



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**APLICACIÓN DE TÉCNICAS LEAN PARA MINIMIZAR LA PÉRDIDA DE
SACAROSA EN EL PROCESO DE FILTRACIÓN DE CACHAZA EN
CENTRAL EL PALMAR S.A.**

Autor:
Salvador Álvarez
C.I. 27.863.245

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**APLICACIÓN DE TÉCNICAS LEAN PARA MINIMIZAR LA PÉRDIDA DE
SACAROSA EN EL PROCESO DE FILTRACIÓN DE CACHAZA EN
CENTRAL EL PALMAR S.A.**

Informe de pasantías presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO INDUSTRIAL

Autor: Salvador Álvarez

C.I. 27.863.245

Tutor(a): Dra. Nelly Niño

C.I. 9.224.592

San Diego, agosto de 2021

ACTA DE APROBACIÓN DEL INFORME DE PASANTÍA



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
COORDINACIÓN DE PASANTÍAS Y TRABAJO DE GRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA

ACTA DE APROBACION DEL INFORME DE PASANTIA O TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Ingeniería para la evaluación del Informe Final de Pasantía o Trabajo de Grado titulado:

"Aplicación de Técnicas Lean para minimizar la pérdida de Sacarosa en el proceso de Filtración de Cachaça en el Central el Palmar S.A"

Realizado por el (la) Br. Salvador Alvarez
C.I. N° 27863245, cursante de la carrera de Ingeniería Industrial, hace constar después de analizar su contenido y oída la exposición oral, considera que reúne los méritos suficientes para su aprobación asignándole la CALIFICACION DEFINITIVA D^{En base} veinte (20) PUNTOS

El Jurado

Yelby Yrao
Tutor académico (coordinador)
Nombre: Yelby Yrao
C. I. 9.224.542.

Juan de Jesus
Jurado (1)
Nombre: Juan de Jesus
C. I. 7096418.

~~Jurado (2)
Nombre:
C. I.~~

Fecha: 08/09/2021

PARA SER LLENADO POR LA COORDINACIÓN DE PASANTIA Y TRABAJO DE GRADO

He recibido Original del Acta de Aprobación para ser colocada en la solvencia Académica

Nombre del Graduando:
C. I.
Fecha:

[Firma]
Coordinación de Pasantía y Trabajo de Grado
SEMESTRE: 2021-1er



CONSTANCIA DE APROBACIÓN PARA LA PRESENTACIÓN PÚBLICA DEL INFORME DE PASANTÍAS

Universidad José Antonio Páez
Decanato de Ingeniería



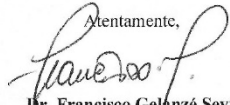
FI-I-001-2021-1CR (IP)

Valencia, 30 de julio de 2021

Ciudadano:
ÁLVAREZ SALVADOR
27.863.245
Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 05-2021 de fecha 28-05-2021 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado *APLICACIÓN DE TÉCNICAS LEAN PARA MINIMIZAR LA PERDIDA DE SACAROSA EN EL PROCESO DE FILTRACIÓN DE CACHAZA EN EL CENTRAL EL PALMAR S.A.* presentado por usted (es) como requisito para optar al título de Ingeniero Industrial.

Se ratifica la designación de la Ing. Nelly Niño C.I: 9.224.592 como Tutora Académica que lo asesorara en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

Dr. Francisco Gelánz Sevilla
Decano



c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

GF/Ba

CONSTANCIA DE ACEPTACIÓN



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
COORDINACIÓN DE PASANTÍAS

APLICACIÓN DE TÉCNICAS LEAN PARA MINIMIZAR LA PERDIDA DE
SACAROSA EN EL PROCESO DE FILTRACIÓN DE CACHAZA EN
CENTRAL EL PALMAR S.A.

CONSTANCIA DE ACEPTACIÓN

Tutor académico: Nelly Niño C.I. 9.244.592

Tutor Empresarial: Rosangel Pérez C.I. 18.952.153



Autor:

Salvador A. Álvarez B.

C.I. 27.863.245

San Diego, agosto de 2021



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Doctora Nelly Niño, portadora de la cédula de identidad N° 9.224.592 en mi carácter de tutor del informe de pasantías presentado por el ciudadano Salvador Álvarez, portador de la cédula de identidad N° 27.863.245, titulado **APLICACIÓN DE TÉCNICAS LEAN PARA MINIMIZAR LA PÉRDIDA DE SACAROSA EN EL PROCESO DE FILTRACIÓN DE CACHAZA EN CENTRAL EL PALMAR S.A.**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Industrial, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, 11 días del mes de agosto de 2021.

Dra. Nelly Niño

C.I: 9.224.592

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a Dios, por permitirme la vida y guiarme con sabiduría a lo largo de ella.

A mis padres Ana y Alfredo, por amarme, enseñarme y apoyarme a lo largo de mi vida, además de, darme la oportunidad de estudiar la carrera que me apasiona.

A mi Nonna, por amarme, motivarme y apoyarme de igual manera y sabiendo que gracias a ella todo esto es posible.

A mi hermana Saraí, ya que, a pesar de todo, siempre está ahí para ayudarme y apoyarme.

A mis familiares, por alentarme siempre a superar los obstáculos y contribuir en mi crecimiento personal.

A mi tutora Nelly Niño y mis profesores, Ana Avendaño y Francisco Gelanzé, por enseñarme no solo en el área de la ingeniería, sino también, en distintas áreas de la vida cotidiana.

A mis amigos Anyello, Isabella, Diego, Domingo, Lilianhert, Tomas y demás compañeros de clases por ser incondicionales.

A mi tutora empresarial Ing. Rosangel Pérez, al igual que al Ing. Richard Rondón e Ing. Dana Ramírez, por dedicarme de su tiempo para asistirme en la elaboración de este trabajo.

Al resto de compañeros y superiores de Central El Palmar, por estar siempre dispuestos a ayudarme en lo que necesitase.

Al Central El Palmar en sí mismo, por brindarme la oportunidad de hacer mis pasantías en él.

Mi infinita gratitud hacia todos ustedes

Álvarez, Salvador

DEDICATORIAS

Le dedico este trabajo de grado primeramente a Dios, puesto que gracias a él puedo lograr lo que me proponga, siendo esta meta una de las más anheladas por mí.

Deseo dedicárselo a mis padres, ya que todos mis logros son de igual manera suyos; por lo que, este tan importante es en honor a ellos.

Además, se lo dedico a mis maestros por formarme durante estos años y permitirme desarrollar las aptitudes necesarias para llevarlo a cabo este proyecto. Al igual que todas las personas que me han brindado de su conocimiento y permitieron que desarrollara este proyecto.

