Output Customer):

S: (suppliers - proveedores-) aquellos que proporcionan los insumos necesarios para que el proceso comience. Estos insumos pueden ser físico y/o información.

I: (input -entradas/insumos-) las materias primas y/o información que desencadenan el proceso.

P: (process -procesos-) el conjunto de tareas que realizamos para procesar el cereal hasta convertirlo en etanol. Esta descripción se hace a alto nivel (aprox. en 6 ó 7 pasos).

O: (output -salida/producto-) es lo que entregamos según el pedido que entró. En el ejemplo sería el Etanol.

C: (customer -cliente-) Para quién hemos fabricado el etanol. En el ejemplo, el cliente que nos hizo el pedido.

Capítulo III

Marco

Metodológico

3.1. Tipo de diseño de investigación

Según su finalidad: Es aplicada, debido a que se pretende mejorar la utilización de los insumos utilizados en el área de clarificación de jugo de caña de azúcar para obtener un mejor producto en proceso en el área de clarificación

Según el control de variables: Es experimental, ya que se maneja variables cuantitativas independientes y dependientes; en la etapa de clarificación de jugo de caña.

Según su contexto: se lleva a cabo en producción, lo que conlleva la creación intencionada de las condiciones de investigación con mayor rigor y control de las variables independientes.

3.2. Diseño de investigación

El diseño es experimental, permitiendo la evaluación de la dependencia de las variables independientes en la etapa de la clarificación en situaciones controladas en función a los resultados por la variable dependiente.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

El jugo de caña

3.3.2. Muestra – No probabilística

La cantidad de jugo que fluye por el clarificador

3.3.3. Hipótesis

Aplicando el Diseño de Experimentos se determinaran los valores de los parámetros óptimos en el proceso de clarificación de jugo para reducir las mermas.

3.4. Variables – Operacionalización

3.4.1. Variables

Variable independiente

Aplicación de diseño de experimentos (DoE)

Variable dependiente

Reducción de mermas en el proceso de clarificación.

3.5. Operacionalización de variables

Tabla 4 Variables independientes

Variable Independiente	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e instrumentos de recolección de datos
Aplicación de Diseño de Experimentos	Definir	% de Mermas	Documentos
	Medir	Temperatura	Termómetro
		Turbidez	Turbidímetro
		Tiempo de decantación	Cronometro
	Analizar	Aplicación de la herramienta DoE	Documentos
	Mejorar	Aplicación de la herramienta DoE	Software
	Controlar	Límites de control	Software
Procedimientos			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5 Variable dependientes

Variable Dependiente	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e instrumentos de recolección de datos
Reducción de mermas en el proceso de clarificación	Análisis Técnico	Turbidez	Análisis Documental
		Tiempo de decantación	Análisis Documental
		Eliminación e impurezas	Análisis Documental
	Análisis Económico	Costos	Software

Fuente: Elaboración propia

3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

Los métodos que se recolectaran los datos serán a través de recolección datos históricos

3.7. Procedimiento para la recolección de datos

Un diseño de experimentos implica mucho más que decidir cuáles son las condiciones en las que se realizarán cada uno de los experimentos necesarios para conseguir el objetivo; se deben considerar, además, varias etapas previas y posteriores a la ejecución de tales experimentos. (Montgomery, 2004)

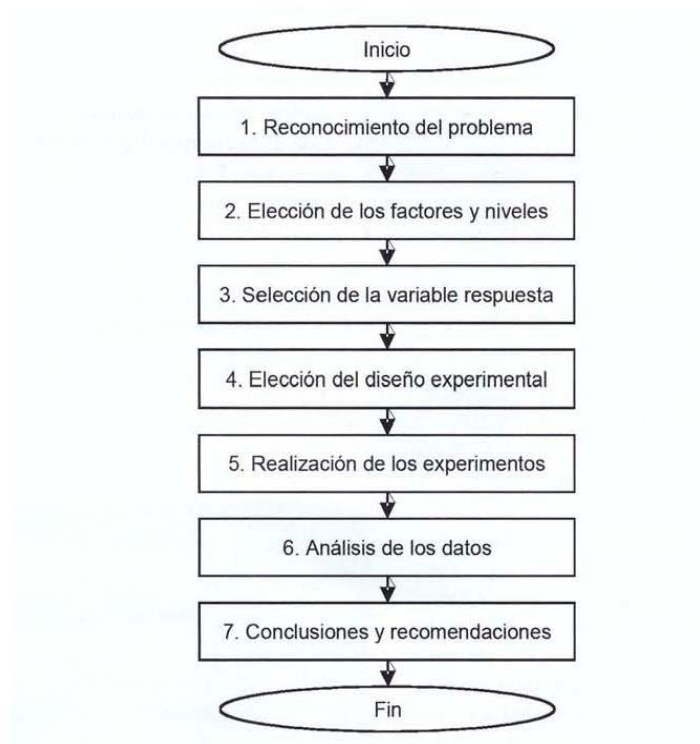


Figura 8 Procedimiento para la realización de DoE

Antes de explicar las etapas necesarias para aplicar el DOE se formulan algunas recomendaciones que el propio Montgomery sugiere tener en cuenta durante todo el proceso de la experimentación:

- Utilizar los conocimientos previos sobre el problema: el conocimiento del proceso adquiere una importancia significativa en cada una de las etapas del diseño
- Mantener el diseño y el análisis lo más sencillo posible: si se realizan correctamente los pasos establecidos para el diseño del experimento se obtendrá un diseño sencillo que, en general conduce a un análisis sencillo y más fácil de interpretar.
- Entender la diferencia entre estadísticamente significativo y significativo en la práctica: aunque las nuevas condiciones produzcan mejores resultados, esto no significa que en la práctica sean aplicables. Algunas veces suele suceder que modificar las condiciones de operación de una variable resulta más caro que las ventajas obtenidas con el cambio
- Recordar que los experimentos son iterativos: generalmente, al principio de toda experimentación no se posee la información suficiente para realizar un análisis completamente correcto. Por eso se recomienda no invertir

más del 25-40% del presupuesto en los primeros experimentos.

3.8. Plan de análisis estadístico de datos

Esta es la etapa que requiere mayor conocimiento estadístico. Los métodos estadísticos se utilizan para analizar los datos, procurando que los resultados y las conclusiones sean objetivos. La diversidad de software permite realizar los cálculos matemáticos y las gráficas necesarios; en este caso se ha utilizado MINITAB 17.

3.9. Criterio éticos

En la investigación se ha recolectado información muy importante de diferentes fuentes: libros, revistas, páginas web, trabajos virtual (tesis), entre otros; respetando los Derechos de Autor de esta manera se demuestra en las citas bibliográficas de varios párrafos de la investigación sobre todo en las bases teórico-científicas, antecedentes, entre otros.

3.10. Criterios de rigor científico

En proyecto de investigación para la metodología (métodos y técnicas) que se empleó se ha tomado ciertos parámetros establecidos según investigaciones anteriores, respetando a cabalidad la información científica que nos muestran los diferentes autores; tomando valores fijos y valores mediante un rango establecido por nosotros (variables independientes), estos han sido

seleccionado según estudios relacionados con nuestro tema de investigación.

3.11. Proceso de elaboración del azúcar

3.11.1. Recepción la caña de azúcar

Recepción de la caña. “La caña que llega del campo se muestrea con el propósito de conocer sus características de calidad e impurezas, luego se pesa y se puede o no almacenar en los patios, para descargarse sobre las mesas de caña.

Esta caña trae numerosas impurezas (hojas, barro, piedras y otros elementos extraños), puesto que después de cortada (a mano o con máquina) cae al suelo de donde se levanta con equipos mecánicos (alzadoras de caña) los cuales recogen del piso todos los elementos extraños que se encuentran en contacto con ella.

En las mesas se hace un lavado con agua para eliminar las partículas adheridas o en seco con unos ventiladores para además de retirar gran parte de la hoja; posteriormente la caña es transportada hacia el molino por los conductores de caña.”

3.11.2. Extracción del jugo de caña.

El jugo de caña se extrae en el llamado molino (el nombre Genérico es Tandem, el cual generalmente está conformado por una serie de molinos).

Cada molino está constituido generalmente por tres mazas: maza Cañera, maza Superior y maza Bagacera, y una cuarta que se llama de Presión. En el primer molino, se le extrae a la caña su mayor contenido de jugo (sacarosa) por la presión ejercida por las mazas sobre la caña y en los restantes molinos se ultima la extracción. Aun cuando el bagazo se someta a presiones considerables y repetidas, no cede todo el jugo que contiene.

Para lograr extraer la mayor cantidad posible de jugo (sacarosa) contenido en la caña (fibra), se debe adicionar agua caliente de imbibición al colchón de bagazo a la entrada del penúltimo o último molino para que sustituya al jugo, ya que al entrar en contacto el líquido con el material lo disuelve (el azúcar es muy soluble en agua) y lo arrastra.

El agua-jugo de salida del último molino se retorna hacia el 2º molino pasando de uno en otro, enriqueciéndose en sacarosa a medida que llega al segundo.

Este proceso se denomina “IMBIBICIÓN” y asegura una máxima recuperación de la sacarosa en el bagazo.

Del último molino se obtiene el bagazo al cual se le ha recuperado la máxima cantidad posible de azúcar.

3.11.3. Tratamiento del jugo – Clarificación

3.11.3.1. Sulfatación.

En esta etapa se produce una reacción de absorción de SO_2 con el jugo mixto hasta conseguir un pH entre 4 y 4.6.

“La absorción de un gas en un líquido es una de las varias operaciones unitarias de la ingeniería química. Cuando se habla de absorción, es práctica común la utilización de torres compactas o columnas con platos o bandejas. Las torres de absorción compactas no son indicadas para operar con líquidos que poseen materiales en suspensión susceptibles de formación de incrustación. Así, en la sulfatación del jugo se emplean columnas con platos o bandejas de madera perforados.

El jugo entra por la parte superior de la torre y cae por gravedad a un tanque de dosificación donde se le ajustará su pH; mientras en sentido contrario, de abajo hacia arriba, recorren gases de azufre los cuales son capturados por el jugo en su descenso por la torre. Los gases de azufre (SO_2) se producen mediante la combustión de azufre sólido

(granulado) los cuales son introducidos a las torres mediante un tiro inducido efectuado por unos ventiladores ubicados en un piso superior, forzando a los gases a entrar por la parte inferior de las torres y en su camino son captados por los jugos que descienden por ellas.

3.11.3.2. Alcalización.

Como la operación de sulfatación conlleva una disminución del pH del jugo (acidificación) y a valores bajos de éste se favorece la inversión de la sacarosa, por lo tanto se hace necesario neutralizar el jugo lo cual se consigue mediante la adición de lechada de cal (cal disuelta en agua y a una concentración de 6 a 10 °Bé (grados Baumé), o también con la adición de sacarato de calcio. Además de neutralizar el jugo, la principal característica de este proceso que se denomina "Alcalización", es la DEFECACIÓN, ya que los iones de calcio reaccionan con la mayoría de las impurezas que lleva el jugo formando unos sólidos que precipitan separándolos fácilmente.

3.11.3.3. Calentamiento.

El jugo ya sulfatado y alcalizado, mediante el uso de bombas, se pasa por una serie de calentadores donde se sube la temperatura primero a 70-75°C (Primer Calentamiento) y después hasta 102-105°C (el jugo inicialmente viene a una temperatura de unos 30-35°C), con el propósito de acelerar la reacción para la defecación,

proteger el jugo haciendo una pasteurización, desnaturalizar las proteínas y eliminar el aire disuelto y/o el bagacillo.

3.11.3.4. Adición de floculante.

Como es importante que la precipitación sea rápida, se utilizan ayudantes químicos conocidos genéricamente como FLOCULANTES (los floculantes son polímeros sintéticos, poliacrilamidas, parcialmente hidrolizadas, de alto peso molecular ($10\text{-}20 \times 10^6$) generalmente son aniónicos, los cuales al entrar en contacto con el jugo extienden sus cadenas poliméricas creando o formando una especie de telaraña, la cual al ir descendiendo por razones de gravedad y peso, captura a su paso las impurezas que regularmente son catiónicas (la captura se realiza por diferencia de carga eléctrica).

Los floculantes se emplean para aumentar la aglomeración de los flóculos, aumentar la velocidad de sedimentación, compactación y reducción del volumen de cachaza; mejorando además la turbiedad del jugo clarificado.

3.11.4. Filtración de lodos.

La filtración consiste en tomar los lodos, los cuales previamente se mezclan con bagacillo para darle el soporte y consistencia (los lodos son las impurezas líquidas y el bagacillo es una partícula fina separada por cribado del bagazo de la caña) y se pasan por filtros rotatorios que trabajan al vacío y a los cuales se les adiciona agua caliente en forma

de spray por la parte superior para recuperar la sacarosa que contenían los lodos.

Una vez filtrado pasa a través de la camada de bagacillo en la tela del filtro, deja los sólidos suspendidos en los pequeños espacios vacíos entre las partículas de bagacillo. El filtrado pasa a través de las telas saliendo por la válvula del filtro hasta los tanques colectores. Esta parte del ciclo de la filtración debe ser realizada con un bajo vacío (5-7" Hg) para evitar la incorporación de gran cantidad de sólidos suspendidos al filtrado.

A medida que el tambor gira, la sección que estaba sumergida en la batea del filtro emerge y la válvula del cabezote del filtro hace aumentar el vacío en esta sección (16-18" hg) y comienza el ciclo de lavado.

3.11.5. Evaporación.

El jugo sale de los clarificadores y mediante el uso de bombas se pasa por una serie de equipos que trabajan con vapor y vacío (el vapor para calentar el jugo y hacerle hervir disminuyéndole agua y vacío para trabajar a presión y hacerle fluir).

Dentro de los evaporadores el jugo hierve y va perdiendo agua por evaporación de la misma pasando el jugo de un evaporador otro por diferencia de presión (a medida que pasa de un evaporador a otro, la presión es menor y se facilita el flujo, pues por ley natural los flujos

tienden a ir de lugares de mayor hacia lugares de menor presión – la menor presión se consigue mediante la aplicación de vacío en el último evaporador o concentrador).

Al final del tren de evaporadores, al jarabe o meladura obtenido (el jugo así concentrado se conoce con esos nombres) tiene una concentración que le da aspecto viscoso y de color carmelita oscuro por efecto de la misma concentración.

3.11.6. Cristalización.

La cristalización consiste básicamente en la formación de los cristales de azúcar a partir de diferentes mieles.

El proceso se efectúa en evaporadores al vacío de efecto sencillo comúnmente llamados tachos.

Primeramente se concentra la meladura hasta que esta alcanza el punto de saturación. En tal condición se introducen cristales de siembra que sirven de núcleos a los cristales de azúcar. A medida que se evapora el agua se agrega meladura con el fin de aumentar el tamaño de los cristales.

Los cristales de siembra son cristales de 0,010 mm de diámetro que se obtienen a partir de la mezcla de azúcar refinado (4,8 kg) y alcohol isopropílico (1,5 galones) en un cilindro rotativo por un tiempo de 24 horas.

La mezcla de cristales de siembra y meladura se concentra hasta formar una masa densa llamada “masa cocida”. En este punto el proceso finaliza y el contenido del tacho (llamado Templa) se descarga a través de una válvula colocada en la parte inferior.

Para la elaboración de azúcar blanco se utiliza el proceso de Tres Templas y Doble Magma, que tiene como propósito principal minimizar las pérdidas de azúcar en la miel final. Como parámetro aceptable se considera que la pureza de la miel final no debe ser mayor de 35% de sacarosa en su contenido.

3.11.7. Centrifugación.

El centrifugado se realiza mediante el uso de centrifugas, que son equipos que giran a muy alta velocidad y donde el cristal de azúcar se separa de la miel que lo rodea y mediante un lavado con agua caliente que tiene lugar dentro de la misma centrifuga, el cristal queda blanco y de aspecto brillante.