Álvarez, Salvador

ÍNDICE GENERAL

Descripción	pp.
AGRADECIMIENTOS.....	vii
DEDICATORIAS	viii
ÍNDICE DE CUADROS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE GRAFICOS.....	xvi
INDICE DE TABLAS.....	xvii
RESUMEN.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: LA EMPRESA	
1.1 Descripción general de la empresa.....	3
1.2 Reseña histórica.....	5
1.3 Estructura organizacional.....	6
1.4 Descripción del departamento donde se realizan las pasantías	8
1.5 Descripción general del proceso productivo	9
1.6 Productos elaborados.....	11
CAPÍTULO II: EL PROBLEMA	
2.1 Planteamiento del problema.....	13
2.2 Formulación del problema.....	17
2.3. Objetivo general.....	17
2.3.1 Objetivos específicos.....	17
2.4 Justificación de la investigación	17
2.5 Alcance	18
2.6 Limitaciones.....	19

CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes.....	20
3.2 Bases teóricas.....	22
3.2.1 Teorías Asociadas al desarrollo del trabajo investigativo.....	22
3.2.1.1 Enfoque de sistemas.....	23
3.2.1.2 Teoría de control de calidad total.....	23
3.2.2 Definición de procesos.....	23
3.2.2.1 Tipos de procesos.....	24
3.3 Lean Manufacturing.....	24
3.3.1 Teoría de desperdicios	24
3.3.1.1 Tipos de desperdicios	25
3.3.1.2 Control de desperdicios	25
3.3.2 Plan estratégico	25
3.3.2.1 Realización de un plan estratégico	26
3.3.3 Indicadores	26
3.3.3.1 Elaboración de indicadores.....	26
3.4 Técnicas de la filosofía Lean Manufacturing.....	27
3.4.1 PDCA.....	27
3.4.2 Metodología 5S.....	28
3.4.3 Diagrama Causa-Efecto.....	29
3.4.4 Técnica 5 porqués.....	30
3.4.5 Matriz DOFA.....	30
3.5 Definición de Planta Industrial	30
3.5.1 Definición de Agroindustria.....	31
3.6 Definición de Central Azucarero.....	31
3.6.1 Caña de Azúcar.....	31

3.6.2 Molienda de Caña.....	32
3.6.3 Calentamiento del Jugo.....	33
3.6.4 Clarificación del jugo.....	34
3.6.4.1 Equipo necesario para la clarificación del jugo.....	35
3.6.5 Filtración de cachaza.....	36
3.6.5.1 Mezclador de cachaza.....	37
3.6.5.2 Filtro de tambor rotativo al vacío	38
3.7 Aspectos legales.....	40
3.7.1 Constitución de la República Bolivariana de Venezuela.....	40
3.7.2 Ley orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo.....	41
3.7.3 Resolución por la cual se dictan las normas de Buenas Prácticas de Fabricación, Almacenamiento y Transporte de Alimentos para consumo.....	42
3.8 Definición de términos básicos.....	42

CAPÍTULO IV: FASES METODOLÓGICAS

4.1 Tipo de investigación.....	45
4.2 Diseño de la investigación	46
4.3 Nivel de investigación.....	46
4.4 Población y Muestra.....	47
4.4.1 Población	47
4.4.2 Muestra	47
4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	47
4.5.1 Técnicas.....	48
4.5.1.1 Observación directa.....	48
4.5.1.2 Revisión documental.....	48
4.5.2 Instrumentos.....	48

4.6 Técnicas de análisis.....	49
4.6.1 Diagrama de Ishikawa.....	49
4.6.2 PDCA.....	49
4.6.3 Técnica de los 5 “Por qué”	49
4.6.4 Matriz DOFA.....	50
4.7 Fases metodológicas.....	50
4.7.1 Fase I: Diagnóstico del proceso de filtración de cachaza en la empresa Central El Palmar S.A.....	50
4.6.2 Fase II: Análisis de las causas que originan la pérdida de sacarosa en la filtración de cachaza.....	51
4.6.3 Fase III: Diseño de estrategias basadas en la técnica Lean para minimizar la pérdida de sacarosa en la filtración de cachaza en la empresa Central El Palmar S.A.....	51
4.6.3 Fase IV: Evaluar la factibilidad operativa, técnica y económica de las propuestas diseñadas.....	51

CAPÍTULO V: RESULTADOS

5.1 Fase I: Diagnóstico del proceso filtración de cachaza en la empresa Central El Palmar S.A.....	53
5.1.1 Descripción de los aspectos técnicos de los equipos principales en la filtración de cachaza.....	53
5.1.1.1 Aspectos operacionales del filtro según el manual guía de la empresa.....	57
5.1.2 Descripción del proceso de determinación de la Pol en la cachaza	58
5.1.3 Resultados de la lista de chequeo de parámetros operacionales de filtración de cachaza.....	60
5.1.4 Revisión de las causas que generan las no conformidades de los parámetros operacionales de filtración.....	61

5.1.5	Identificación de las condiciones de trabajo que afectan el procedimiento de filtración de cachaza.....	63
5.1.6	Revisión documental de la pérdida de sacarosa y el incumplimiento de metas durante la filtración.....	65
5.1.7	Resumen de debilidades encontradas en el proceso de filtración de cachaza.....	69
5.2	Fase II: Análisis de las causas que originan la pérdida de sacarosa en la filtración de cachaza.....	69
5.2.1	Planteamiento de la problemática y medición de la misma.....	70
5.2.2	Análisis de causas de la problemática.....	71
5.2.2.1	Diagrama Causa-Efecto.....	71
5.2.3	Establecer las causas raíces con la metodología 5 porqués.....	72
5.2.4	Identificación de las estrategias de acción necesarias en la solución de la problemática evaluada, utilizando la matriz DOFA.....	74
5.3	Fase III: Diseño de estrategias basadas en la técnica Lean para minimizar la pérdida de sacarosa en la filtración de cachaza en la empresa Central El Palmar S.A.....	76
5.3.1	Propuesta 1: Reemplazo de los equipos auxiliares deficientes del proceso (aspersores y raspadores)	77
5.3.1.1	Reemplazo de los aspersores.....	77
5.3.1.2	Reemplazo de los raspadores.....	80
5.3.2	Propuesta 2: Diseño de metodología para detección y corrección de fallas en el proceso de extracción de sacarosa de la cachaza.....	80
5.3.3	Propuesta 3: Estrategia de capacitación y formación al personal de fábrica y laboratorio.....	84
5.4	Fase IV: Evaluar la factibilidad operativa, técnica y económica de las propuestas diseñada.....	85
5.4.1	Factibilidad operativa.....	85

5.4.2 Factibilidad Técnica.....	86
5.4.3 Factibilidad económica.....	88
CONCLUSIONES.....	90
RECOMENDACIONES.....	92
REFERENCIAS.....	93
ANEXOS.....	97
ANEXO A. Formato PDCA CEPSA.....	97
ANEXO B. Lista de chequeo de parámetros operacionales de filtración de cachaza.....	98
ANEXO C. Lista de chequeo de las condiciones de trabajo en el proceso de filtración de cachaza.....	99
ANEXO D. Formato PDCA CEPSA aplicado.....	100

ÍNDICE DE CUADROS

Descripción	pp.
Cuadro 1. Resultado de la lista de chequeo de parámetros operacionales de filtración de cachaza.....	60
Cuadro 2. Resultado de la lista de chequeo de las condiciones de trabajo en el proceso de filtración de cachaza.....	63
Cuadro 3. Causas operativas de la alta Pol en la cachaza.....	71
Cuadro 4. Metodología 5 porqués.....	73
Cuadro 5. Matriz DOFA del proceso de filtración de cachaza.....	75
Cuadro 6. Identificación de estrategias a partir de la matriz DOFA.....	76

Cuadro 7. Plan de remplazo de los aspersores.....	79
Cuadro 8. Plan de reemplazo de los raspadores de cachaza.....	80
Cuadro 9. Plan de capacitación al personal.....	84
Cuadro 10. Evaluación de operatividad.....	86
Cuadro 11. Evaluación de herramientas.....	87
Cuadro 12. Costos de adquisición de los aspersores.....	88
Cuadro 13. Costos de adquisición de los Raspadores.....	88
Cuadro 14. Costo total de remplazo de los equipos auxiliares deficientes del proceso.....	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Descripción	pp.
Figura 1. Central El Palmar en sus inicios	6
Figura 2. Organigrama de Central El Palmar S.A.....	7
Figura 3. Organigrama de Operaciones Industriales.....	8
Figura 4. Diagrama General de flujo Central El Palmar S.A.....	11
Figura 5. Recopilación de productos elaborados por CEPESA.....	12
Figura 6. Diagrama Causa-Efecto.....	29
Figura 7. Diagrama de flujo de tren de molinos con imbibición compuesta.....	33
Figura 8. Clarificador Dorr “ATV”	35
Figura 9. Clarificador Rápido SRI.....	36
Figura 10. Diagramas de diferentes tipos de mezcladores de cachaza	38
Figura 11. Ciclo del tambor rotativo al vacío.....	39
Figura 12. Tambor rotativo al vacío en funcionamiento.....	39
Figura 13. Filtro rotativo N°2 Mausá.....	54
Figura 14. Filtro rotativo N°3 Dorr-Olive.....	55

Figura 15. Colectores de jugo del filtro N°2.....	55
Figura 16. Colectores de jugo del filtro N°3.....	55
Figura 17. Bomba de vacío filtro N°2.....	56
Figura 18. Bomba de vacío filtro N°3.....	56
Figura 19. Bombas centrifugas de rebombeo de jugo turbio.....	56
Figura 20. Bombas de agua caliente para los filtros rotativos.....	57
Figura 21. Balón aforado de 200 ml con muestra para determinar su Pol...	58
Figura 22. Recipiente de Octapol ®.....	58
Figura 23. Vaso de precipitado con solución clarificada filtrada.....	59
Figura 24. Tubo refractométrico.....	59
Figura 25. Polarímetro.....	59
Figura 26. Aspersores tapados.....	62
Figura 27. Aspersores ineficientes.....	62
Figura 28. Condición de los raspadores.....	63
Figura 29. Primera sección formato PDCA.....	70
Figura 30. Diagrama Causa-Efecto de la Alta Pol en la cachaza.....	72
Figura 31. Aspersión Plana.....	77
Figura 32. Aspersión cónica hueca.....	78
Figura 33. Aspersor 1/4BX-3.....	79
Figura 34. Diagrama troubleshooting de alta Pol en la cachaza.....	83

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Descripción	pp.
Gráfico 1. Pol promedio diario en la cachaza durante el mes de febrero...	16
Gráfico 2. Pol promedio diario en la cachaza durante el mes de marzo...	66
Gráfico 3. Pol promedio diario en la cachaza durante el mes de abril.....	67

ÍNDICE DE TABLAS

Descripción	pp.
Tabla 1. Control de Pol promedio diario durante el mes de febrero.....	15
Tabla 2. Especificaciones técnicas de los filtros.....	54
Tabla 3. Control de Pol promedio diario de la cachaza durante el mes de marzo.....	65
Tabla 4. Control de Pol promedio diario de la cachaza durante el mes de abril.....	66
Tabla 5. Control de Pol promedio del bagazo diario durante el mes de marzo.....	67
Tabla 6. Control de Pol promedio del bagazo diario durante el mes de abril.....	68
Tabla 7. Requisitos técnicos de los aspersores.....	78
Tabla 8. Tabulador de orígenes para Diagrama Troubleshooting.....	81
Tabla 9. Orden de causas y soluciones de alta Pol en la cachaza.....	82



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**APLICACIÓN DE TÉCNICAS LEAN PARA MINIMIZAR LA PÉRDIDA DE
SACAROSA EN EL PROCESO DE FILTRACIÓN DE CACHAZA EN
CENTRAL EL PALMAR S.A.**

Autor: Álvarez, Salvador

Tutor: Ing. Nelly Niño

Fecha: Agosto, 2021

RESUMEN

El presente informe de pasantías tiene como finalidad proponer mejoras en el proceso de filtrado de cachaza reduciendo así la pérdida de sacarosa en la empresa Central El Palmar S.A., a través de la reducción de desperdicios, basado en la filosofía Lean Manufacturing. En cuanto a nivel metodológico está categorizada como una investigación de campo y documental, bajo el modelo de proyecto factible; destacando la observación directa y revisión documental como las técnicas de recolección de datos utilizada. Durante la investigación, la información recolectada fue analizada a través de métodos como diagrama causa-efecto, metodología de los 5 porqués y una adaptación propia de la empresa del ciclo de Deming, así pudiendo diagnosticar las causas raíces que ocasionan la problemática en la operación. Una vez obtenidas las debilidades del proceso, se realizó la propuesta de remplazo de los equipos defectuosos, implementación de un diagrama solucionador de problemas y capacitaciones al personal relacionado con el proceso de filtración de cachaza; dichas estrategias siendo evaluadas bajo la factibilidad operativa, técnica y económica, dando como resultado la viabilidad del plan de mejora.

Descriptores: Filtros de cachaza, Central azucarero, Lean Manufacturing.

INTRODUCCIÓN

Las empresas que realizan una transformación industrial a productos provenientes del rubro agropecuario, cuyo propósito es la producción en masa de insumos reciben el nombre de agroindustrias.

Central El Palmar es una agroindustria venezolana la cual se dedica a la molienda de caña y respectiva refinación de azúcar, sus productos bajo el nombre Montalbán y Konfit tienen aparición en una gran cantidad de hogares venezolanos. El proceso de molienda genera azúcar crudo, el material base para el azúcar blanco de mesa; a su vez este proceso genera residuos como es el caso de la cachaza, siendo un lodo que deriva del proceso de clarificación, mediante la sedimentación de los sólidos suspendidos en el jugo de caña, y este es utilizado como fertilizante. La cachaza por proceder del proceso de extracción de sacarosa de la caña contiene un porcentaje de la misma en su composición.

La sacarosa que queda retenida en la cachaza es un material que deja de poder ser aprovechado para la elaboración del azúcar crudo. Por lo cual, mantener su valor al mínimo es lo ideal. La manera en la que se reduce el porcentaje de sacarosa en la cachaza es mediante la filtración de la misma. Los filtros mediante aspersion de agua y un sistema de vacío logran recuperar parte de la sacarosa presente en el lodo y esta es reincorporada al proceso. Sin embargo, se apreció una proporción de sacarosa que sobrepasa los límites de control del proceso, por lo cual se evidencia una pérdida de materia prima en el proceso.

Mejorar el proceso de filtración de cachaza, ayudara a mejorar el porcentaje de sacarosa en la misma, reduciendo el desperdicio de sacarosa y pudiendo ser aprovechada para la producción de azúcar. Por tal motivo el presente trabajo tiene como objetivo proponer estrategias para minimizar la pérdida de sacarosa en la filtración de cachaza en la empresa Central El Palmar S.A., aplicando técnicas Lean.