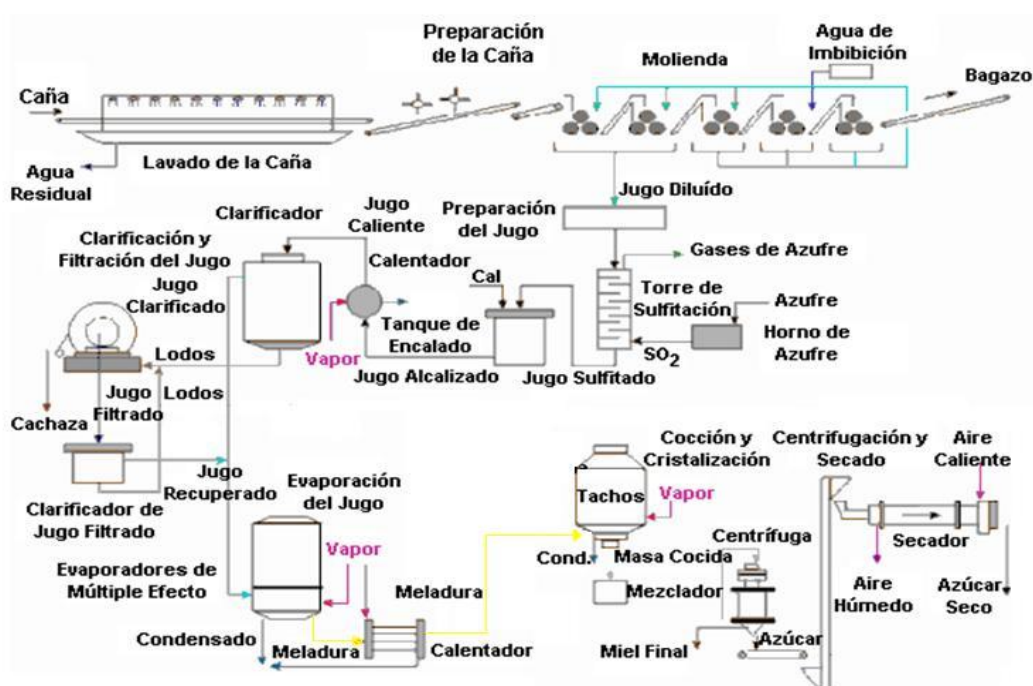
3.11.8. Secado y envasado.

El azúcar blanco obtenido al centrifugar, sale húmedo (0.5 a 1.5%) debido al agua que hay que adicionarle para la eliminación de la película de miel que rodea el cristal de azúcar y por esto debe secarse para bajar su contenido de humedad hasta 0.03 a 0.05%, antes de envasarlo.

El secador de uso más corriente es el tambor rotativo, que consiste de un cilindro metálico, inclinado en 5° a 7°, para facilitar el recorrido del azúcar y está provisto internamente de aletas destinadas a recoger el azúcar y dejarlo caer repetidamente en forma de cascada. El azúcar atraviesa la secadora en contracorriente con aire caliente.

Finalmente el azúcar seco se envasa en empaques de diferente capacidad.

Figura 9 Proceso de elaboración de azúcar de caña



Fuente: la empresa agroindustrial TUMAN SAA

3.12. Adición de dióxido de azufre líquido.

Este tipo de sulfatación se lleva a cabo por inyección del SO₂ (SO₂ líquido de uso industrial en cilindros) al jugo crudo y frío hasta un

nivel aproximadamente 400ppm de SO₂ Donde los costos de transporte lo permiten, el SO₂ líquido ofrece muchas ventajas, el método no es complicado comparativamente y se adapta asimismo fácilmente al control automático de pH. Otras ventajas son una reducción considerable del consumo de azufre, la eliminación del ácido sulfúrico, el control preciso de la adición de SO₂ así como la eliminación del equipo para la combustión del azufre.

Capítulo IV

**Análisis de la situación actual
de la empresa**

4.1. Fase planificación

Tabla 6: Diagrama de Gannt

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES SIX SIGMA													
ID	NOMBRE DEL TRABAJO	PERIODO DE TRABAJO	GRUPO DE TRABAJO	EJECUCION						Avance de trabajo			
				Febr	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Semanas	%			
A DEFINIR													
1	Voz del Cliente / matriz CT	1 semanas	ELAB	P								1	100
				E							1	100	
2	Diagrama SIPOC	1 semanas	ELAB	P								1	100
				E							1	100	
3	Definición del problema	2 semanas	ELAB	P								2	100
				E							2	100	
B MEDIR													
4	Mapeo de Proceso	1 semanas	ELAB	P								1	100
				E							1	100	
5	Matriz FMEA	1 semanas	ELAB	P								1	100
				E							1	100	
6	Recolección de Datos	1 semanas	ELAB	P								1	100
				E							1	100	
7	Cálculo de RTY y Nivel Sigma	1 semanas	ELAB	P								1	100
				E							1	100	
C ANALIZAR													
8	Actividades Analizar	4 semanas	ELAB	P								4	100
				E							4	100	
D MEJORAR													
9	Actividades Mejorar	4 semanas	ELAB	P								4	100
				E							4	100	
E CONTROLAR													
10	Actividades Controlar	4 semanas	ELAB	P								4	100
				E							4	100	

Fuente: elaboración propia

4.2. Fase definir

Mediante una matriz de priorización, la cual, es una herramienta que permite la selección de opciones sobre la base de la ponderación y aplicaron de criterios ase posible determinar alternativas y los criterios a considerar para adoptar una decisión, priorizar y calificar problemas, oportunidades de mejora y, en general, establecer prioridades en un conjunto de elementos para facilitar la toma de decisiones.



Figura 10 Procesos de elaboración de azúcar

Fuente: Elaboración propia



Figura 11 Fases de la clarificación

Fuente: Elaboración propia

4.2.1. Matriz de priorización del cliente externo

Tabla 7 Matriz de priorización del cliente externo

Calificación de importancia para el cliente		9	7	7	8	9	5	
		1	2	3	4	5	6	
Process Steps / Input Variables		Color ICUMSA	Peso	Cantidad de Insolubles	Turbidez ICUMSA	Tamaño de Grano	Humedad	Total
1	Transporte de Caña	1	1	1	1	1	1	45
2	Extracción de Jugo	1	1	1	4	1	1	69
3	Tratamiento de Jugo	10	1	10	10	1	1	261
4	Evaporación	5	1	5	6	1	4	164
5	Cristalización	5	2	2	5	10	7	238
6	Centrifugación	4	2	1	3	8	9	198
7	Envasado	1	9	1	1	1	1	101
Total		243	119	147	240	207	120	

Fuente: Elaboración propia

Una vez realizada esta matriz de priorización se obtuvo como resultado que el tratamiento de jugo influye en demasía en lo que respecta al color ICUMSA y la turbidez ICUMSA, puesto que ello es lo que el cliente califica con mayor relevancia.

4.2.1.1. Comisión Internacional de Métodos Uniformes para el Análisis del Azúcar “ICUMSA”.

“ICUMSA es una organización internacional, organismo de normalización, fundada en 1897, que publica los procedimientos de laboratorio detallados para el análisis de azúcar.

Los métodos ICUMSA contienen instrucciones detalladas para la determinación del contenido de sólidos secos por polarimetría, densimetría y refractometría, el color (coeficiente de extinción a 420 nm), la turbiedad, azúcares reductores, y la presencia de metales tales como arsénico y cobre, en la caña, azúcar blanco, remolacha, melaza y azúcares especiales. También contiene polinomios y tablas (derivadas de los polinomios) que se refieren al índice de refracción de las soluciones de sacarosa pura, glucosa, fructosa.

ICUMSA está constituida por representantes de los comités nacionales designados por los gobiernos de los países de las principales importadoras y exportadoras de azúcar, los votos de los representantes son ponderados de acuerdo a la cantidad de azúcar que sus países importan y exportan.

Calculo de la el porcentaje de sacarosa invertida de enero del 2014 – febrero 2015

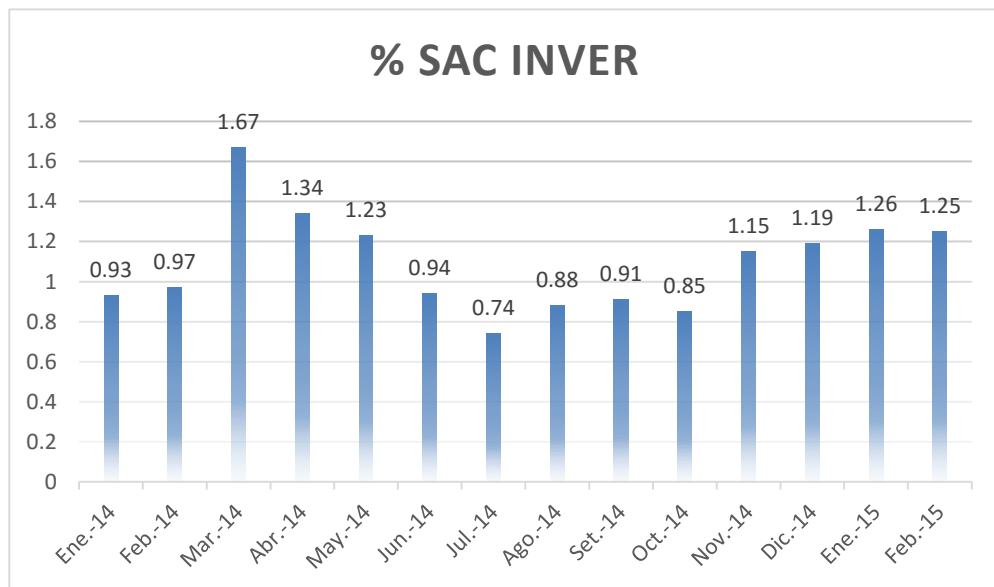
Tabla 8 Cálculo de mermas por cada 100 gr.

Fecha	J. CLARIFICADO			Capacidad		Cálculos de Mermas			
	%Brix	%Pureza	pH	Dorr	Rapid Dorr	D (Kg/m3)	t(min)	T(°C)	%Sac Inver
ene-14	14.46	85.21	6.66	354.00	165.00	1006.66	180.23	100.00	0.93
feb-14	14.33	84.68	6.70	354.00	165.00	1004.65	186.29	101.00	0.97
mar-14	13.14	82.75	6.57	354.00	165.00	996.71	186.61	103.00	1.67
abr-14	14.07	82.99	6.57	354.00	165.00	1002.05	168.47	102.00	1.34
may-14	14.50	84.68	6.65	354.00	165.00	1002.14	167.06	103.00	1.23
jun-14	14.86	84.92	6.71	354.00	165.00	1005.21	164.48	102.00	0.94
jul-14	14.65	84.29	6.79	354.00	165.00	1004.38	155.21	102.00	0.74
ago-14	16.23	85.19	6.81	354.00	165.00	1007.47	152.40	104.00	0.88
sep-14	16.36	85.18	6.60	354.00	165.00	1014.40	153.57	100.00	0.91
oct-14	16.76	85.53	6.64	354.00	165.00	1016.07	159.22	100.00	0.85
nov-14	17.20	85.32	6.61	354.00	165.00	1014.77	160.49	102.00	1.15
dic-14	16.70	84.52	6.57	354.00	165.00	1014.27	167.80	101.00	1.19
ene-15	16.31	85.24	6.58	354.00	165.00	1011.13	165.36	102.00	1.26
feb-15	15.77	83.93	6.59	354.00	165.00	1010.46	183.86	101.00	1.25
PROMEDIO	15.381	84.602	6.646	354	165	1007.884	167.932	101.643	1.09

Fuente: Datos históricos de la empresa Agroindustrial TUMAN SAA

Esta tabla representa el porcentaje de sacarosa invertida promedio en los meses de enero del 2014 hasta abril del 2015 en el proceso de clarificación el cual es el 1.07% de cada 100gr de jugo de caña de azúcar.

Tabla 9 Representación gráfica de sacarosa



Fuente: elaboración propia

Para calcular el porcentaje de sacarosa invertida (%sac inv.) se realizan los cálculos

$$L = \tau \times e^{(-1.3823 - 2.2994 \times Ph + 0.1142 \times t)}$$

Donde:

L = porcentaje de sacarosa

τ = tiempo

t = temperatura

Calculo de la densidad

$$\rho = 1000x \left[1 + \frac{w_{DS}x(w_{DS} + 200)}{54000} \right] x \left[1 - 0.036x \frac{t-20}{160-t} \right]$$

t= temperatura

w_{DS} = %brix

Calculo del tiempo de llenado

$$t = \frac{(\text{Dorr} + \text{RapidDorr})}{\left(\frac{TCHx1000}{\rho} \right)} x 60$$

TCH= toneladas de jugo de caña por hora

ρ = Densidad

4.2.2. Producción de mensual de azúcar rubia doméstica

Tabla 10: Producción de la EMPRESA AGROINDUSTRIAL TUMAN

Fecha	RUBIA DOMESTICA
	Bls. X 50Kg
ene-14	224735.00
feb-14	137441.00
mar-14	52136.00
abr-14	206488.00
may-14	247766.00
jun-14	242356.00
jul-14	214813.00
ago-14	274217.00
sep-14	214845.00
oct-14	213695.00
nov-14	209683.00
dic-14	215361.00
ene-15	159524.00
feb-15	180462.00
PROMEDIO	183569.31

Fuente: Datos históricos de la EMPRESA AGROINDUSTRIAL TUMAN

En esta tabla se muestra la producción mensual de azúcar en cantidad de 50 kg por cada bolsa de azúcar desde enero del 2014 hasta el febrero del 2015.

Interpretación de los resultados si por cada 100 gr de jugo de caña de azúcar se obtiene el 0,107 % de sacarosa invertida en el proceso de clarificación.

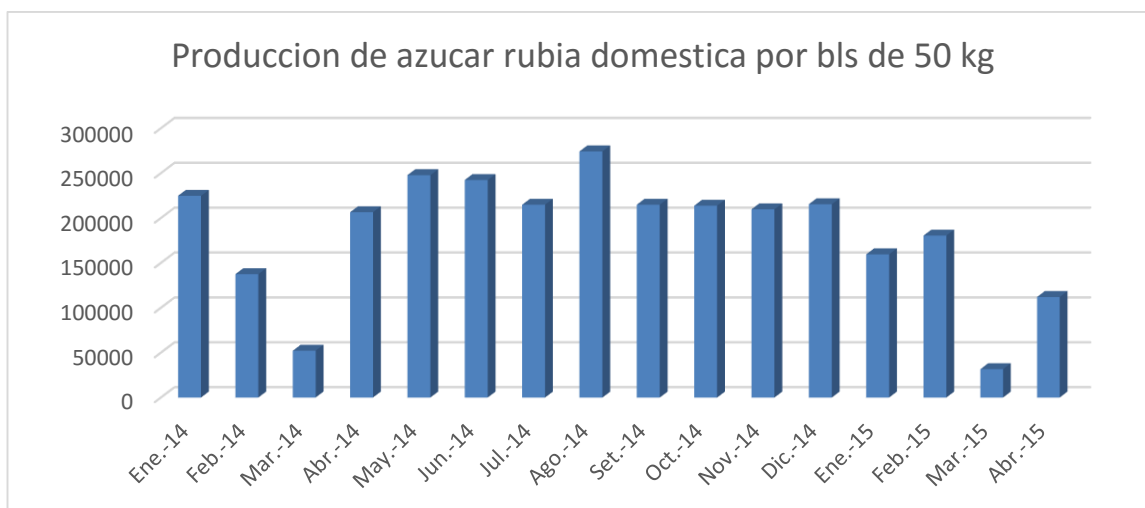


Figura 12 producción de azúcar mensual de enero 14 – febrero 15

Fuente: elaboración propia

4.2.3. Perdida actual de la empresa en nuevos soles

Tabla 11 total de perdida por día

	Cantidad	Unidades
Producción total	183569	bolsas
Número de días	30	días
Producción por día	6118.977083	bolsas
Número de kilos por bolsa	50	kg/bolsa
En kilos	305948.8542	Kg
Muestra de laboratorio	100	Gr
Perdida	0.0107	%
Pérdida total	3273.65274	Kg
Costo por bolsa	50	Soles
numero de bolsas	65	Bolsas
Valor monetario por día	S/. 3,274	Soles

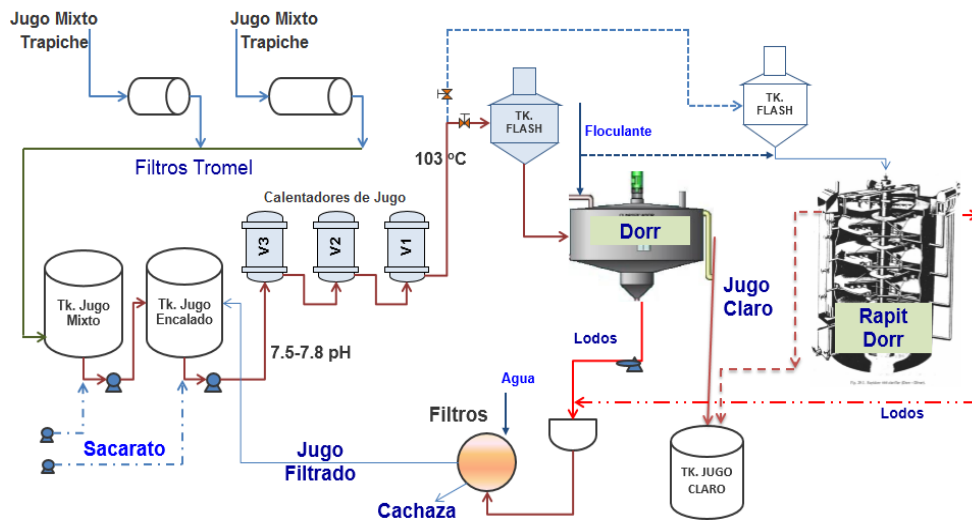
Fuente: elaboración propia

Tomado como referencia los datos históricos hemos obtenido un promedio de 3274 soles por día

4.2.4. Representación gráfica de la situación actual de empresa

Gráfico de la Situación actual de la empresa

Figura 13 Representación de los procesos de clarificación



Fuente: elaboración propia

En la figura 13 se detalla los procesos del jugo de caña desde el momento de la entrada del jugo de los trapiches hasta el momento que llega los filtros.