A continuación, se procede a indicar el desarrollo del trabajo bajo el siguiente esquema:

En el capítulo I, se abarcó la descripción de la empresa, la misión, visión, objetivos, valores, reseñas históricas, estructura organizativa, descripción del departamento donde se realiza la pasantía y procesos del producto.

En el capítulo II, se estableció el planteamiento e importancia del problema, los objetivos que se persiguen, justificar el estudio, definir los alcances y límites.

En el capítulo III, se desarrolló la información teórica que ayudará al desarrollo de esta investigación, tomando como base de apoyo los antecedentes, las bases teóricas y las definiciones de los términos básicos.

En el capítulo IV, se especificó la metodología a usar, tipos de investigación, diseño de la investigación, nivel de investigación, población muestra y se desglosaron los objetivos específicos en forma de fases.

En el capítulo V se realizó la evaluación de la problemática presente en la filtración de cachaza, además se efectuó el análisis de las debilidades detectadas, y se plantearon propuestas con la finalidad de disminuir los desperdicios, posteriormente se evaluó la factibilidad de las propuestas realizadas. Finalmente, se presentaron las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

CAPÍTULO I

LA EMPRESA

1.1 Descripción general de la empresa

Empresas PMC (Palmar-Molipasa-Carora) es un conglomerado de Industrias Sucro-Alcoholero Venezolano. Está conformada por cinco empresas ubicadas a lo largo del territorio nacional, las cuales son: Moliendas Papelón S.A. (Molipasa), encargada de la molienda de caña y fabricación de azúcar crudo; Azucarera Carora S.A. (AZUCA), está encargada únicamente del refinado de crudo; Destilería Yaracuy C.A. (CADY), donde se realiza la destilación de alcohol etílico; Central El Palmar S.A. (CEPSA), capaz de realizar molienda y refinado de crudo; y la empresa más reciente en ser formada Montalar de Venezuela S.A., es una empaquetadora donde se envasan productos como Azúcar glas Montalbán, Azúcar 0 calorías Montalbán, Azúcar Endulzante con Estevia Montalbán, además del papelón instantáneo natural, saborizados con limón, limón con hierba buena y limón con jengibre, de igual manera todos bajo el nombre Montalbán. De estas empresas, las pasantías se realizarán en Central El Palmar S.A.

Central El Palmar S.A., (también conocido como CEPSA por su acrónimo) es una planta dirigida a la producción de azúcar, desde la primera etapa de molienda produciendo un azúcar crudo, hasta la refinación de ese crudo para la obtención de azúcar blanca de mesa. Además, dispone de una sección encargada a la fabricación de papelón instantáneo natural que luego es enviado a Montalar de Venezuela S.A., CEPSA se encuentra ubicado en la carretera Nacional la Encrucijada, San Mateo, Estado Aragua. Tiene periodos productivos denominados zafra e interzafra; en la zafra la materia prima es la caña de azúcar proveniente de los estados: Aragua, Carabobo, Cojedes y Yaracuy; y durante la interzafra la materia prima es azúcar crudo.

El mercado que busca satisfacer Central El Palmar S.A., va desde grandes empresas con renombre en el país como Alimentos Polar, C.A., Pepsi-Cola Venezuela, C.A., Coca-Cola FEMSA de Venezuela, S.A., Entre otros. Además, de proveer a mayoristas y cadenas de comercios.

Como valores organizacionales tiene que, su misión es “Inspirados en nuestros valores, entregar a la próxima generación una empresa modelo”. A la vez que su visión es:

“Seremos una empresa competitiva, versátil e innovadora que se construirá en referencia obligada del sector agroindustrial venezolano. La excelencia de nuestra gestión se sustentará en una estrategia orientada al crecimiento, productividad de clase mundial y diversificación en negocios conexos.

La integridad, compromiso y profesionalismo será nuestro principal elemento diferenciador al entregar excelente calidad a nuestros clientes, generando bienestar a nuestros proveedores, trabajadores y accionistas e impactando favorablemente a las comunidades donde nos desenvolvemos”.

Asimismo, los objetivos generales de Central El Palmar S.A., son:

- Consolidar nuestra actividad comercial y prestar un servicio de excelencia a nuestros proveedores de azúcar
- Garantizar una operación ecológicamente sana
- Alcanzar certificación de calidad ISO 9001:2000 e ISO 22000
- Mantener una relación armónica y satisfactoria con nuestro talento humano y las comunidades vecinas
- Continuar plan de inversiones tendente a la modernización y automatización de instalaciones y procesos.

1.2 Reseña histórica de la empresa

Según La existencia de La Hacienda *El Palmar* se remonta al año 1597 donde el Capitán Thómas de Aguirre y Gracelas realizó una composición de tierras en Aragua, con más exactitud en la localidad de San Mateo. Luego de ser heredada en múltiples ocasiones la hacienda pasó a ser parte de Don Juan Liendo, posteriormente pasa a ser propiedad del Capitán Don Luis de Bolívar y Rebolledo debido a un litigio entre este y Don Juan Liendo. Al fallecer la extensión de tierras pasa a pertenecer a su hijo Don Juan de Bolívar y Villegas, y consecutivamente pasa a pertenecer a su hija Petronila de Bolívar y Palacio (Tía directa del Libertador Simón Bolívar y Palacios).

Durante 1734 acontece el matrimonio entre Petronila de Bolívar y Palacio y Don Miguel Jerez de Aristiguieta y Lovera de Otáñez, este último luego del matrimonio pasó a figurar como propietario de la hacienda. En el año 1743 fallece Petronila de Bolívar y Palacio, suscitando a un nuevo matrimonio por parte de Don Miguel Jerez de Aristiguieta y María Josefa Blanco y Herrera; en este nuevo matrimonio se procrearon 14 hijos, entre ellos las nueve musas (Nombre dado por el libertador Simón Bolívar sugiriendo a las nueve musas de la mitología griega). Luego del fallecimiento de la pareja la hacienda pasa a mano de sus hijos los cuales realizaron la venta de la misma a Don Antonio José de Ribas (Hermano del General José Félix Ribas).

Don Antonio José de Ribas cónyuge de María Ignacia Palacios y Blanco apadrinaron a su sobrina Francisca Gregoria Ribas y Palacios; siendo ella la heredera de La Hacienda *El Palmar*, en 1830 se casa con el Alemán Gustavo Julio Vollmer quien representaría desde este momento al Jefe de La Hacienda; desde ese entonces hasta la actualidad *El Palmar* ha permanecido en manos de la Familia Vollmer, los cuales también están a la cabeza de otras empresas importantes como Ron Santa Teresa C.A. y Mercantil Banco Universal.

En 1955 se establece finalmente el central azucarero que ha persistido hasta la actualidad siendo una de las principales empresas dedicadas a la agroindustria en Venezuela.



Figura 1. Central El Palmar en sus inicios
Fuente: Cepsa, s.f.