4.2.5. Matriz de priorización del cliente interno

Análisis al cliente interno

Tabla 12 matriz de priorización del cliente interno

Rating of Importance to Customer		10	10	10	10	10	
		1	2	3	4	5	
Process Steps / Input Variables		Color ICUMSA	temperatura	Turbidez ICUMSA	ph	cantidad de insolubles	Total
1	neutralización	10	5	10	10	10	450
2	calentamiento	4	10	7	6	6	330
3	clarificación	10	10	10	10	10	500
Total		240	250	270	260	260	

Fuente: Elaboración propia

En esta matriz de priorización se describe los requerimientos más sobresalientes que requiere el cliente interno.

Esta tabla proporciona la entrada inicial a la AMFE. Cuando cada una de las variables de salida (Requisitos) no son correctas, que representa "efectos" potenciales. Cuando cada variable de entrada no es correcta, que representa "causas".

1. Lista de las variables clave de salida del proceso (Requisitos)
2. Tasa de cada variable de salida en una escala de 1 a 10 en el importancia al cliente.
3. Lista de los pasos del proceso de claves (variables de entrada)
4. Tasa de cada paso del proceso (Entrada de la variable) relación a cada variable de salida en una escala de 1 a 10.

5. Seleccione los pasos del proceso superiores (variables de entrada) para iniciar el proceso de FMEA; Determinar cómo cada paso del proceso seleccionado (variable de entrada) puede "fallar" y el lugar que en la columna de modo de fallo del FMEA.

4.2.6. Lista los requerimientos más importantes de tus clientes interno

Tabla 13 variables de estudio

N#	REQUERIMIENTOS	TIPO	CLIENTE E/I	PERFORMANSE ACTUAL
1	Color ICUMSA	Alto	Interno	Medio
2	Turbidez	Alto	Interno	Medio
3	Temperatura	Alto	Interno	Medio
4	PH	Alto	Interno	Bajo
5	Cantidad de insolubles	Alto	Interno	Medio

Fuente: Elaboración propia

4.2.7. DIAGRAMA SIPOC

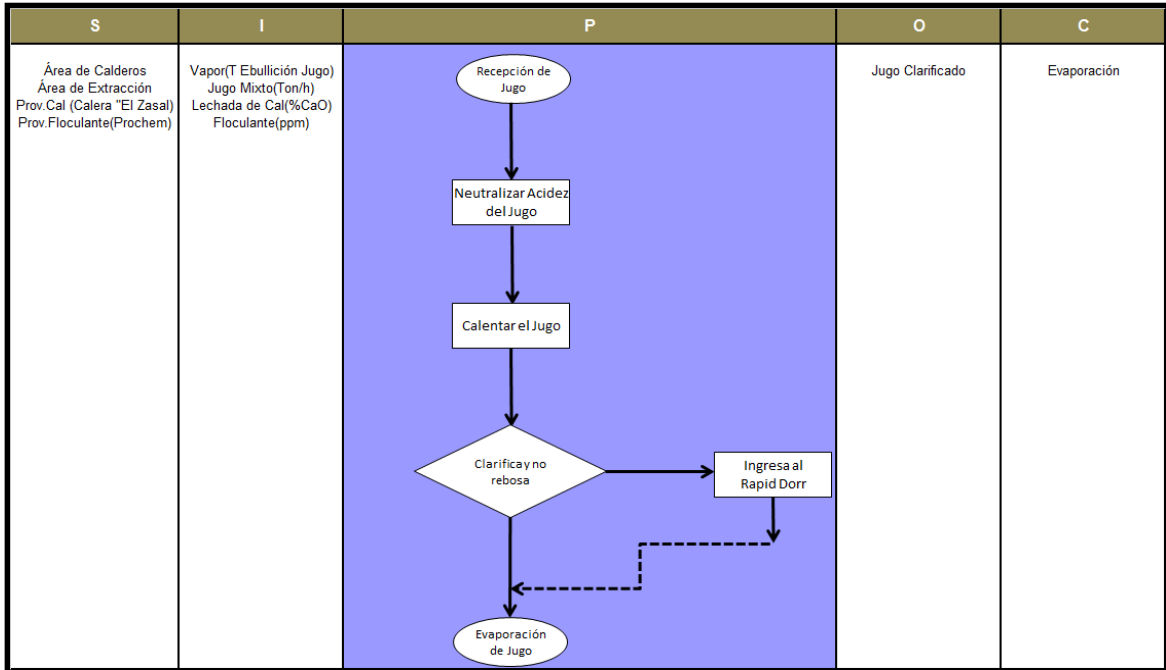


Figura 14 Diagrama SIPOC

Fuente: elaboración propia

4.3. Fase medir

4.3.1. Diagrama de flujo del proceso de cristalización

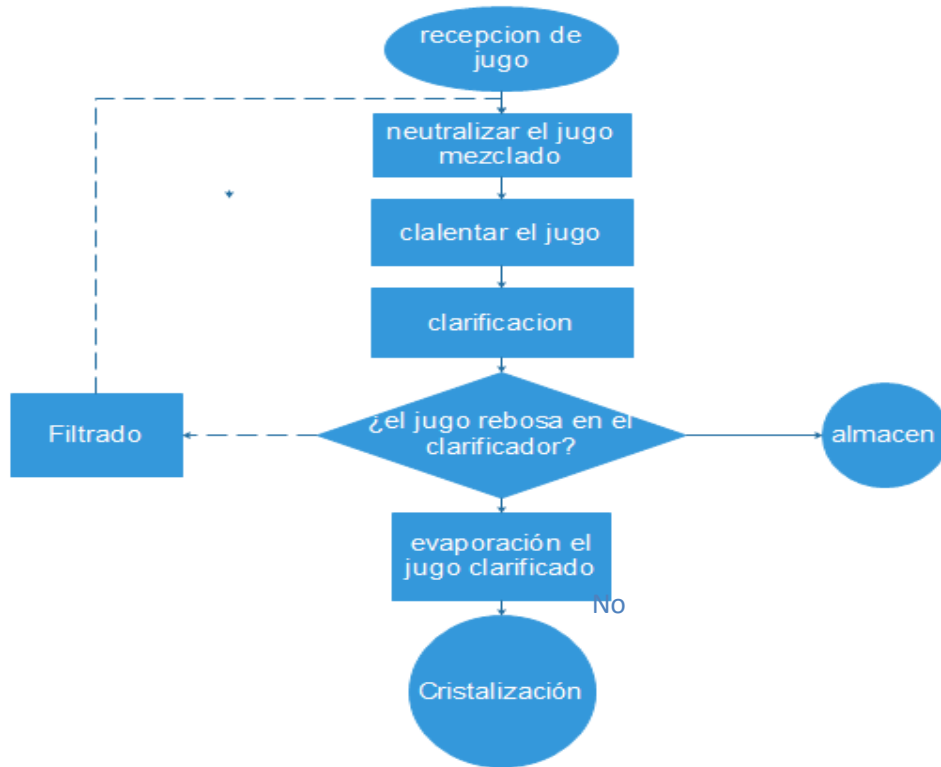


Figura 15 Diagrama de flujo

Fuente: elaboración propia

4.3.2. Definición de AMEF

Lo introduce la Industria Aeroespacial en los 60 (junto con el HACCP) norma Mil Std 16291

- Lo asume inicialmente Ford en los 70 y lo impone como herramienta la norma QS- 9.000. Es Norma SAE.

- Se lo denomina

- FMEA: “Failure Mode And Effects Analysis”,

- AMFE: Análisis de Modos de Falla y sus Efectos

- AMFEC: Análisis de Modos de Falla, Efectos y Criticidad.
- Es una herramienta de Gestión de Riesgos

Siendo:

RPN = número de prioridades de riesgo

Sev= severidad

Occ= ocurrencia

Det= detención

Prpn= Numero de prioridades de riesgo posterior

Tabla 14 Matriz FMEA

Partes / procesos	Modos falla	efectos de falla	SEV	causa	OCC	control	DET	NPR	acción recomendada	Personal responsable	Fecha	Acción tomada	Fecha de Terminación Actual	ps	po	pD	prpn	Riesgo	Riesgo por prpn	Acciones adicionales recomendadas
clarificación	ph bajo	jugo más turbio	7	alta incertidumbre en la medición	6	regular el caudal de entrada	4	168	peachimetro con lasa cerrado (automatizado)	producción	julio	evaluar técnica y económica a los insumos	2 meses	4	2	2	16	4	64	mantenimiento, calibración
	tiempo de retención	la inversión de la sacarosa se acelere	9	baja calidad de insumos	6	visual	5	270	protocolo de prueba de los insumos de mejor calidad	producción	julio	evaluar técnica y económica a los insumos	1 mes	5	3	2	30	3	90	
	temperatura baja	Que haya una demora en la clarificación	6	falta de actualización de registros	3	visual, vacumetros	3	54	registros diarios de temperatura y presión	producción	julio	evaluar técnica y económica a los insumos	3 meses	2	2	2	8	2	16	mantenimiento, calibración

Fuente: elaboración propia

4.4. Fase analizar

4.4.1. Brainstorming del proceso de clarificación

Realizando un Brainstorming se obtuvo lo siguiente

Lluvia de ideas (Brainstorming):

1. Temperatura inadecuada.
2. pH bajo.
3. Velocidad de decantación baja.
4. Alto tiempo de residencia.
5. Capacidad de procesamiento de jugo.
6. Supervisión inadecuada.
7. Falta de protocolos de prueba para insumos.
8. Falta de actualizaciones de registros.
9. Parada de fábrica.
10. Insumos inadecuados.
11. Personal no capacitado.
12. Falta de entrenamiento al personal operario.

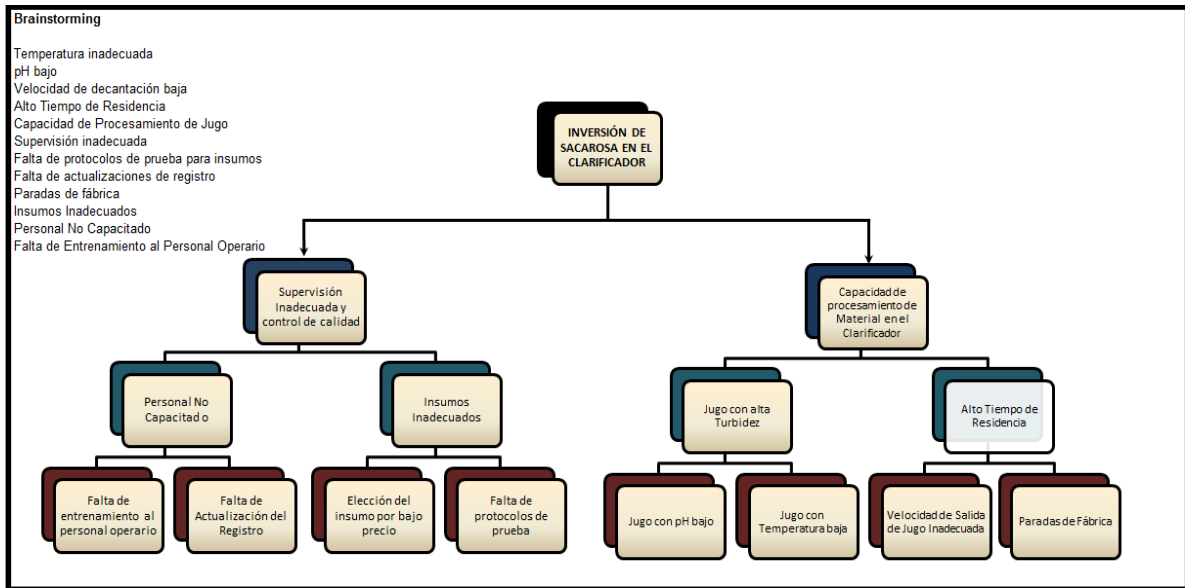


Figura 16 Brainstorming del proceso de clarificación

4.4.2. Diagrama de Ishikawa

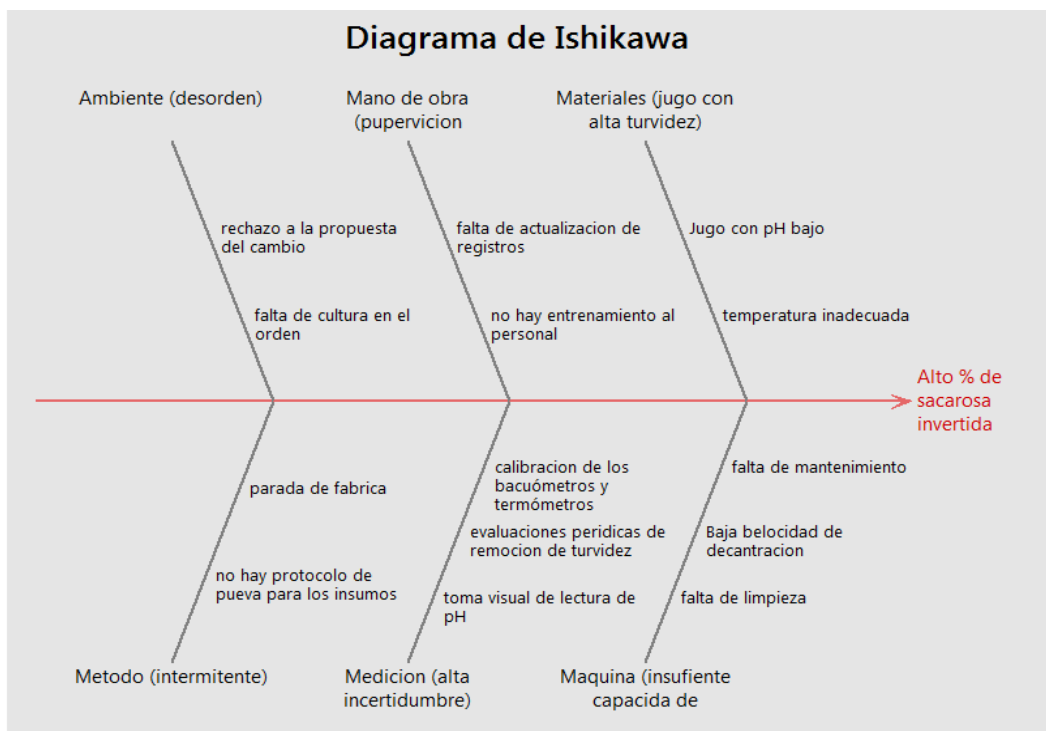


Figura 17 Diagrama de Ishikawa

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO V
IMPLEMENTACION
DE LA MEJORA

5.1. Fase mejora

5.1.1. Tipos de floculantes a utilizar

Tabla 15 tipos de floculantes

FLOCULANTE	MARCA	Molienda Ton/mes	Consumo de Floculante				
			gr/TC	\$/Kg I/IGV	Kg/mes	\$/US/mes	\$/US/TC
Lipesa 1558	F1	100,000	7.9	6.96	791.69	5,511.75	0.0551
Profloc 6040	F2	100,000	8.1	7.50	808.36	6,062.73	0.0606
Bozefloc A61 BT	F3	100,000	7.3	6.49	730.30	4,739.64	0.0474

Fuente: Elaboración propia

Aquí detallamos los tipos de floculantes (costo, kilos que se ha utilizado por mes, costo por mes y el costo por tonelada) y la cantidad de toneladas que se produce mensualmente.