1.3 Estructura organizativa de la empresa

Central El Palmar por ser una empresa manufacturera su departamento primordial es el de fábrica (conocido internamente así su departamento de producción), a su vez dicho departamento se divide en otros subdepartamentos que hacen posible la producción de azúcar, como el de calderas, el cual se encarga de la producción de vapor que es utilizada para mantener la temperatura en todo el proceso productivo y además alimentar a planta de fuerza para generar energía eléctrica a través del vapor; planta de fuerza como bien se mencionó está dotada de generadores eléctricos que funcionan mediante turbinas de vapor; planta de agua es la encargada de bajar la dureza en el agua cruda y dicha dureza no es más que las ppm (partículas por millón) que contiene el agua; el departamento de mantenimiento, subdividido en mantenimiento mecánico y mantenimiento eléctrico, velan por el óptimo funcionamiento de las maquinarias utilizadas en CEPSA; molinos y refinería son los departamentos donde se lleva a cabo en si la transformación de la materia prima en productos terminados; también se cuenta con empaquetado y almacén de producto terminado; finalmente operaciones industriales es el encargado de llevar la logística en todo el proceso de producción.

Además del departamento de fábrica, cuenta con departamento de recursos humanos y desarrollo organizacional, departamento de informática, finanzas, compras

y ventas; conjuntamente por ser una empresa del rubro agroindustrial se tiene un departamento de Operaciones Agrícolas donde se lleva a cabo la logística del cultivo de caña y la calidad de la misma. Todo está jerarquía evidenciada en el Organigrama de Central El Palmar S.A. (Figura 2).

En cuanto a horarios laborales estos se dividen según la nómina a la que pertenece el trabajador, si este pertenece a la nómina mensual el horario será de oficina desde las 7:30 A.M. Hasta las 4:30 P.M. La nómina diaria consta de 3 horarios y estos van desde las 6:00 A.M. a 2:00 P.M., de 2:00 P.M. a 8:30 P.M., y de 8:30 P.M. a 6:00 A.M., estos turnos son conocidos como turno diurno, turno mixto y turno nocturno; librando un día a la semana. Cada equipo perteneciente a un turno rota cada semana al turno siguiente, cuando ya se ha pasado por los 3 turnos se entra a un turno especial el cual se tiene para cubrir el día que libra cada grupo en la semana, y recibe una bonificación económica adicional. Entre las dos nominas se pueden totalizar aproximadamente 4.900 empleados, además de que Central El Palmar S.A. genera alrededor de 25.000 empleos indirectos.

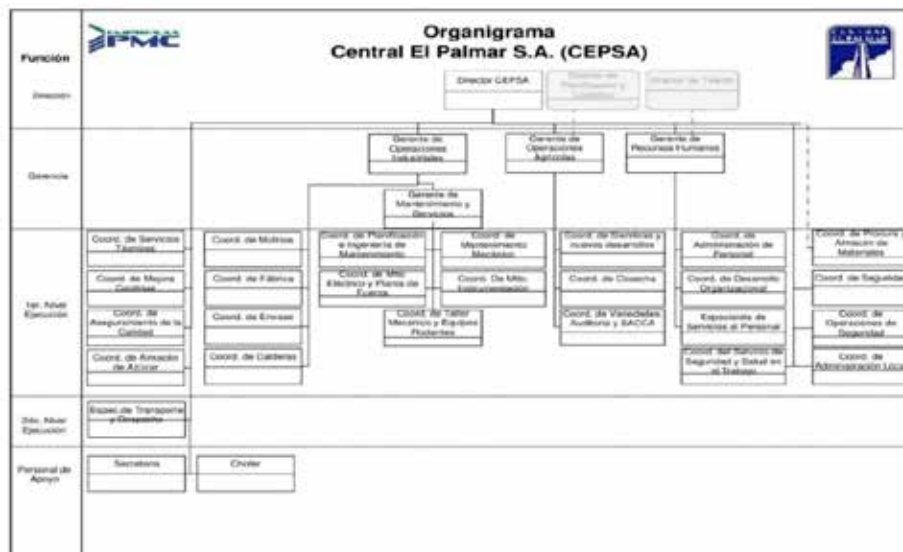


Figura 2. Organigrama de Central El Palmar S.A.

Fuente: CEPSA, 2015

1.4 Descripción del departamento donde se realizan las pasantías

El departamento de operaciones industriales es el encargado directamente de la gestión y mejora de todos los procesos relacionados con la fábrica, en dicho departamento se encuentran los subdepartamentos de coordinación de operaciones, mejora continua, coordinación de calderas, coordinación de molinos, higiene y seguridad industrial.

La fuerza laboral de éste va desde el Gerente de Operaciones, gerencia de servicios industriales, pasando por los Coordinadores de cada operación, Ingenieros de procesos, Asistentes operacionales y supervisores de fábrica; y la jerarquía se puede visualizar en el organigrama de gerencia de operaciones industriales (Figura 3) y siendo un total de 62 personas actualmente.

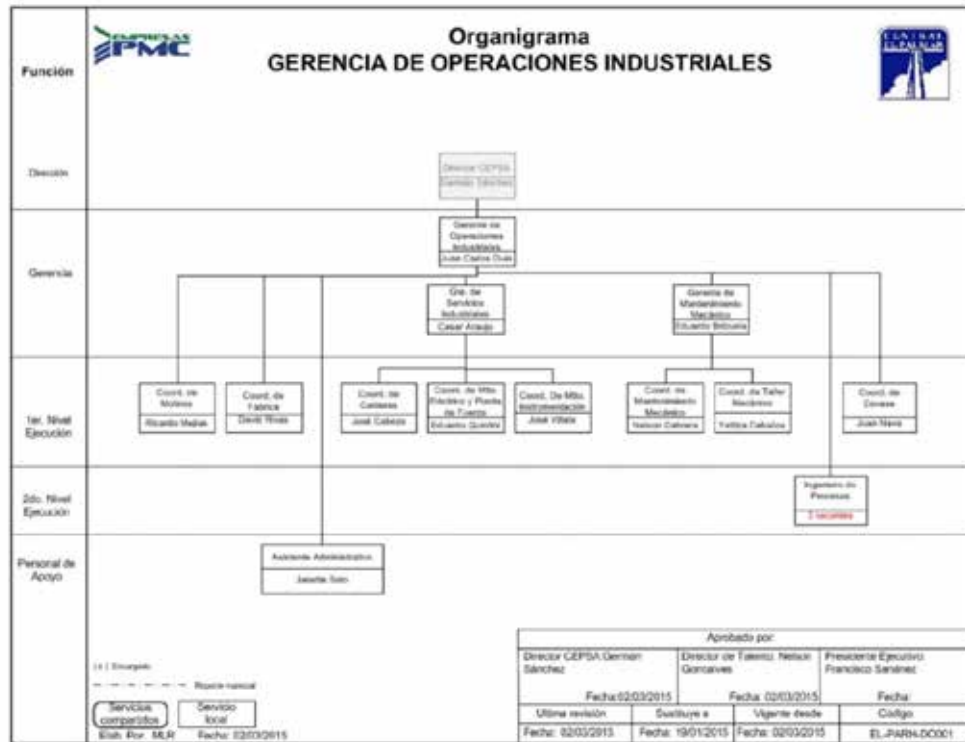


Figura 3. Organigrama de Operaciones Industriales.

Fuente: CEPSA, 2015

1.5 Descripción general del proceso productivo

Central El Palmar S.A., maneja dos procesos productivos principales, la molienda para la elaboración de azúcar crudo y la refinación para la elaboración de azúcar blanco. En la etapa de molienda se da inicio con la recepción de caña, esta caña es evaluada por el laboratorio de recepción donde se calcula su porcentaje de azúcar para así deducir el rendimiento que tendrá la misma, la caña es pesada y procede a ser descargada.

Cuando se tiene un pulmón lo suficientemente abundante se da arranque a los molinos mediante planta de fuerza; la caña ingresa al sistema de molinos donde se le extrae el jugo o *guarapo*, este guarapo ingresa a un sistema de calentadores y es transferido a un tanque conocido como tanque de pre-encalado donde se le adiciona Sacarato de cal para balancear el pH, subsiguientemente a este guarapo es dirigido a un tanque flash cuya función es que rompa en hervor y evapore agua, mientras ocurre este proceso se le añade floculante y al momento de ser transferido al clarificador conocido como tanque grever se le es añadido polímero aniónico de alto peso molecular para decantar todas aquellas impurezas que contiene el jugo de caña, obteniendo así un jugo ámbar transparente que es extraído por desborde del clarificador y en el fondo un lodo que posteriormente es transferido al proceso de filtración de cachaza.

El jugo clarificado es trasladado a un sistema de evaporadores, dividido en tres grupos: primer efecto, segundo efecto y meladores; la función de estos evaporadores es ir reduciendo el jugo y concentrándolo a través de evaporarle agua, la meladura que es extraída del último grupo de evaporadores se lleva a unos tanques de almacenamiento para ser re-bombeado al sistema de tachos cuya función es cocinar la mezcla con vacío para la formación de cristales de azúcar; en el momento que los tacheros consideran que los cristales están suficientemente formados, esta magma es descargada a unos cristalizadores para terminar el proceso de cristalización de los granos, cuando el proceso de cristalización finaliza el magma pasa por unas centrifugas donde se separa el azúcar de primera de afinación (siendo este el azúcar crudo) y la miel de crudo de primera; las mieles son reenviada a los tachos para la formación de

nuevos cristales y repitiendo el proceso se obtiene azúcar de segunda de afino (ésta es diluida con agua caliente para generar la semilla utilizada en las tachadas de primera) y mieles de tercera; el azúcar crudo de primera se traslada a unos almacenes para luego ser introducida al sistema de refinería.

El sistema de refinería tiene inicio en la recepción de azúcar crudo, donde se pasa por una tolva vibradora y se traslada a través de un elevador de cangilones a una tolva de almacenamiento. A través de un sinfín el azúcar crudo es movido de la tolva de almacenamiento a un tanque de disolución en el que se mezcla con agua dulce para así dar inicio al licor disuelto.

El licor disuelto pasa una segunda etapa del tanque donde se le agrega ácido fosfórico, peróxido de hidrogeno (para el blanqueamiento), Sacarato de calcio para balancear el pH y polímero catiónico; el licor con los aditivos anteriormente nombrados se bombea a un clarificador mientras se le dosifica polímero aniónico de bajo peso molecular (el cual funcionará como una red que atrapara impurezas y las hará flotar en la mezcla); en el clarificador unas paletas remueven la capa superior de espuma y por el fondo se extrae el licor clarificado, la espuma es enviada a otro sistema de clarificadores cuya forma de operación es igual, donde es lavada y se le extrae el azúcar que pueda contener esa espuma mediante agua cruda, obteniendo así agua dulce y espuma de desecho; el licor clarificado se almacena en un tanque de retención para ser filtrados por un par de filtros de lecho profundo constituido por rocas que van disminuyendo de tamaño y carbón activado; el licor filtrado se transfiere a otro tanque de retención para ser bombeado a un filtro de arena infusoria conocido como filtro cricket, esta arena fina sirve como último medio filtrante del licor.

El licor luego de esta etapa se almacena en un tanque intermedio para ser dosificado a un sistema de tachos; en los tachos el licor mediante vacío es cocinado y se le adiciona una semilla (la semilla es una mezcla de 2:1 partes de alcohol etílico y azúcar pulverizada, mezclada en un tambor rotativo durante 24 horas) la semilla funciona como núcleo para la formación de granos a de azúcar a través de la cristalización; cuando el grano tiene un tamaño ideal, es descargado a un grupo de

centrifugas donde al igual que en el proceso de azúcar crudo, se obtiene de esta primera tachada, azúcar refinada de primera (también llamada refino especial) con un grado de color muy bajo respondiendo a la norma de calidad de azúcar blanco industrial, a su vez se obtiene la miel de primera que es reenviada a los tachos para generar azúcar de segunda y miel de tercera; y la miel de tercera genera azúcar de tercera y miel de cuarta, la miel de cuarta se aprovecha en el sistema de afinación (fabricación de azúcar crudo); el azúcar de segunda y tercera es mezclada en una proporción que dependerá de la coloración de cada una para obtener azúcar blanca de uso doméstico de segunda.

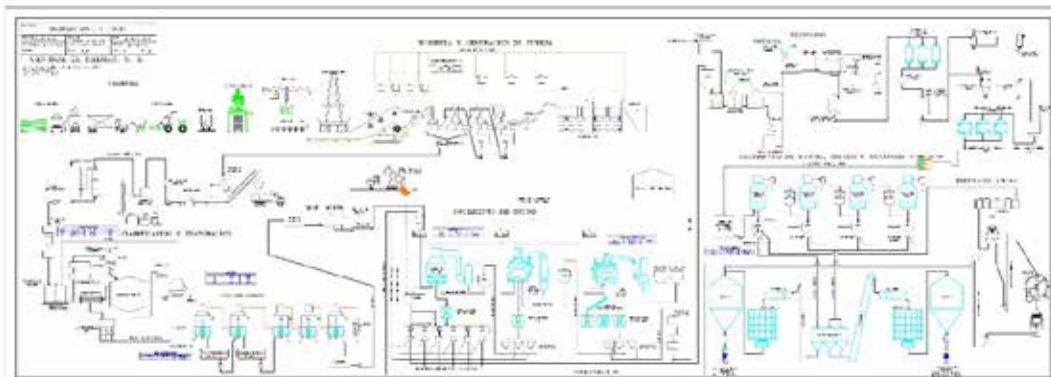


Figura 4. Diagrama General de flujo Central El Palmar S.A.
Fuente: CEPSA, 2014

1.6 Descripción de los productos que elabora

El producto más comercial de la empresa que es el azúcar blanco *Montalbán* (bajo este nombre solo se comercializan el azúcar de primer refino conocida como refino especial) presenta 2 calidades de venta, la primera conocida como blanco industrial, esta empaquetada en sacos de 50 kilogramos y dirigida especialmente a empresas que utilicen azúcar como materia prima para la elaboración de sus productos, por ejemplo panificadoras y refresqueras, en si empresas dirigidas al rubro alimenticio; y la segunda conocida como azúcar refinado blanco doméstico, viene en presentación de fraccionado en bultos con empaques de 2 kilogramos, 1 kilogramo y papeletas de 4

gramos. CEPSA también comercializa azúcar bajo el registro *Konfit*, este azúcar está compuesta por el segundo y tercer refino, sigue siendo azúcar blanca pero no se considera refino especial debido a su mayor grado de coloración; la presentación de Konfit es en bultos de 50 kilogramos y es dirigida a comercializadoras mayoristas y empresas donde su materia prima igualmente sea azúcar, pero sea prescindible la coloración; y bultos con empaques de 1 kilogramo.