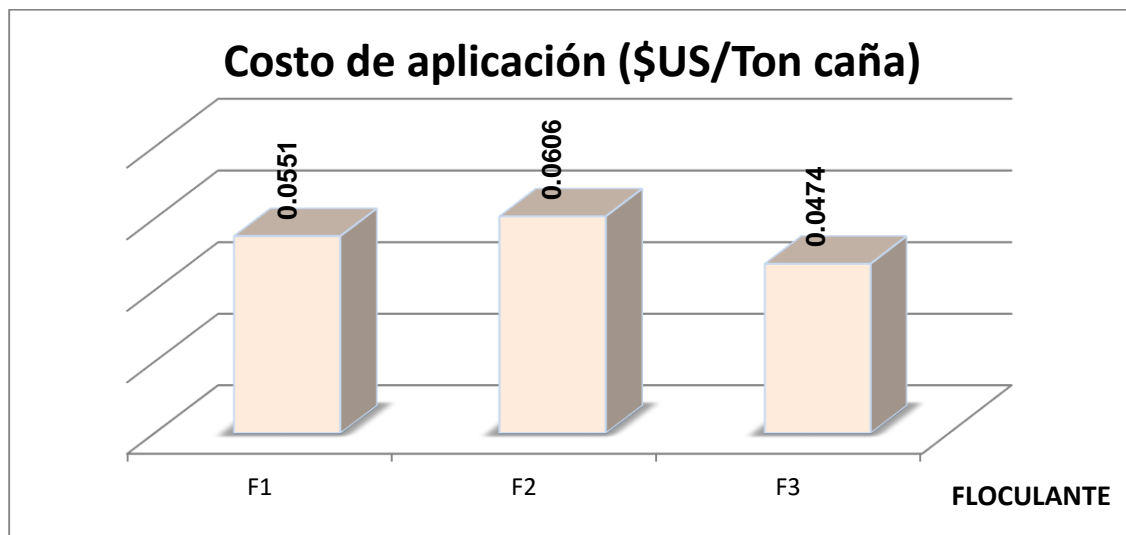


Figura 18 Costos de floculante por tonelada de jugo de caña.

Fuente: Elaboración propia

Para la evaluación de los floculantes se implementó el Diseño de Experimentos Tipo Cuadrado Latino tomando en cuenta los parámetros de calidad como remoción de turbidez, los costos de aplicación y el consumo en ppm (partes por millón) representando en g/TC y una molienda promedio de 100 000 TC mensual

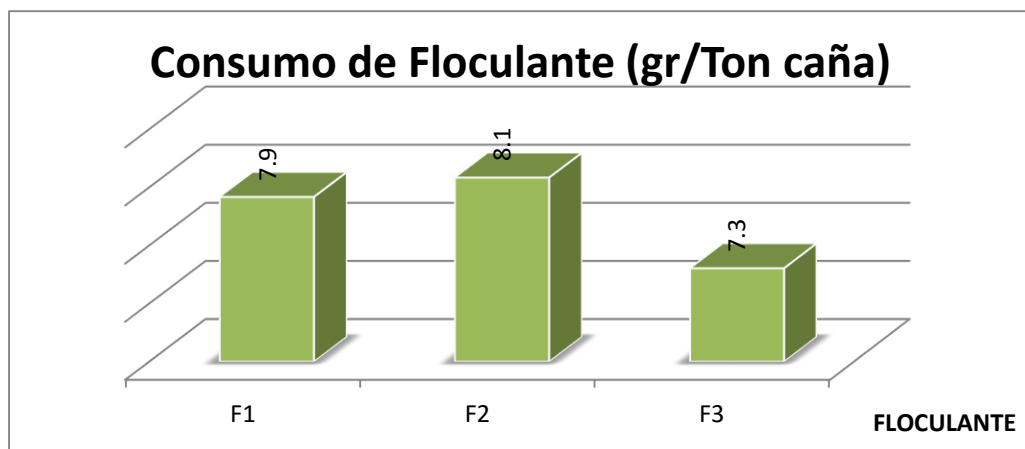


Figura 19 consumo de floculante en gramos por tonelada de caña
Fuente: elaboración propia

En la figura 19 podemos observar el consumo de los floculantes en gramos por tonelada de jugo de caña (tabla 13), y resaltamos que F2 es el que se consume en mayor proporción, mientras que F1 se encuentra en segundo lugar con un consumo moderado, y F3 tiene un consumo menor con respecto a los otros dos.

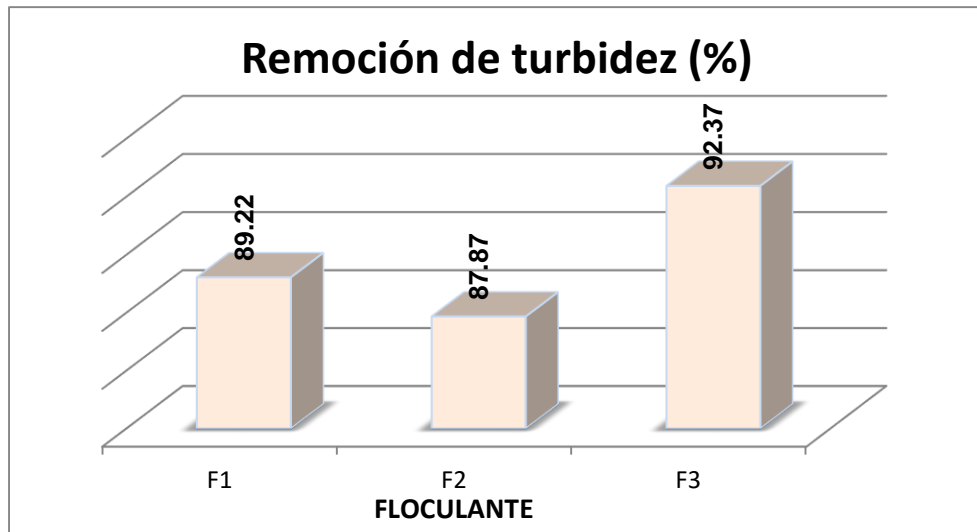


Figura 20 Remoción de turbidez del jugo de caña

Fuente: Elaboración propia

En la figura 21 se muestra la remoción de turbidez expresado en porcentaje, en el cual podemos observar que F3 cuenta con mayor porcentaje de remoción de turbidez con un 92.37%, mientras que F1 sigue presentando un porcentaje moderado con un 89.22%, y F2 su porcentaje de remoción es menor con lo que respecta a los otros dos.

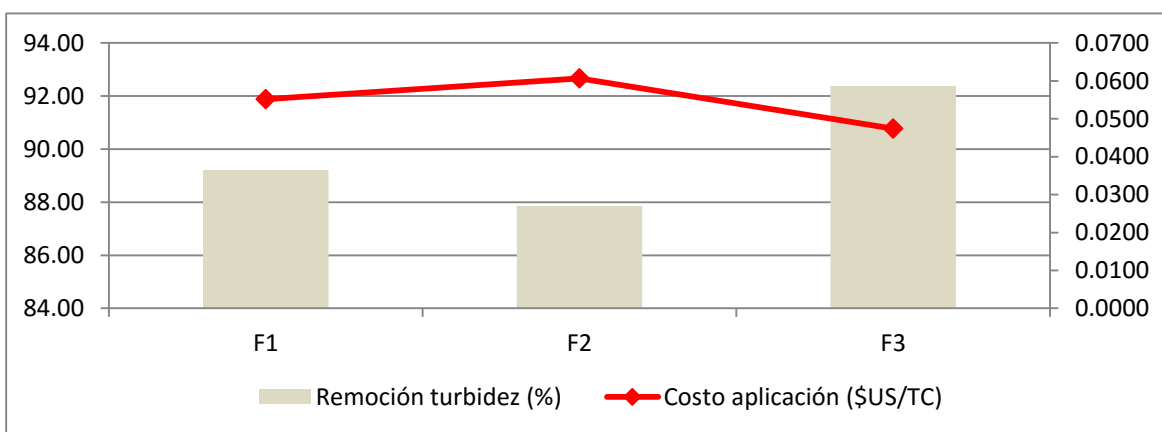


Figura 21 comparaciones de remoción de turbidez vs costo de aplicación por tonelada de jugo de caña

Fuente: elaboración propia

5.1.2. Eficiencia de clarificación de jugo

Tabla 16 utilización de los floculantes

EFICIENCIA DE CLARIFICACIÓN					
Floculante	Periodo	Caña Ton	Remoción Turbidez, %	Consumo Floculante	
				Kg	ppm
F2	09/11 - 24/11/13	40,823.18	87.870	330	8.084
F3	29/12/13-08/11/14 y 08/02 al 27/02/15	250,053.89	92.558	1804	7.214
F1	01/12-13/12/14 y 14/12/14-07/02/15	96,211.42	89.017	788	8.190

Fuente: elaboración propia

En la tabla 16 se muestra los periodos de consumo de los floculantes, su remoción de turbidez y su consumo de floculante en Kg y ppm; en la cual se observó que F3 es el más eficiente ya que tiene un mayor porcentaje de remoción de turbidez y un menor consumo de floculante.

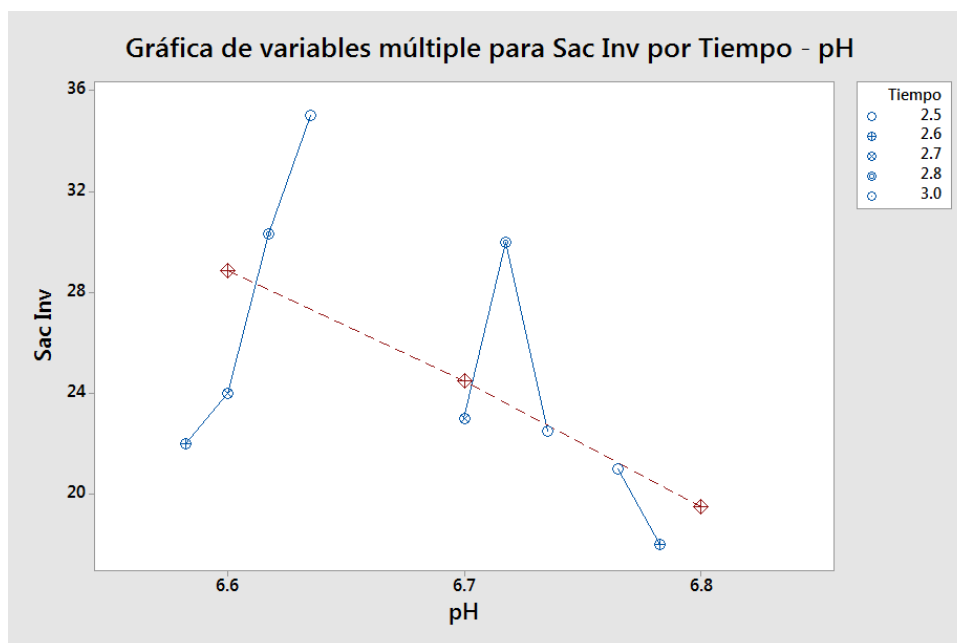


Figura 22: comportamiento del tiempo, sacarosa invertida y pH

Fuente: elaboración propia

En la figura 22 Se muestra la influencia notoria del comportamiento que tiene el pH y el tiempo de residencia en relación a al sacarosa invertida a utilizar. A mayor pH y menor tiempo el porcentaje de sacarosa invertida es mejor

5.1.3. Resultados del diseño de experimentos

$$\text{Sac Inv} = - 22.0 + 16.9 \text{ Tiempo} - 57.6 \text{ pH} + 3.79 \text{ Temperatura}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-21.99	54.06	-0.41	0.693
Tiempo	16.870	2.979	5.66	0.000
pH	-57.604	6.911	-8.33	0.000
Temperatura	3.7854	0.4148	9.13	0.000

S = 1.64743 R-Sq = 94.2% R-Sq(adj) = 92.4%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	439.72	146.57	54.01	0.000
Residual Error	10	27.14	2.71		
Total	13	466.86			

Source	DF	Seq SS
Tiempo	1	131.66

Figura 23: relación de tiempo, pH y temperatura con respecto al R²

Fuente: elaboración propia

Esto nos simboliza que tiene un error aceptable ya que pi medium es cero y el r2 es se próxima a 1, por lo tanto, esto demuestra que existe una relación entre la sacarosa invertida y el tiempo de residencia, pH y temperatura (aunque esta es constante).

5.1.4. ACCIONES JUST DO IT (simplemente hazlo)

5.1.4.1. pH

1. Se instauró un medidor de pH digital para los 3 turnos en el área de trabajo como complemento a la cinta pH
2. Para estabilizar el pH se establecieron muestreos más frecuentes (de 30 min cada uno) y tener mejor control
3. Se coordinó y programó con el área de Instrumentación la calibración periódica del equipo medidor de pH
4. Se establecieron los parámetros de pH y su seguimiento por turnos a través de implementación de registros

5.1.4.2. Temperatura

1. Se estableció el rango de temperatura óptima de operación entre 102 a 105°C en registros del área.
2. Se colocó una alarma en los termómetros de entrada al clarificador cuando la Temperatura no está en el rango
3. Se coordinó y programó con el área de Instrumentación la calibración periódica del termómetro del jugo que ingresa al clarificador

Para un diámetro de 6" y una molienda de 5000 TCD la velocidad de jugo en la salida debería estar en 0.35 m/s sin embargo en el mantenimiento de la parada general se dio principal importancia a la limpieza de las tuberías circulares y accesorios de salida de jugo, encontrándose problemas de reducción de diámetro por incrustaciones.



Figura 24 salida del jugo de la caña

Fuente: elaboración propia

En la foto del lado izquierdo (Figura 24), la válvula se ha quedado pegada por incrustación, dejando una abertura de solo 1" para la salida de jugo clarificado de este compartimiento y en la foto del lado derecho del mismo cuerpo, la reducción es de casi el 50%.

En la foto del lado izquierdo (Figura 24), la válvula se ha quedado pegada por incrustación, dejando una abertura de solo 3" para la salida de jugo clarificado de este compartimiento y en la foto del lado derecho del mismo cuerpo, la reducción es de casi el 30%.

En Operación las válvulas mostradas en las figuras 03 y 04, deben operar 100% abiertas, de manera permanente, lo mismo que de los otros compartimientos, ya que la regulación de salida de jugo se hace en las casetas con las válvulas telescópicas.



Figura 25 salida del tanque

Fuente: elaboración propia

En la Figura 25, se nota las dos salidas principales de jugo (amarillo) hacia las casetas, que están unidas a las tuberías circulares por unas “Ts”, también se encontraron reducidas como se muestra en la Figura 25

En la foto izquierda de la Figura 25, una de éstas tomas “T” tiene una reducción de diámetro del 60%.



Figura 26 salida del jugo antes y después de aplicar la mejora

Fuente: elaboración propia

5.1.5. Tiempo de retención de antes de aplicar la mejora

Clarificación Tradicional

Tabla 17 funcionamiento de antes de la mejora

CLARIFICADOR	Volúmen m ³	Diámetro m	180 m ³ /h
			Tiempo retención (mins)
Dorr	354	12	173
Rapid Dorr	165	10	

En la tabla 16 se observa que actualmente se utiliza el DORR y el RAPID DORR entre lo cual el tiempo de retención en 180 m³/h es de 173 minutos

5.1.6. Tiempo de retención después de aplicar la mejora

Tabla 18: Funcionamiento ya aplicando la mejora

Clarificación tradicional Aplicando Six Sigma

CLARIFICADOR	Volúmen	Diámetro	200 m3/h
	m3	m	Tiempo retención (mins)
Dorr #1	354	12	106

Comparando el proceso de clarificación luego de haber aplicado six sigma, determinamos que solo usaremos el DORR y esta cuenta con un caudal de 200 m3/h, además de ello el tiempo de retención es menor respecto a la tabla 17 Con una diferencia de 67 minutos.

Gráfico de la mejora de los procesos de producción en el área de clarificación de azúcar domestica

Fuente: elaboración propia

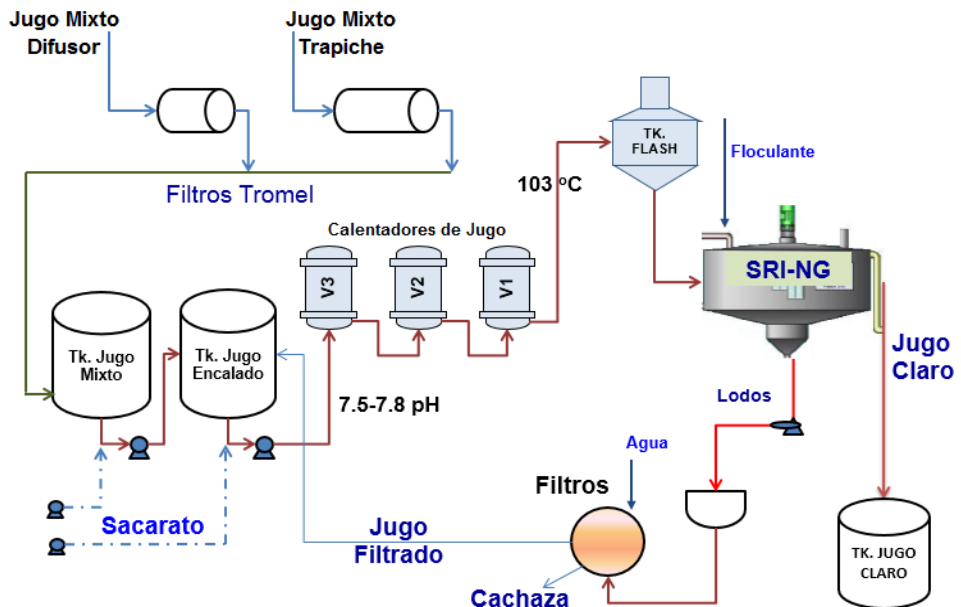


Figura 27 Proceso de clarificación de caña de azúcar

5.2. Fase controlar

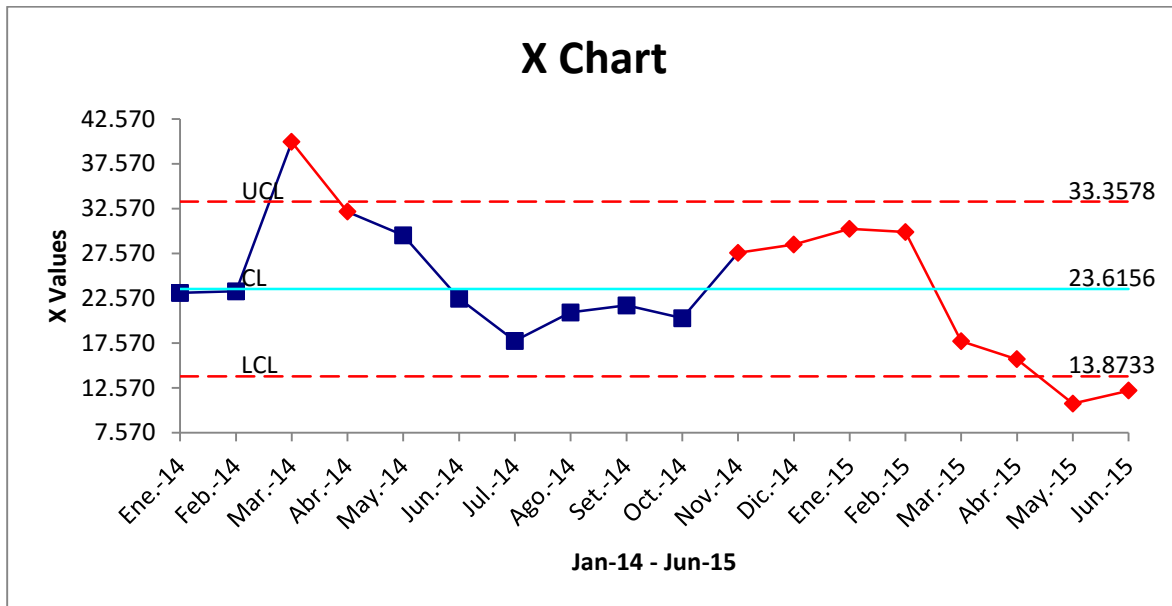


Figura 28. Grafico x de control del porcentaje de sacarosa

Fuente: elaboración propia

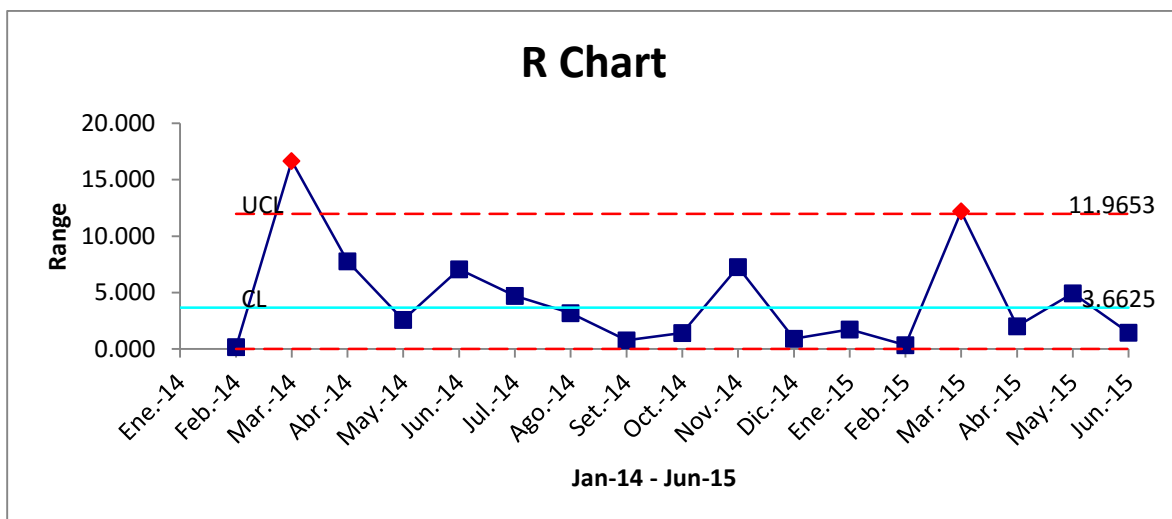


Figura 29 Grafico R de control del porcentaje de sacarosa

Fuente: elaboración propia

El proceso presenta causas especiales de variación, en un número menor, con una alta variabilidad, lo cual encuentra reflejos en bajo nivel sigma

Costo beneficio

Tabla 19: recuperación en el clarificador

CALCULO DE RECUPERACION EN EL CLARIFICADOR	
Tons. de Caña Molido Día	4000
Días molienda mes	25
Utilidad S/ bolsa de azúcar Rubia Dom.	30.00
Pureza J.Mezclado promedio Profloc 6040	84.61
Pureza J.Clarificado promedio Profloc 6040	84.97
Diferencia de Pureza J.Claro a Mezclado Profloc 6040	0.361
Diferencia de Pureza J.Claro a Mezclado BOZEFLOC	0.917
Pureza J.Clarificado BOZEFLOC	85.53
Incremento de Pureza adicional con BOZEFLOC	0.556
%Caña Jugo Clarificado	98.49
Brix Jugo Clarificado promedio 2015	14.57
J. Diluído % caña promedio 2015	98.989
Pureza Azúcar Rubia Doméstica	99.21
Pureza melaza promedio 2015	33.93
Tons. J. Clarificado /día	3939.60
Peso de sacarosa en J. Clarificado Profloc 6040	487.74
Peso de sacarosa en J. Clarificado BOZEFLOC	490.94
INCREMENTO DE RECUPERACION EN ELABORACION	
SJM a Pza J.Clarificado Profloc 6040	0.910
SJM a Pza J.Clarificado BOZEFLOC	0.917
Sacarosa recuperable a Pza J.Clarificado Profloc 6040	444.00
Sacarosa recuperable a Pza J.Clarificado BOZEFLOC	450.11
TONS. AZUCAR RECUPERADA / DIA - BOZEFLOC	6.11
Bolsas de Azúcar RECUPERADAS / día - BOZEFLOC	122.27
Soles Recuperados / día	3,668.21
TONS. RECUPERADA PRODUCCION / MES - BOZEFLOC	152.84
Bolsas de Azúcar Recuperada mes - BOZEFLOC	3,056.84
Soles Recuperados mes	91,705.29
Meses por año	11.00
TONS. RECUPERADA PRODUCCION / AÑO	1,681.26
Bolsas de Azúcar Recuperada año	33,625.27
Soles Recuperados/ Año	1,008,758.18
TIPO DE CAMBIO	2.81
Dólares Recuperados / Año	358,988.68

incremento de sacarosa en el clarificador actual
 precio de bolsa por azúcar de 50 Kg

50
 2.81

Tabla 20: reducción de mermas ya aplicada la mejora

parámetros	cantidad	unidades
molienda mensual promedio	90000	TCM
Brix Jugo claro	13.29	%
Pza de jugo claro	82.43	%
sacarosa de jugo claro	10.95	%
retención promedio	86.08	%
extracción promedio	93.07	%
Pol de caña promedio	12.2	%
sacarosa mensual promedio	8487.02	Ton pol

Al reducir la sacarosa invertida el promedio de pureza de jugo claro se incrementa los últimos 4 meses

Incremento de pureza de jugo claro clarificado de 0.5 puntos

Tabla 21: Ahorro de la empresa aplicando la mejora

parámetros	cantidad	unidad
pza de jugo claro antes de la mejora	82.43	%
pza jugo claro después de la mejora	82.93	%
Diferencia mensual neta	8.538.50	Ton de sacarosa
diferencia mensual	51.480144	Ton de sacarosa
ganancia mensual	1029.60288	bolsas
ganancia anual	S/. 51,480.14	nuevos soles
	S/ 201,523.70	Dólares

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Con la elaboración del Diagrama de Gantt hemos hecho posible, organizar el tiempo y distribuirlo para desarrollar cada actividad y tarea aplicando la metodología DMAIC.

Se ejecutó las herramientas DMAIC aplicando distintas herramientas propias, por lo que diagnostico que el principal problema fue en el proceso de clarificación.

Después de haber desarrollado la metodología DMAIC se verifico la implementación de dicha metodología realizando un nuevo control, y baja la cantidad de sacarosa invertida, también el tiempo de decantación en el clarificador.

Para estandarizar el proceso de clarificación y controlar el porcentaje de sacarosa invertida hemos obtenido parámetros que nos ayudan a tener el proceso bajo control, dichos parámetros están ligados al establecimiento de límites de control, para una mejor visualización de lo que sucede en el proceso.

Después de la implementación de la mejora en la empresa Agroindustrial Tumán SAA hemos determinado que generara un ingreso adicional de 1029 bolsas de azúcar lo cual representa monetariamente 51,480 nuevos soles por cada mes.

6.2. Recomendaciones

1. Realizar una revisión de manera continua a la tubería de flujo de salida de jugo clarificado ya que se acumula en sus contornos residuos que no permiten fluir de manera óptima el jugo clarificado.
2. Complementar el estudio mediante la comparación de los productos usados con productos de similares características con el objetivo de comprobar la eficiencia, eficacia y economía.
3. Evaluar otro tipo de marcas o de proveedores de cal y floculante que nos permitan encontrar un proceso mucho más óptimo de clarificación.
4. Automatizar los instrumentos de medición, para así tener datos más exactos de proceso.

Referencia Bibliográfica

Abg, a. (2014). Sector azucarero. Obtenido de <http://abg.org.gt/pdfs/diciembre2012/sector%20%20azucar%20diciembre%202012.pdf>

Awojobi, h., awojobi, e., adejumo, d., eniolorunda, o., & olusko, f. (2011). Effects of reducing postpartum re-mating timeperiod on reproductive performance ok the doe. España.

Barrientos, E. (2005). Incidencia de las variables climatologicas (humedad, temperatura) en el deterioro del color del azucar guatemalteco. Guatemala.

Cartagena, J. (14 de mayo de 2010). Obtenido de <http://julius-juliusrac.blogspot.com/2010/06/taxonomia.html>

Centrum. (2010). Seguimiento de cobertura: inversión constante, enfoque en. La libertad.

Ecured. (enero de 2014). Ecured. Obtenido de http://www.ecured.cu/index.php/ca%3%b1a_de_az%3%baca

Gomez, A., & Correa, A. (enero de 2011). Mejoramiento de la recepción en una empresa de colchones utilizando simulación y diseño de experiemntos. Antioquia, colombia.

Hernández, J. (enero de 2014). Diseño de experimentos y su aplicación en la industria. Obtenido de universidad autonoma del estado de idaldo: <http://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/sahagun/n1/e1.html>

Humberto, D. (2008). Analisis de diseño de experiemntos. Mexico: mcgraw-hill interamericana.

Inei. (2015). Instituto nacional de estadisticas e informatica. <Http://www.inei.gob.pe/>.

Informatica, N. (enero de 2015). <Http://www.inei.gob.pe/>.

Kuehl, O. (2011). Diseño de experimentos principios estadísticos de diseño y análisis de investigación. (p. D. Rosales, ed., & m. G. Osuna, trad.) Mexico: copyright0 por international.

Marín, L. (2012). Determinación de las condiciones apropiadas de preparación de un floculante como componente fundamental en el proceso de clarificación de jugo en Riopaila Castilla S.A. planta Riopaila. Pereira.

Ministerio de agricultura. (2013). Principales aspectos de la cadena agropecuaria. Peru. Obtenido de www.minag.gob.pe

Modelo experimental para la detención, A. (2007). Noelia Olmedo Torre. Barcelona.

Montgomery, C. (2004). ,diseño y análisis de experimentos. Mexico: editorial Lumusa S.A.

Pasapera, M. (2013). Mejora de la productividad en Anorsac Azucarera del Norte. Chiclayo.

Raimusa, M. (2008). Metodología para la aplicación de diseño experimental DOE en la industria. San Sebastián.

Rein, (2012). Ingeniería de la caña de azúcar (segunda edición ed.). Alemania: Bartens.

Rpp. (18 de mayo de 2015). Rpp noticias. Obtenido de rpp noticias: http://www.rpp.com.pe/2015-05-18-chiclayo-azucareros-bloquean-via-a-museo-al-cumplir-45-dias-en-huelga-noticia_798393.html

Solano, C. (2011). Aplicación de un programa seis sigma para la mejora. Cuba.