Además, en Central El Palmar se dispone de un tacho para la elaboración de papelón natural y saborizados el cual posteriormente se coloca en sacos de doscientos kilogramos y es trasladado a Montalban para su envasado.



Figura 5. Recopilación de productos elaborados por CEPSA
Autor: Álvarez, S. 2021

CAPÍTULO II

EL PROBLEMA

2.1. Planteamiento del problema

El buen control de los materiales e insumos durante un proceso es gran importancia para la acertada detección de algún tipo de desperdicio relacionado directamente con la materia y el sistema productivo; todo inventario perdido, extraviado o mal contabilizado conlleva a una pérdida de dinero para la organización. Además, la buena gestión y control de los materiales garantizan que la operación se esté realizando de manera idónea, mejorando la calidad del producto y por ende le agrega valor.

Existen metodologías para la detección y control de desperdicios, como lo es la metodología Kaizen, la cual deriva del Kanji (uno de los tres sistemas de escritura japoneses) 改 = Kai = Cambio, y 善 = Zen = Bueno, entendiéndose como “cambio a mejor” y su filosofía se basa en realizar acciones simples, pero con gran impacto. Además de la metodología Kaizen existe la metodología Lean Manufacturing, también conocida como manufactura esbelta, la cual tiene una filosofía de mejora continua para reducción de costos en las organizaciones.

La metodología Lean requiere de una serie de técnicas y herramientas que permiten desarrollar estrategias innovadoras que conllevan a dar solución a las problemáticas que pudiesen existir dentro de una organización y además eliminar desperdicios, lo que se traduce en un aumento de la productividad, o sea aumento de eficiencia de la producción por cada recurso empleado.

En CEPSA se realiza el proceso de control de pérdidas a través del departamento de *Aseguramiento de la Calidad*. El control se basa en que el personal de control de pérdidas realiza un recorrido por todo el proceso de producción de azúcar crudo y en el de refinación de crudo por jornada para verificar fugas tanto de material principal,

como de aditivos, además de un recorrido para la recolección de muestras cada hora, en puntos críticos de todo el proceso de producción.

En el *Laboratorio de Proceso* se maneja un formato de control donde se reflejan todos los valores arrojados en la evaluación de cada operación de la producción, en dichos recorridos se evalúan las variables críticas del proceso la cual es definida como cualquier factor implicado en un proceso, que si se encuentra en condiciones anormales por tiempo prolongado puede causar un descontrol en el procedimiento completo, es decir, influye directamente en la producción y calidad del producto obtenido, las variables que se manejan son coloración, pH, Pol y °Brix. De esta manera CEPSA asegura una calidad final por la cual sus productos son distinguidos en el mercado, además de evitar pérdidas de capital en fugas de material azucarado y no azucarado.

Dentro de sus diversos procesos para la producción del azúcar crudo, existe uno llamado *clarificación del jugo*, el cual consiste en crear un floculo para aglomerar el Fosfato de Calcio existente en la mezcla de procesos anteriores y éste poder ser separado mediante decantación, obteniendo así *jugo clarificado* y *lodo*, dicho lodo está constituido por impurezas en el guarapo de caña y debe ser mezclada con bagacillo ya que éste actúa como medio filtrante para así formar una torta al pasar por un sistema de filtrado de tambor rotativo al vacío y poder extraer la sacarosa restante, la mezcla del lodo y el bagacillo es conocido como cachaza.

Sin embargo, a pesar del control realizado por el departamento de aseguramiento de la calidad, en lo que va del periodo de zafra (desde el 11 de enero del 2021) se ha observado pérdidas en los 2 filtros de tambor rotativos por vacío operativos, lo cual sobrepasa los valores estipulados por la empresa, es decir CEPSA utiliza como valor de control Pol < 2,0 (se muestra en la tabla 1 el Pol promedio diario de la cachaza durante el mes de febrero). Las tortas de cachaza se calculan que representan el 3~6% en peso caña molida (en una proporción 2:1 de lodo y bagacillo), con dicho valor por

encima del de control, ya se hace evidente una pérdida de material que podría ser utilizado en la producción.

Tabla 1: Control de Pol promedio diario durante el mes de febrero

	Pol Promedio de Filtro 2	Pol Promedio de Filtro 3
1/2/2021	2,85	Fuera de servicio
2/2/2021	2,39	
3/2/2021	1,94	
4/2/2021	2,52	
5/2/2021	2,92	
6/2/2021	2,18	1,78
7/2/2021	2,44	2,97
8/2/2021	2,60	2,12
9/2/2021	2,11	2,54
10/2/2021	2,46	2,70
11/2/2021	2,91	3,34
12/2/2021	3,12	4,16
13/2/2021	2,74	2,92
14/2/2021	3,30	3,26
15/2/2021	3,28	3,98
16/2/2021	4,04	3,94
17/2/2021	2,37	2,04
18/2/2021	3,62	4,43
19/2/2021	2,01	2,24
20/2/2021	3,28	3,39
21/2/2021	2,54	3,17
22/2/2021	3,53	3,96
23/2/2021	3,53	3,96
24/2/2021	2,78	2,84
25/2/2021	3,96	4,29
26/2/2021	4,27	4,17
27/2/2021	3,14	3,37
28/2/2021	3,69	3,89

Autor: Álvarez, S. 2021

Gráfico 1. Pol promedio diario en la cachaza durante el mes de febrero

Autor: Álvarez, S. 2021

La ecuación que se utiliza para calcular el azúcar que se pudo producir es, porcentaje de cachaza extraído por la cantidad de caña molida, multiplicado por el Pol promedio entre cien, multiplicado por la cantidad de caña molida en el día
(% *cac*

azúcar cruda y posteriormente en azúcar refinada siendo el producto que genera la mayor cantidad de ingresos en la compañía. Por lo cual se debe solventar esta problemática para mejorar así la rentabilidad de la caña.

2.2 Formulación del problema

¿De qué manera se podrán minimizar las pérdidas de sacarosa en el proceso de filtración de cachaza en la empresa Central El Palmar S.A.?

2.3 Objetivo General

Propuesta de Estrategias para minimizar la pérdida de sacarosa en la filtración de cachaza en la empresa Central El Palmar S.A., aplicando técnicas Lean.

2.3.1 Objetivos Específicos

- Diagnosticar el proceso de filtración de cachaza en la empresa Central El Palmar S.A.
- Analizar las causas que originan la pérdida de sacarosa en la filtración de cachaza
- Diseñar estrategias basadas en la técnica Lean para minimizar la pérdida de sacarosa en la filtración de cachaza en la empresa Central El Palmar S.A.
- Evaluar la factibilidad operativa, técnica y económica de la propuesta diseñada

2.4 Justificación de la investigación

La pérdida de sacarosa en la cachaza es una pérdida determinada, pues se sabe que al menos 2% de su composición sigue siendo sacarosa al momento de salir del filtro, a pesar de eso se manejan unos valores de control al momento de realizar el análisis de laboratorio a cada hora, siendo así que, si la cachaza posee un Pol por encima de lo establecido, esta pérdida se convierte en una pérdida económica y productiva no contemplada por la organización. Esto es lo que actualmente está ocurriendo en la empresa Central El Palmar S.A.