Unc, N. (14 de mayo de 2013). Mejorarán sistemas de control en ingenios azucareros. Obtenido de <http://www.agenciadenoticias.unal.edu.co/ndetalle/article/mejoraran-sistemas-de-control-en-ingenios-azucareros.html>

Anexos

Anexo A evaluación puntaje del diagrama AMEF

AIAG*: Criterio de valoración de la GRAVEDAD 4ª Edición

Efecto	EFEECTO EN EL CLIENTE Severidad del efecto en el producto	Ranking	Efecto	EFEECTO EN EL PROCESO INTERNO Severidad del efecto en el proceso
Falla que afecta los requisitos de seguridad y/o gubernamentales	El modo de falla potencial afecta el funcionamiento y seguridad del vehículo y/o involucra el incumplimiento con la regulación gubernamental sin aviso.	10	Falla que afecta los requisitos de seguridad y/o gubernamentales	Puede poner en peligro al operador (máquina o ensamble) sin aviso.
	El modo de falla potencial afecta el funcionamiento y seguridad del vehículo y/o involucra el incumplimiento con la regulación gubernamental con aviso.	9		Puede poner en peligro al operador (máquina o ensamble) con aviso.
Pérdida o degradación de la función primaria	Pérdida de la función primaria (vehículo inoperable sin afectar su utilización segura)	8	Interrupción mayor	100% del producto corre riesgo de ser desechado. Parada de línea o sector.
	Degradación de la función primaria (vehículo operable pero con reducción en su nivel de performance)	7	Interrupción significativa	Una parte de la producción corre riesgo de ser desechada. Desviación del proceso definido, disminución en la velocidad de la línea o mano de obra agregada.
Pérdida o degradación de la función secundaria	Pérdida de la función secundaria (vehículo operable, pero sin confort ni comodidades)	6	Interrupción moderada	100% de la producción debe ser retrabajada fuera de la línea para su aceptación.
	Degradación de la función secundaria (vehículo operable, pero con confort y comodidades reducidas en su nivel de performance)	5		Una parte de la producción debe ser retrabajada fuera de la línea para su aceptación.
Molestia	Mal aspecto o ruido. Vehículo operable. Defecto detectado por la mayoría de los clientes (> 75%)	4	Interrupción moderada	100% de la producción debe ser retrabajada en el puesto antes de ser procesado.
	Mal aspecto o ruido. Vehículo operable. Defecto detectado por algunos clientes (50%)	3		Una parte de la producción debe ser retrabajada en el puesto antes de ser procesado.
	Mal aspecto o ruido. Vehículo operable. Defecto detectado por la minoría de los clientes (< 25%)	2		Inconveniente leve sobre el proceso, la operación, o al operador.
Ninguno	Ningún efecto discernible	1	Ninguno	Ningún efecto discernible

Anexos A: evaluación de puntaje del diagrama AMEF

AIAG: Criterio para valoración de la OCURRENCIA 4º Edición

Probabilidad de fallar	Ocurrencia de la CAUSA (cant. de incidentes por piezas / vehículos)		Ranking
	Muy alta	PPM mayor o igual a 100.000	
Alta	PPM = 50.000		9
	PPM = 20.000		8
	PPM = 10.000		7
Moderada	PPM = 2.000		6
	PPM = 500		5
	PPM = 100		4
	PPM = 10		3
Baja	PPM = 1		2
	Falla eliminada a través de controles preventivos		1

TABLA SIMPLE PARA DESARROLLAR AMFE

OCURRENCIA		GRAVEDAD		DETECCION		Número de prioridad de riesgo	Puntaje equivalente IPR=1*2*3	Observaciones
Remota	1	Apenas perceptible	1	Alta	1			Aceptable
Baja	2 a 3	Poca importancia	2 a 3	Moderada	2 a 5	Bajo	1 a 50	Actuar
Moderada	4 a 6	Moderadamente grave	4 a 6	Pequeña	6 a 8	Medio	51 a 100	Actuar
Alta	7 a 8	Grave	7 a 8	Muy pequeña	9	Alto	101 a 200	Actuar
Muy alta	9 a 10	Extremadamente grave	9 a 10	Improbable	10	Muy alto	201 a 1000	Actuar

Anexo B densidad de soluciones de sacarosa pura en Kg/m³

Tabla 32.4: Densidad de soluciones de sacarosa pura en kg/m³ (Bubnik et al. 1995)

Contenido de sacarosa w_s en %	Temperatura t en °C								
	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	998	997	992	988	983	978	972	965	958
5	1018	1015	1012	1007	1002	997	991	984	977
10	1038	1035	1031	1027	1022	1016	1010	1004	997
15	1059	1056	1052	1048	1042	1037	1031	1024	1017
20	1081	1078	1074	1069	1064	1058	1052	1045	1038
25	1104	1100	1096	1091	1086	1080	1074	1067	1060
30	1127	1123	1119	1112	1108	1103	1096	1090	1082
35	1151	1147	1143	1138	1132	1126	1120	1113	1106
40	1177	1172	1168	1162	1157	1151	1144	1138	1131
45	1207	1198	1193	1188	1182	1176	1170	1163	1156
50	1230	1225	1220	1215	1209	1203	1196	1189	1182
55	1258	1253	1248	1242	1236	1230	1224	1217	1210
60	1287	1282	1276	1271	1265	1259	1252	1245	1239
62	1299	1293	1288	1282	1276	1270	1264	1257	1250
64	1311	1305	1300	1294	1288	1282	1276	1269	1262
66	1323	1318	1312	1307	1300	1294	1288	1281	1274
68	1335	1330	1324	1319	1312	1306	1300	1293	1287
70	1348	1342	1337	1331	1325	1319	1312	1306	1299
72	1360	1355	1349	1343	1337	1331	1325	1318	1312
74	1373	1368	1362	1356	1350	1344	1337	1331	1325
76	1386	1380	1375	1369	1363	1357	1350	1344	1338
78	1399	1394	1388	1382	1376	1370	1363	1357	1351
80	1412	1407	1401	1395	1389	1383	1377	1370	1364
85	1446	1441	1435	1429	1423	1417	1411	1404	1398
90	1481	1475	1470	1464	1458	1452	1446	1440	1434

Tabla 32.5: Viscosidad dinámica de soluciones de sacarosa pura en mPa · s (Bubnik et al. 1995)

Contenido de sacarosa w_s en %	Temperatura t en °C								
	0	10	20	30	40	50	60	70	80
0	1.76	1.3	1	0.8	0.65	0.55	0.47	0.42	0.37
10	2.22	1.65	1.29	1.04	0.85	0.7	0.6	0.51	0.45
20	3.78	2.64	1.95	1.49	1.18	0.97	0.81	0.68	0.59
30	6.69	4.49	3.19	2.37	1.83	1.47	1.2	1	0.85
40	14.6	9.17	6.17	4.38	3.24	2.49	1.97	1.6	1.32
50	44.7	25.2	15.4	10.1	6.99	5.07	3.81	2.94	2.34
60	236	111	58.5	33.8	21	14	9.66	6.98	5.2
62	365	163	82.4	46	27.8	17.9	12.2	8.63	6.35
64	592	249	120	64.5	37.7	23.7	15.7	10.9	7.87
66	1013	399	182	93.5	52.6	32.1	20.6	14.1	9.93
68	1846	672	289	141	76	44.7	27.9	18.4	12.8
70		1206	482	222	114	64.4	39	25	16.8
72				368	179	96.5	56.1	34.9	22.8
74					296	152	84.1	50.3	32
76						247	131	76.7	45.9
78							221	122	70.5

Anexo C Calculo de mermas en la producción

Fecha	Molienda				Caña		Imbibición		Extracción	
	Ton	Propia	Terceros	TCH	%Fibra	%Pol	%Caña	%Fibra	%Pol C	Reduc.
ene-14	100354.595			173.93	13.85	13.53	32.46	234.35	94.90	95.45
feb-14	60225.855			167.94	13.64	13.10	32.21	236.25	95.56	95.98
mar-14	30888.495	27582.38	3306.115	166.32	13.17	11.90	32.76	248.65	95.87	96.10
abr-14	101108.05	67017.98	34090.07	185.22	12.84	12.34	29.02	225.96	96.08	96.19
may-14	116102.8	64915.8	51187	186.80	13.35	13.00	29.71	222.53	96.20	96.47
jun-14	112241.28	52322.5	59918.78	190.31	13.00	13.21	27.34	210.52	95.89	96.06
jul-14	113015.385	64663.055	48352.33	201.51	12.66	12.70	22.32	176.36	95.90	95.96
ago-14	126591.31	54749.365	71841.945	205.85	13.19	13.09	16.99	128.94	96.13	96.36
sep-14	110411.62	55105.805	55305.815	205.69	12.86	13.01	14.84	115.40	94.91	95.07
oct-14	115884.645	47088.51	68796.135	198.72	13.12	13.29	16.02	122.13	94.28	94.59
nov-14	104600.285	44970.4	59629.885	196.90	13.01	13.68	14.04	107.91	93.89	94.16
dic-14	114777.345	53754.365	61022.98	188.23	12.71	13.77	17.37	136.63	94.09	94.20
ene-15	67329.84	29874.85	37454.99	190.41	13.01	13.86	20.44	157.04	93.32	93.63
feb-15	86752.92	28893.025	57859.895	171.13	12.88	13.22	22.64	175.92	93.56	93.78
mar-15	14764.62	3094.455	11670.165	176.94	10.35	12.84	23.29	137.26	93.31	93.66
abr-15	53144.29	29897.59	23246.71	190.64	13.08	12.48	22.26	170.26	93.33	93.66
may-15	80021.48	53614.3916	26407.0884	192.91	12.70	13.58	21.30	167.72	93.25	93.59
jun-15	74077.96	51854.572	22223.388	194.24	11.96	12.19	22.05	184.36	93.62	93.84
				187.28	12.9099063	13.1025035	23.4303524	175.723661	94.9253478	95.1771658

Continua...

Jugo Abs.	Dilución	Milling Loss (%)	Bagazo			JUGO 1RA PRESION		
Perd. %Fib	%caña		%Pol	%Fibra	%Hum	%Brix	%Pureza	%A.R.
32.71	21.92	4.91	2.35	47.78	49.14	19.39	85.30	0.64
30.46	22.06	4.26	2.08	48.83	48.44	18.62	84.76	0.72
30.13	23.17	3.74	1.84	49.30	48.18	17.23	83.14	0.72
29.08	19.36	3.77	1.85	48.96	48.57	17.67	83.71	0.69
26.78	19.43	3.70	1.82	49.09	48.54	18.28	85.41	0.58
29.60	17.52	4.18	2.04	48.77	48.60	18.50	85.55	0.54
30.37	12.98	4.11	2.02	49.00	48.39	17.94	85.00	0.54
27.13	6.85	3.84	1.88	49.02	48.59	18.36	85.68	0.53
36.19	6.06	5.17	2.53	48.92	47.92	18.18	85.78	0.51
39.49	7.25	5.79	2.81	48.45	48.07	18.56	86.12	0.53
42.71	4.71	6.42	3.00	46.64	49.63	19.08	86.13	0.50
42.15	8.05	6.41	2.97	46.42	49.89	19.26	85.70	0.59
45.84	11.05	7.11	3.26	45.88	50.10	19.49	85.61	0.63
45.02	13.31	6.62	3.04	45.99	50.18	19.38	84.67	0.75
45.98	13.69	6.54	2.98	45.66	50.53	19.12	83.12	0.82
45.99	13.82	6.37	3.03	47.52	48.57	18.94	81.60	0.95
35.5760309	13.8279264	5.10521063	2.43043059	47.9127697	48.9841493	18.6027812	85.0445466	0.61891066

Continua...

JUGO MEZCLADO					JUGO ULTIMA PRESIÓN			Indice	J. Encalado
%Brix	%Pureza	%A.R.	%Caña	%Tierra	%Brix	%Pureza	%Humedad	Ineversion	pH
15.10	83.53	0.67	103.40	0.26	2.80	78.29	69.54	0.36	7.60
14.52	82.70	0.74	104.28	0.26	2.41	76.10	70.47	0.33	7.68
13.27	81.14	0.76	106.03	0.41	2.07	73.12	72.09	0.37	7.63
14.13	81.67	0.73	102.79	0.38	2.24	74.56	71.99	0.32	7.56
14.60	83.54	0.62	102.51	0.33	2.83	76.77	71.04	0.34	7.68
15.08	83.48	0.58	100.68	0.38	3.29	77.48	71.13	0.31	7.61
15.22	82.98	0.57	96.48	0.49	4.28	77.12	71.99	0.26	7.79
16.64	84.01	0.56	90.08	0.58	7.01	78.76	71.19	0.18	7.81
16.62	83.91	0.55	88.56	0.51	6.39	79.79	71.60	0.18	7.63
16.76	84.09	0.58	88.95	0.58	6.11	80.48	71.04	0.21	7.70
17.70	84.27	0.55	86.14	0.53	6.82	80.37	70.71	0.18	7.64
17.21	83.74	0.64	89.98	0.50	7.30	80.49	70.80	0.21	7.58
16.82	83.51	0.69	92.08	0.49	5.89	81.17	70.36	0.27	7.59
15.92	82.21	0.80	94.63	0.33	5.77	79.37	71.00	0.30	7.60
15.59	81.35	0.87	94.55	0.33	5.27	73.41	71.06	0.31	7.61
15.29	80.47	0.99	94.73	0.37	5.19	4.75	71.37	0.29	7.49
									7.71
									7.79
15.6804122	83.0756968	0.66108075	96.0756884	0.42401486	4.6973204	77.8199255	71.0665194	0.27518842	7.6485008

Continual...

J. CLARIFICADO				Capacidad		Cálculos de Mermas			
%Brix	%Pureza	%A.R.	Ph	Dorr	Rapid Dorr	D (Kg/m3)	t(min)	T(°C)	%Sac Inver
14.46	85.21	0.59	6.66	354.00	187.28	1006.66	187.97	100.00	0.97
14.33	84.68	0.65	6.70	354.00	165.00	1004.65	186.29	101.00	0.97
13.14	82.75	0.64	6.57	354.00	165.00	996.71	186.61	103.00	1.67
14.07	82.99	0.62	6.57	354.00	165.00	1002.05	168.47	102.00	1.34
14.50	84.68	0.55	6.65	354.00	165.00	1002.14	167.06	103.00	1.23
14.86	84.92	0.51	6.71	354.00	165.00	1005.21	164.48	102.00	0.94
14.65	84.29	0.51	6.79	354.00	165.00	1004.38	155.21	102.00	0.74
16.23	85.19	0.51	6.81	354.00	165.00	1007.47	152.40	104.00	0.88
16.36	85.18	0.52	6.60	354.00	165.00	1014.40	153.57	100.00	0.91
16.76	85.53	0.54	6.64	354.00	165.00	1016.07	159.22	100.00	0.85
17.20	85.32	0.52	6.61	354.00	165.00	1014.77	160.49	102.00	1.15
16.70	84.52	0.59	6.57	354.00	165.00	1014.27	167.80	101.00	1.19
16.31	85.24	0.60	6.58	354.00	165.00	1011.13	165.36	102.00	1.26
15.77	83.93	0.69	6.59	354.00	165.00	1010.46	183.86	101.00	1.25
15.10	82.58	0.74	6.68	354.00	165.00	1006.19	177.08	102.00	1.09
15.23	81.86	0.82	6.70	354.00	165.00	1006.73	164.44	102.00	0.96
15.36	82.36	0.78	6.81	354.00	165.00	1008.81	162.84	101.00	0.66
15.28	82.43	0.81	6.85	354.00	165.00	1005.30	161.17	103.00	0.75
15.3622297	84.4669292	0.58563168	6.64756406	354	166.238024	1007.77032	169.058139	101.6875	1.09

Anexo D: Utilización de los distintos floculantes

FECHA	Molienda	TCH	%Remoción	J. Mezclado	J. Claro	%Pol	Floculante
	Ton/día	Trapiche	Turbidez	%Pza	%Pza	Cachaza	
29/10/2014	4,048.89	218.64	89.639	85.654	86.395	4.766	Bozefloc
30/10/2014	3,898.76	218.29	90.851	83.493	85.437	4.657	Bozefloc
31/10/2014	3,773.58	207.15	93.383	83.826	84.280	4.405	Bozefloc
01/11/2014	3,866.17	69.05	95.665	84.830	84.162	7.346	Bozefloc
02/11/2014	3,996.52	229.70	88.675	84.756	85.055	4.314	Bozefloc
03/11/2014	4,216.72	184.93	88.876	84.143	84.322	4.362	Bozefloc
04/11/2014	3,843.04	226.11	94.532	83.155	84.263	4.653	Bozefloc
05/11/2014	4,187.09	222.80	86.553	80.512	83.509	3.911	Bozefloc
06/11/2014	0.00	212.01	90.788	83.949	84.939	4.683	Bozefloc
07/11/2014	924.06	218.41	84.674	86.415	87.678	5.315	Bozefloc
08/11/2014	3,869.50	241.78	89.240	86.274	87.566	5.165	Bozefloc
09/11/2014	4,239.44	237.60	84.833	85.575	86.272	2.478	Lipesa 1558
10/11/2014	3,978.76	98.00	88.229	84.467	86.941	4.861	Lipesa 1558
11/11/2014	3,296.58	223.82	92.133	86.558	86.501	5.665	Lipesa 1558
12/11/2014	3,011.63	218.37	89.859	85.725	84.904	4.163	Lipesa 1558
13/11/2014	3,917.11	241.33	87.751	84.739	84.736	3.970	Lipesa 1558
14/11/2014	3,831.30	243.73	86.324	84.175	83.740	5.314	Lipesa 1558
15/11/2014	3,015.26	213.70	88.718	81.647	84.754	4.062	Lipesa 1558
16/11/2014	4,496.26	209.64	89.648	84.879	85.957	2.487	Lipesa 1558
17/11/2014	4,367.57	199.63	86.895	85.146	85.094	2.910	Lipesa 1558
18/11/2014	4,296.62	208.12	84.969	83.486	83.588	3.197	Lipesa 1558
19/11/2014	4,375.64	201.56	90.920	81.300	84.018	4.041	Lipesa 1558

20/11/2014	3,598.15	210.79	91.986	85.879	85.400	4.141	Lipesa 1558
21/11/2014	4,063.63	212.71	89.759	85.387	85.558	4.336	Lipesa 1558
22/11/2014	3,939.21	219.97	87.584	85.854	86.189	4.473	Lipesa 1558
23/11/2014	3,662.14	202.24	87.856	82.744	84.648	5.195	Lipesa 1558
24/11/2014	4,311.69		92.088	82.736	84.296	4.110	Lipesa 1558
25/11/2014	4,187.28		83.106	83.455	83.827	4.880	Profloc 6040
26/11/2014	4,646.58		88.435	79.582	81.503	5.933	Profloc 6040
27/11/2014	4,086.07		93.420	83.111	83.373	4.557	Profloc 6040
28/11/2014	2,832.17		89.022	84.505	84.344	4.111	Profloc 6040
29/11/2014	0.00		90.074	84.079	84.570	4.727	Profloc 6040
30/11/2014	0.00		92.520	84.489	85.193	5.603	Profloc 6040
01/12/2014	0.00		90.233	83.992	84.714	4.829	Profloc 6040
02/12/2014	4,734.10		87.999	82.413	82.574	6.319	Profloc 6040
03/12/2014	4,515.85		91.701	82.077	83.497	6.466	Profloc 6040
04/12/2014	3,311.81		92.191	83.784	85.379	4.473	Profloc 6040
05/12/2014	4,217.72		87.202	85.220	86.657	4.369	Profloc 6040
06/12/2014	3,811.29		90.407	86.724	86.239	4.871	Profloc 6040
07/12/2014	4,480.32		90.424	85.483	86.815	4.044	Profloc 6040
08/12/2014	4,402.99		90.120	85.923	87.293	4.992	Lipesa 1558
09/12/2014	3,400.70		92.469	87.035	87.285	4.910	Lipesa 1558
10/12/2014	4,255.36		91.267	87.071	87.828	4.931	Lipesa 1558
11/12/2014	3,394.19		93.609	86.722	86.250	4.968	Lipesa 1558
12/12/2014	4,260.51		88.903	86.429	85.965	4.438	Lipesa 1558
13/12/2014	4,186.70		79.391	86.497	84.858	3.246	Lipesa 1558
14/12/2014	3,680.94		86.009	86.097	86.728	5.912	Lipesa 1558
15/12/2014	3,930.98		88.505	85.961	86.470	4.891	Lipesa 1558

16/12/2014	3,457.49		88.679	84.182	86.898	5.420	Lipesa 1558
17/12/2014	3,743.04		87.292	86.041	86.729	4.622	Lipesa 1558
18/12/2014	3,545.89		89.621	85.751	86.751	5.243	Lipesa 1558
19/12/2014	0.00		85.329	85.305	85.444	4.220	Lipesa 1558
20/12/2014	1,560.00		90.916	83.088	83.029	4.454	Lipesa 1558
21/12/2014	3,360.30		88.360	85.778	85.915	5.033	Lipesa 1558
22/12/2014	3,411.35		87.046	86.117	85.875	4.938	Lipesa 1558
23/12/2014	3,968.03		90.815	84.934	84.659	5.869	Lipesa 1558
24/12/2014	2,487.36		88.796	85.669	86.190	4.459	Lipesa 1558
25/12/2014	2,911.94		89.785	86.418	86.090	2.932	Lipesa 1558
01/01/2015	3,290.13		86.504	86.079	85.427	3.301	Lipesa 1558
02/01/2015	4,146.24		88.518	85.268	84.951	4.960	Lipesa 1558
03/01/2015	3,490.83		92.119	85.900	86.102	5.714	Lipesa 1558
04/01/2015	3,698.73		91.538	85.625	85.645	4.876	Lipesa 1558
05/01/2015	3,773.27		90.586	85.094	85.553	5.843	Lipesa 1558
06/01/2015	3,305.03		91.902	83.199	84.144	4.492	Lipesa 1558
07/01/2015	3,171.28		86.034	81.964	82.871	3.504	Lipesa 1558
08/01/2015	2,378.90		89.015	83.268	81.800	3.203	Lipesa 1558
09/01/2015	2,762.26		87.637	83.097	83.400	5.667	Lipesa 1558
10/01/2015	4,156.27		89.190	84.714	85.884	4.854	Lipesa 1558
11/01/2015	4,123.59		85.557	84.805	85.455	6.587	Lipesa 1558
12/01/2015	3,756.95		89.486	82.667	84.233	4.491	Lipesa 1558
13/01/2015	2,840.76		88.828	84.747	84.144	4.205	Lipesa 1558
14/01/2015	4,260.51		88.247	84.616	84.325	3.600	Lipesa 1558
15/01/2015	4,186.70		89.534	83.453	84.247	6.460	Lipesa 1558
16/01/2015	3,680.94		93.033	84.465	84.511	5.826	Lipesa 1558
17/01/2015	3,930.98		92.311	83.696	84.352	3.525	Lipesa 1558

18/01/2015	3,457.49		91.154	85.015	85.126	2.976	Lipesa 1558
19/01/2015	3,743.04		88.522	85.875	86.082	2.530	Lipesa 1558
20/01/2015	3,545.89		91.409	85.173	84.242	2.711	Lipesa 1558
21/01/2015	0.00		92.306	83.947	85.268	3.233	Lipesa 1558
22/01/2015	1,560.00		92.327	82.417	83.392	3.233	Lipesa 1558
23/01/2015	3,360.30		92.014	84.255	83.041	2.801	Lipesa 1558
24/01/2015	3,411.35		92.014	80.268	78.384	3.660	Lipesa 1558
25/01/2015	3,968.03		93.197	80.582	81.375	3.872	Lipesa 1558
26/01/2015	2,487.36		94.873	83.254	83.343	3.515	Lipesa 1558
27/01/2015	2,911.94		93.140	82.737	82.284	3.878	Lipesa 1558
28/01/2015	3,290.13		90.377	82.372	82.097	2.143	Lipesa 1558
29/01/2015	4,146.24		92.385	84.350	83.615	3.944	Lipesa 1558
30/01/2015	3,490.83		90.010	83.356	83.067	3.544	Lipesa 1558
31/01/2015	3,698.73		89.288	83.799	83.151	3.522	Lipesa 1558
01/02/2015	3,773.27		87.015	84.207	83.369	4.038	Lipesa 1558
02/02/2015	3,305.03		85.196	85.678	86.102	5.264	Lipesa 1558
03/02/2015	3,171.28		87.955	84.389	85.739	5.933	Lipesa 1558
04/02/2015	2,378.90		83.376	85.545	85.773	3.624	Lipesa 1558
05/02/2015	2,762.26		91.394	84.138	85.237	5.876	Lipesa 1558
06/02/2015	4,156.27		88.901	85.242	85.199	5.119	Lipesa 1558
07/02/2015	4,123.59		87.941	85.453	85.398	4.511	Lipesa 1558
08/02/2015	3,756.95		87.939	85.600	85.592	5.186	Bozefloc
09/02/2015	2,840.76		86.846	83.474	85.884	4.298	Bozefloc
10/02/2015	1,500.68		89.077	84.630	85.526	3.835	Bozefloc
11/02/2015	0.00		92.997	84.347	85.742	3.662	Bozefloc
12/02/2015	794.80		90.545	84.824	85.133	2.831	Bozefloc
13/02/2015	3,216.95		90.409	85.701	85.044	2.512	Bozefloc
14/02/2015	3,825.96		89.614	85.697	85.601	2.820	Bozefloc

15/02/2015	3,733.79		90.804	84.897	84.512	2.988	Bozefloc
16/02/2015	3,756.87		87.540	84.143	84.636	3.660	Bozefloc
17/02/2015	3,582.10		90.659	84.464	86.096	2.936	Bozefloc
18/02/2015	2,900.89		88.042	84.335	84.997	5.266	Bozefloc
19/02/2015	3,772.33		90.838	83.900	84.575	4.229	Bozefloc
20/02/2015	3,526.28		86.378	83.501	84.229	2.264	Bozefloc
21/02/2015	3,890.11		86.710	83.401	84.698	3.954	Bozefloc
22/02/2015	3,310.07		86.870	82.906	84.190	3.536	Bozefloc
23/02/2015	3,673.98		86.172	84.182	85.560	3.781	Bozefloc
24/02/2015	2,834.49		87.514	84.509	85.421	3.922	Bozefloc
25/02/2015	3,014.45		88.207	83.774	84.877	3.790	Bozefloc
26/02/2015	2,587.19		87.790	83.683	84.171	3.071	Bozefloc
27/02/2015	3,068.55		82.255	85.277	86.101	5.103	Bozefloc
28/02/2015	3,495.22		79.251	83.047	84.904	2.862	Lipesa 1558
01/03/2015	3,083.33		77.486	85.008	85.177	3.845	Lipesa 1558
02/03/2015	2,053.87		73.563	84.052	85.212	3.944	Lipesa 1558
03/03/2015	0.00		78.336	84.257	85.655	4.469	Lipesa 1558
04/03/2015	3,671.00		79.207	84.494	84.358	4.780	Lipesa 1558
05/03/2015	3,555.26		84.640	83.405	84.624	4.616	Lipesa 1558
06/03/2015	3,621.88						
07/03/2015	3,359.34						

Anexo E evaluación del porcentaje de remoción de turbidez con respecto al tipo de floculante

ECHA	Molienda					TCH	%Remoción	J. Mezclado	J. Claro	%Pol	Floculante
	Ton/día		05-13 Hrs	13-21 Hrs	22-05 Hrs	Trapiche	Turbidez	%Pza	%Pza	Cachaza	
29/10/2013	4,048.89	1ra C	1ra C	2da B	0	218.64	89.639	85.654	86.395	4.766	Bozefloc
30/10/2013	3,898.76	0	0	0	0	218.29	90.851	83.493	85.437	4.657	Bozefloc
31/10/2013	3,773.58	cono		0	0	207.15	93.383	83.826	84.280	4.405	Bozefloc
01/11/2013	3,866.17	0	0	0	0	69.05	95.665	84.830	84.162	7.346	Bozefloc
02/11/2013	3,996.52	0	0	1ra C	1ra B	229.70	88.675	84.756	85.055	4.314	Bozefloc
03/11/2013	4,216.72	0	0	0		184.93	88.876	84.143	84.322	4.362	Bozefloc
04/11/2013	3,843.04	0	0	0	0	226.11	94.532	83.155	84.263	4.653	Bozefloc
05/11/2013	4,187.09	0	0	0		222.80	86.553	80.512	83.509	3.911	Bozefloc
06/11/2013	0.00	3ra B	2da C	1ra C	1ra C	212.01	90.788	83.949	84.939	4.683	Bozefloc
07/11/2013	924.06	0		2da C	3ra C	218.41	84.674	86.415	87.678	5.315	Bozefloc
08/11/2013	3,869.50	4ta C			0	241.78	89.240	86.274	87.566	5.165	Bozefloc
09/11/2013	4,239.44	0	0	1ra B	0	237.60	84.833	85.575	86.272	2.478	Lipesa 1558
10/11/2013	3,978.76	Cono	Cono	1ra C	1ra C	98.00	88.229	84.467	86.941	4.861	Lipesa 1558
11/11/2013	3,296.58	Con Jugo	3ra B	2da C	1ra C	223.82	92.133	86.558	86.501	5.665	Lipesa 1558
12/11/2013	3,011.63	1ra C	1ra B	2da C	2da C	218.37	89.859	85.725	84.904	4.163	Lipesa 1558
13/11/2013	3,917.11	2da C	1ra C	2da C	2da C	241.33	87.751	84.739	84.736	3.970	Lipesa 1558
14/11/2013	3,831.30	1ra C	4ta C	3ra B	0	243.73	86.324	84.175	83.740	5.314	Lipesa 1558
15/11/2013	3,015.26	0	0	3ra B	2da C	213.70	88.718	81.647	84.754	4.062	Lipesa 1558
16/11/2013	4,496.26	2da C	0	0	0	209.64	89.648	84.879	85.957	2.487	Lipesa 1558
17/11/2013	4,367.57		0		0	199.63	86.895	85.146	85.094	2.910	Lipesa 1558
18/11/2013	4,296.62	0	0		0	208.12	84.969	83.486	83.588	3.197	Lipesa 1558

19/11/2013	4,375.64	0	0		0	201.56	90.920	81.300	84.018	4.041	Lipesa 1558
20/11/2013	3,598.15	0		Cono		210.79	91.986	85.879	85.400	4.141	Lipesa 1558
21/11/2013	4,063.63	0	0	0	0	212.71	89.759	85.387	85.558	4.336	Lipesa 1558
22/11/2013	3,939.21	0	0	1ra B	1ra B	219.97	87.584	85.854	86.189	4.473	Lipesa 1558
23/11/2013	3,662.14	0	0	1ra B	1ra B	202.24	87.856	82.744	84.648	5.195	Lipesa 1558
24/11/2013	4,311.69	0		2da C	2da C		92.088	82.736	84.296	4.110	Lipesa 1558
01/12/2013	4,187.28	1ra B	0	2da C	3ra C		83.106	83.455	83.827	4.880	Profloc 6040
02/12/2013	4,646.58	1ra B		0	3ra B		88.435	79.582	81.503	5.933	Profloc 6040
03/12/2013	4,086.07		1ra B	3ra C	3ra C		93.420	83.111	83.373	4.557	Profloc 6040
04/12/2013	2,832.17	2da B	0	0	0		89.022	84.505	84.344	4.111	Profloc 6040
05/12/2013	0.00	0	0	2da C	2da C		90.074	84.079	84.570	4.727	Profloc 6040
06/12/2013	0.00	4ta C	2da C	2da C	3ra C		92.520	84.489	85.193	5.603	Profloc 6040
07/12/2013	0.00	1ra B	1ra C	Lleno	Lleno		90.233	83.992	84.714	4.829	Profloc 6040
08/12/2013	4,734.10	3ra C	Lleno		3ra C		87.999	82.413	82.574	6.319	Profloc 6040
09/12/2013	4,515.85	3ra C	Lleno	Lleno	Lleno		91.701	82.077	83.497	6.466	Profloc 6040
10/12/2013	3,311.81	Lleno	2da C	Cono	0		92.191	83.784	85.379	4.473	Profloc 6040
11/12/2013	4,217.72						87.202	85.220	86.657	4.369	Profloc 6040
12/12/2013	3,811.29						90.407	86.724	86.239	4.871	Profloc 6040
13/12/2013	4,480.32						90.424	85.483	86.815	4.044	Profloc 6040
14/12/2013	4,402.99						90.120	85.923	87.293	4.992	Lipesa 1558
15/12/2013	3,400.70						92.469	87.035	87.285	4.910	Lipesa 1558
16/12/2013	4,255.36						91.267	87.071	87.828	4.931	Lipesa 1558
17/12/2013	3,394.19						93.609	86.722	86.250	4.968	Lipesa 1558
18/12/2013	4,260.51						88.903	86.429	85.965	4.438	Lipesa 1558
19/12/2013	4,186.70						79.391	86.497	84.858	3.246	Lipesa 1558
20/12/2013	3,680.94						86.009	86.097	86.728	5.912	Lipesa 1558
21/12/2013	3,930.98						88.505	85.961	86.470	4.891	Lipesa 1558
22/12/2013	3,457.49						88.679	84.182	86.898	5.420	Lipesa 1558

23/12/2013	3,743.04						87.292	86.041	86.729	4.622	Lipesa 1558
24/12/2013	3,545.89						89.621	85.751	86.751	5.243	Lipesa 1558
25/12/2013	0.00						85.329	85.305	85.444	4.220	Lipesa 1558
26/12/2013	1,560.00						90.916	83.088	83.029	4.454	Lipesa 1558
27/12/2013	3,360.30						88.360	85.778	85.915	5.033	Lipesa 1558
28/12/2013	3,411.35						87.046	86.117	85.875	4.938	Lipesa 1558
29/12/2013	3,968.03						90.815	84.934	84.659	5.869	Lipesa 1558
30/12/2013	2,487.36						88.796	85.669	86.190	4.459	Lipesa 1558
31/12/2013	2,911.94						89.785	86.418	86.090	2.932	Lipesa 1558
01/01/2014	3,290.13						86.504	86.079	85.427	3.301	Lipesa 1558
02/01/2014	4,146.24						88.518	85.268	84.951	4.960	Lipesa 1558
03/01/2014	3,490.83						92.119	85.900	86.102	5.714	Lipesa 1558
04/01/2014	3,698.73						91.538	85.625	85.645	4.876	Lipesa 1558
05/01/2014	3,773.27						90.586	85.094	85.553	5.843	Lipesa 1558
06/01/2014	3,305.03						91.902	83.199	84.144	4.492	Lipesa 1558
07/01/2014	3,171.28						86.034	81.964	82.871	3.504	Lipesa 1558
08/01/2014	2,378.90						89.015	83.268	81.800	3.203	Lipesa 1558
09/01/2014	2,762.26						87.637	83.097	83.400	5.667	Lipesa 1558
10/01/2014	4,156.27						89.190	84.714	85.884	4.854	Lipesa 1558
11/01/2014	4,123.59						85.557	84.805	85.455	6.587	Lipesa 1558
12/01/2014	3,756.95						89.486	82.667	84.233	4.491	Lipesa 1558
13/01/2014	2,840.76						88.828	84.747	84.144	4.205	Lipesa 1558
14/01/2014	4,260.51						88.247	84.616	84.325	3.600	Lipesa 1558
15/01/2014	4,186.70						89.534	83.453	84.247	6.460	Lipesa 1558
16/01/2014	3,680.94						93.033	84.465	84.511	5.826	Lipesa 1558
17/01/2014	3,930.98						92.311	83.696	84.352	3.525	Lipesa 1558
18/01/2014	3,457.49						91.154	85.015	85.126	2.976	Lipesa 1558
19/01/2014	3,743.04						88.522	85.875	86.082	2.530	Lipesa 1558

20/01/2014	3,545.89						91.409	85.173	84.242	2.711	Lipesa 1558
21/01/2014	0.00						92.306	83.947	85.268	3.233	Lipesa 1558
22/01/2014	1,560.00						92.327	82.417	83.392	3.233	Lipesa 1558
23/01/2014	3,360.30						92.014	84.255	83.041	2.801	Lipesa 1558
24/01/2014	3,411.35						92.014	80.268	78.384	3.660	Lipesa 1558
25/01/2014	3,968.03						93.197	80.582	81.375	3.872	Lipesa 1558
26/01/2014	2,487.36						94.873	83.254	83.343	3.515	Lipesa 1558
27/01/2014	2,911.94						93.140	82.737	82.284	3.878	Lipesa 1558
28/01/2014	3,290.13						90.377	82.372	82.097	2.143	Lipesa 1558
29/01/2014	4,146.24						92.385	84.350	83.615	3.944	Lipesa 1558
30/01/2014	3,490.83						90.010	83.356	83.067	3.544	Lipesa 1558
31/01/2014	3,698.73						89.288	83.799	83.151	3.522	Lipesa 1558
01/02/2014	3,773.27						87.015	84.207	83.369	4.038	Lipesa 1558
02/02/2014	3,305.03						85.196	85.678	86.102	5.264	Lipesa 1558
03/02/2014	3,171.28						87.955	84.389	85.739	5.933	Lipesa 1558
04/02/2014	2,378.90						83.376	85.545	85.773	3.624	Lipesa 1558
05/02/2014	2,762.26						91.394	84.138	85.237	5.876	Lipesa 1558
06/02/2014	4,156.27						88.901	85.242	85.199	5.119	Lipesa 1558
07/02/2014	4,123.59						87.941	85.453	85.398	4.511	Lipesa 1558
08/02/2014	3,756.95						87.939	85.600	85.592	5.186	Bozefloc
09/02/2014	2,840.76						86.846	83.474	85.884	4.298	Bozefloc
10/02/2014	1,500.68						89.077	84.630	85.526	3.835	Bozefloc
11/02/2014	0.00						92.997	84.347	85.742	3.662	Bozefloc
12/02/2014	794.80						90.545	84.824	85.133	2.831	Bozefloc
13/02/2014	3,216.95						90.409	85.701	85.044	2.512	Bozefloc
14/02/2014	3,825.96						89.614	85.697	85.601	2.820	Bozefloc
15/02/2014	3,733.79						90.804	84.897	84.512	2.988	Bozefloc
16/02/2014	3,756.87						87.540	84.143	84.636	3.660	Bozefloc

17/02/2014	3,582.10						90.659	84.464	86.096	2.936	Bozefloc
18/02/2014	2,900.89						88.042	84.335	84.997	5.266	Bozefloc
19/02/2014	3,772.33						90.838	83.900	84.575	4.229	Bozefloc
20/02/2014	3,526.28						86.378	83.501	84.229	2.264	Bozefloc
21/02/2014	3,890.11						86.710	83.401	84.698	3.954	Bozefloc
22/02/2014	3,310.07						86.870	82.906	84.190	3.536	Bozefloc
23/02/2014	3,673.98						86.172	84.182	85.560	3.781	Bozefloc
24/02/2014	2,834.49						87.514	84.509	85.421	3.922	Bozefloc
25/02/2014	3,014.45						88.207	83.774	84.877	3.790	Bozefloc
26/02/2014	2,587.19						87.790	83.683	84.171	3.071	Bozefloc
27/02/2014	3,068.55						82.255	85.277	86.101	5.103	Bozefloc
28/02/2014	3,495.22						79.251	83.047	84.904	2.862	Lipesa 1558
01/03/2014	3,083.33						77.486	85.008	85.177	3.845	Lipesa 1558
02/03/2014	2,053.87						73.563	84.052	85.212	3.944	Lipesa 1558
03/03/2014	0.00						78.336	84.257	85.655	4.469	Lipesa 1558
04/03/2014	3,671.00						79.207	84.494	84.358	4.780	Lipesa 1558
05/03/2014	3,555.26						84.640	83.405	84.624	4.616	Lipesa 1558
06/03/2014	3,621.88										
07/03/2014	3,359.34										

Anexo F ficha técnica de profloc



FICHA TÉCNICA

PROFLOC DI

Mezcla de Coagulantes catiónicos

Descripción del Producto

El **PROFLOC DI** es un coagulante de alto desempeño utilizado como decolorante de jugos, meladuras y licores de refinería. Este producto se desarrolló para aumentar la separación normal de sólidos insolubles en el proceso de tamizado del jugo diluido de los molinos, retirando además precursores de color que se generan cuando sean sometidos al proceso de calentamiento para clarificar, además posee la propiedad particular de ayudar a la quelación de Hierro y metales pesados.

El **PROFLOC DI** cumple las normas FDA 173.60, 176.170 y 176.180 para usarse con seguridad en el proceso de decoloración y clarificación de jugos, meladuras y licores de caña.

Especificaciones

Apariencia	Líquido amarillo a ámbar
Sólidos Totales (%)	45 min
pH	2,7 ± 0,5
Densidad 25°C (g/ml)	1,32 ± 0,05

Aplicaciones y Guía de Uso

El **PROFLOC DI** se aplica entre 15 y 20 ppm base jugo diluido, según las especificaciones de color y turbidez en el jugo licor y la meladura.

Este producto puede ser usado en las siguientes partes del proceso de azúcar:

- En la entrada de la bomba de jugo diluido que lo envía al proceso de tamizado de estos jugos (Tromel).
- En la meladura cruda a la salida hacia el proceso de clarificación de jugos.
- En el licor antes de entrar al proceso de clarificación de licor.

Manipulación y Almacenamiento

El **PROFLOC DI** no presenta riesgos en su manipulación. Se deben seguir las normas mínimas de seguridad personal aplicadas en cada industria en particular; se recomienda se utilicen elementos de protección para la piel y los ojos. El producto húmedo o en solución acuosa crea condiciones de riesgo de deslizamiento en el piso.

Almacénese en condiciones higiénicas, en empaque original y cerrado a temperaturas no superiores a 40°C.

El **PROFLOC DI** tiene una vida útil de dos (2) años después de fabricado.

Remítase a la Hoja de Seguridad (MSDS) para más detalles.

Presentación

Tambor plástico por 220 kilogramos netos.

PROTÉCNICA INGENIERIA S.A.

Cra 34 13-150 Arroyohondo
Yumbo, Colombia
Tels.: (57) 2 6902628
Fax: (57) 2 6655350, 6651894
www.protecnicaing.com

Las recomendaciones y sugerencias de uso dadas se obtuvieron de datos que consideramos fiables, pero en cualquier caso el usuario debe verificarlas por sí mismo antes de su uso. Ninguna de estas infringe las leyes de propiedad intelectual presentes en patentes vigentes en el campo de aplicación.

PROFLOC DI
Mezcla de Coagulantes catiónicos

1. IDENTIFICACION DEL PRODUCTO Y LA COMPAÑÍA

Descripción Comercial Poliacrilamida catiónica, acuosa
Fabricante PROTECNICA INGENIERIA S.A.
 Carrera 34 No. 13-150 Arroyohondo
 Yumbo - Valle del Cauca
 Colombia
 Teléfono: (57) 2 6647330. Fax: (57) 2 6655350
 www.protecnicaing.com

2. COMPOSICIÓN, INFORMACIÓN SOBRE LOS INGREDIENTES

Descripción	Número CAS	Cantidad
Policloruro de dimetil dialil amonio	Mezcla	N.D.
Policloruro de Aluminio	1327-41-9	N.D.

Identificación de Peligros

Clasificación según la NFPA (Asociación Nacional de Protección contra Incendios)

Salud	1	Leve
Inflamabilidad	0	Insignificante
Reactividad	1	Leve
Peligros especiales	Corrosivo	

3. IDENTIFICACION DE PELIGROS

Peligros para la salud humana

Inhalación	Los vapores pueden causar irritación al sistema respiratorio.
Piel	Puede causar irritación leve.
Contacto con los ojos	Causa irritación leve a moderada.
Ingestión	Causa lesiones moderadas al sistema gastrointestinal, tráquea y garganta.

4. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

Inhalación	Lleve a un lugar con aire fresco. Si hay problemas de respiración, de oxígeno por personal calificado y consulte de inmediato al médico.
Piel	Lave con abundante agua por 15 minutos. Retire y lave la ropa contaminada. Consulte al médico si hay irritación persistente.

Anexos F hoja de seguridad profloc di

Contacto con los ojos	Lave con abundante agua durante 10 a 15 minutos. Consulte al de inmediato al médico y/o al oftalmólogo.
Ingestión	Procure atención médica inmediata. De a beber 3 a 4 vasos de agua o 1 litro de leche, sólo si la persona está consciente; de a beber más líquido si la persona vomita. No induzca al vómito.

5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

Medios de extinción	Agua, niebla de agua, polvo químico seco, espuma, dióxido de carbono.
Medios de extinción inadecuados	
Peligros específicos	La descomposición térmica produce vapores tóxicos. Los recipientes cerrados al ser calentados pueden reventar por incremento de la presión interna.
Protección para bomberos	Aparato de respiración autocontenida, vestimenta protectora total.

6. MEDIDAS CONTRA ESCAPES ACCIDENTALES

Precauciones personales	Evite contacto con los ojos, piel e inhalación de vapores.
Precauciones ambientales	Minimice la contaminación de drenajes, aguas superficiales y subterráneas.
Métodos de limpieza	Transfiera a recipiente rotulado para su eliminación. Residuos pequeños pueden retirarse con agua y solución jabonosa.
Otras informaciones	Alertar a la autoridad regulatoria sobre derrames o descargas sin control sobre cursos de agua.

7. MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Manejo	Use gafas de seguridad antisalpicaduras, guantes de butilo o nitrilo, delantal y bata impermeables, botas de caucho. En lugares donde se desconoce la presencia de vapores usar respirador con filtro.
Almacenamiento	Almacenar en recipiente original cerrado y a la sombra.
Otras informaciones	Por razones de calidad, evite temperaturas elevadas.
Duración de conservación	2 años desde la fecha de fabricación.

8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN PERSONAL

Medidas de ingeniería	Asegure ventilación mecánica si se forman vapores.
Medidas higiénicas	Debe observarse una buena higiene industrial.
Exposición ocupacional	ACGIH, TLV-TWA = 2 mg (Al)/m ³
Equipos de protección personal	Hasta 10 veces el TLV, use mascarilla con pantalla facial y cartuchos para gases ácidos. Para casos emergentes en que el nivel de exposición es desconocido, usar el equipo de respiración autónomo. Advertencia: Los

respiradores de cartuchos no protegen a los trabajadores en atmósferas deficientes de oxígeno.

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Estado físico	Líquido a 25°C
Color	Líquido amarillo transparente
Olor	Leve a acrílico
pH	2.7 ± 0.5
Punto de ebullición	122°C
Punto de inflamación	No aplicable
Descomposición térmica	Mayor a 200 °C
Inflamabilidad	No aplicable
Temperatura de autoencendido	No hay datos disponibles
Propiedades explosivas	Ninguna
Propiedades oxidantes	Ninguna
Densidad	1.32 ± 0.01
Solubilidad en agua	Soluble
Compuestos orgánicos volátiles (VOC)	No volátil a temperatura ambiente

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad	Estable en condiciones normales
Condiciones a evitar	Materiales incompatibles, luz solar, fuentes de calor
Materiales a evitar	Al contacto con agentes alcalinos fuertes (amoníaco y sus soluciones, hidróxido de sodio, hidróxido de potasio, carbonatos e hipocloritos) puede generarse una reacción exotérmica con desprendimiento de vapores tóxicos. Ataca a muchos metales.
Reacciones peligrosas	Ninguna
Productos peligrosos de descomposición	Por calentamiento excesivo se desprenden gases irritantes de ácido clorhídrico. La solución en agua es un medio fuertemente ácido

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Toxicidad aguda	Ecotoxicidad: Algas= 1,75 +/- 0.25 mg/l. Protozoos= 12 mg/l. El producto es una sustancia inorgánica. Si se hidroliza, se forman precipitados de hidróxido de aluminio (pH 5-7), por lo que disminuye el pH de agua. Si existen fosfatos, pueden formarse complejos de fosfatos metálicos.
Dosis letal media (LD50) oral	12700 mg/kg en ratas
Irritación de la piel	En contacto con la piel es considerado un fuerte corrosivo
Irritación ocular	No hay datos disponibles a la fecha
Mutagenicidad	No mutagénico

12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Degradabilidad	Biodegradabilidad: En general los cloruros suelen tener mala biodegradabilidad y permanecer durante años en el medio ambiente. Debido a su carácter hidrofóbico se acumula en las grasas especialmente en los últimos eslabones de la cadena alimenticia.
Concentración letal media (LC 50)	No hay datos disponibles a la fecha
Concentración efectiva media (EC 50)	No hay datos disponibles a la fecha
Concentración sin efectos observables (NOEC)	No hay datos disponibles a la fecha

13. CONSIDERACIONES SOBRE ELIMINACIÓN

Métodos de eliminación Contacte a Protecnic Ingenieria S.A.

14. INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTE

Clasificación de transporte	Clase 8 Grupo III Identificación UN 3264 No debe ser transportado Junto con Alimentos
-----------------------------	--

15. INFORMACIÓN REGULATORIA

Comunicación de peligros según la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) de Estados Unidos	Nº EINECS : 215-477-2 Nº CAS : 1327-41-9
--	---

16. INFORMACIÓN ADICIONAL

Otra información del producto

La información contenida aquí se basa en datos considerados exactos y se ofrece únicamente para información, consideración e investigación. Protecnic Ingeniería S.A. no extiende garantías, no hace representaciones y no asume ninguna responsabilidad en lo relativo a la exactitud, integridad o aptitud de estos datos para cualquier uso del comprador. Los datos de esta Hoja de Seguridad se relacionan únicamente con este producto, y no se relacionan con su uso con cualquier otro material o en cualquier proceso. Todos los productos químicos deben utilizarse únicamente por parte de, o bajo la dirección de, personal técnicamente calificado que esté al tanto de los peligros implicados y de la necesidad de cuidados razonables en el manejo. Las regulaciones sobre comunicación de peligros requieren que los empleados estén capacitados sobre cómo utilizar una Hoja de Seguridad como fuente de información sobre peligros.