Por ello, a través de metodologías de control de desperdicios, como es el caso de la metodología *LEAN Manufacturing* se propone realizar planes de corrección de

dichas pérdidas, elaborando estrategias que conduzcan a su disminución y contribuyendo así al cumplimiento de metas esperadas por la empresa.

Dentro de las ventajas productivas que se esperan de esta propuesta es un aumento en el rendimiento de la caña, traduciéndose en una mayor cantidad de crudo extraído por tonelada de caña molida, conociéndose que el rendimiento promedio de la caña es de 6%, o sea, por cada tonelada de caña molida se obtendrá un 6% del peso como azúcar crudo.

Además, estas ventajas se traducen en beneficios económicos para la empresa, ya que el rendimiento de la caña sería mayor, siendo el rendimiento la proporción de sacarosa que se le puede extraer a la caña, el cual es un método utilizado para el pago de la caña, y esta pérdida genera una discrepancia entre la ratio calculada y el real.

Por otra parte, la elaboración de esta propuesta generará un valor agregado, ya que permitirá mejorar el proceso de control y traerá nuevas técnicas las cuales permitirán solventar nuevas problemáticas en un futuro y aspirará a reducir el tiempo de respuesta entre la detección de una problemática y la solución de la misma.

2.5 Alcances

Este trabajo se llevará a cabo en la planta de CEPSA ubicada en San Mateo, Edo. Aragua, Venezuela. Específicamente en el proceso de filtración de cachaza. De primera mano se establecería un reporte de cómo está la productividad al inicio de este nuevo periodo ya que la productividad en el año anterior se vio seriamente impactada por las medidas que se debieron tomar por la cuarentena establecida luego de que la pandemia del SARS-CoV-2 llegase a Venezuela.

Por lo cual inicialmente se realizará una evaluación de los procesos de reacción, clarificación, filtración del guarapo en la etapa de molienda para producción de azúcar crudo, y así posteriormente idear un plan estratégico a través de la metodología Lean para minimizar la pérdida de sacarosa en la filtración de cachaza, pudiendo así menguar la pérdida de material azucarado, subiendo la rentabilidad del proceso.

2.6 Limitaciones

Una de las principales limitantes de la investigación es la irregularidad con la hora del día en la que inicia el proceso, esto debido a diversos problemas de logística al momento de ser entregada la caña y la necesidad de tener un pulmón (siendo pulmón en nombre que le dan a las reservas para que el proceso pueda ser continuo una vez iniciado) de por lo menos 1000 toneladas de caña para dar inicio a la molienda.

Otra limitante durante la investigación es la duración de la época de zafra, ya que se usualmente esta época no se extiende más allá del mes de abril, y el proceso a estudiar es realizado únicamente durante la época de molienda.

Finalmente, la duración del proceso con respecto la jornada que cumple el investigador en las instalaciones también será una limitación, ya que una vez iniciada la molienda diaria pueden transcurrir hasta 3 horas para dar comienzo al proceso de filtración de cachaza, siendo así que el proceso pueda finalizar en horas de la madrugada.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

Según Arias, F. (2012), “El marco teórico o marco referencial, es el producto de la revisión documental–bibliográfica, y consiste en una recopilación de ideas, posturas de autores, conceptos y definiciones, que sirven de base a la investigación por realizar” (p. 106). De allí que en este capítulo se mostraran los antecedentes que guardan relación con el objetivo de estudio. Además, de base teóricas que serán necesarias para la comprensión de lo que se hará, y unas bases legales las cuales proporcionarán sustento y deben ser acatadas al momento de llevar a cabo la investigación.

3.1 Antecedentes

Arias, F. (2012) define los antecedentes como “... los estudios previos ... relacionados con el problema planteado, es decir, investigaciones realizadas anteriormente y que guardan alguna vinculación con nuestro proyecto, por lo que no deben confundirse con la historia del objeto en cuestión” (p. 106). Por lo cual se puede sintetizar como referencias metodológicas, prácticas y teóricas que complementan y sirven de sustento a un proyecto.

En primer lugar, se presenta a Naddi, S. (2020), “**Plan de mejoras basado en la metodología Lean Manufacturing en la línea de ensamblaje de vitrinas de refrigeración de la empresa Coldemax C.A. en los Guayos**”. Presentado en la Universidad José Antonio Páez en San Diego, estado Carabobo, para optar al título de Ingeniero Industrial; Esta fue una investigación de campo y documental, bajo el modelo de proyecto factible. En dicha investigación se utilizó la metodología de Lean Manufacturing para la disminución de desperdicios en la empresa Coldemax C.A., más en específico, en su línea de ensamblaje de vitrinas refrigerados; en la investigación se detectaron métodos ineficientes en múltiples etapas del proceso como el uso de herramientas inadecuadas, métodos de trabajo ineficaces, carencia de estandarización

de los procesos, escasez de higiene en el área de trabajo y generación de desperdicios. Una vez realizado el estudio se vio la oportunidad de mejora y se generaron propuestas como mejorar las herramientas de trabajo para disminuir tiempos de ejecución, ocio y retrabajos; estandarización de procesos mediante la técnica Kamban y aplicación de técnicas de orden bajo la estructura de las 5S.

El trabajo brinda apoyo al trabajo de investigación presente en cuanto al entendimiento de la aplicación de la metodología Lean al momento de realizar una disminución de desperdicios, además de una ejemplificación del uso de la herramienta diagrama Causa-Efecto.

En segundo lugar, Aquino, E. (2019) “**Propuesta de un plan de mejoras para la disminución de pérdida de harina de soya en el almacén de las empresas Polar planta almacenadora Patanemo**”. Presentado en la Universidad José Antonio Páez en San Diego, estado Carabobo, para optar al título de Ingeniero Industrial; Esta fue una investigación de campo y documental, bajo el modelo de proyecto factible. En el proyecto se dispuso a reducir la pérdida de harina de soya en un almacén de las empresas Polar ubicado en Patanemo, estado Carabobo. En dicha investigación se analizan las pérdidas de materia prima recibida y se estudia la causa de la diferencia en 15% de material recibido respecto el despachado; las posibilidades de mejora en dicha problemática fueron mejoras en el procedimiento de descarga, mejoras en las mangueras de descarga, mejoras en la capacitación del personal; además de un estudio de factibilidad económica respecto la inversión que conllevan las mejoras y una relación Costo-Beneficio para la empresa.

El mencionado trabajo servirá al investigador como guía en cuanto al estudio de factores tanto internos como externos del proceso para la disminución de desperdicios, a su vez que servirá de orientación para la medición y uso de herramientas de la ingeniería industrial para lograr el objetivo.

Por último, se presenta Martínez, D. (2019) “**Propuesta de modernización del filtro rotativo al vacío para mejorar el proceso de filtrado en la Empresa Agroindustrial Pomalca**”. Presentado en la Universidad Pedro Ruiz Gallo en Lambayeque, Perú; para optar al título de Ingeniero Mecánico Electricista; esta fue una investigación de tipo Investigación de Campo, bajo la modalidad de Proyecto Factible. En la investigación mencionada se realizó una modificación del sistema de filtros de tambor rotativo al vacío en la Empresa Agroindustrial Pomalca en Perú para mejorar la filtración de la cachaza y reducir las pérdidas de sacarosa en la misma. Su investigación se enfocó en el estudio de la mecánica de los equipos utilizados en la filtración de cachaza, llegando a la conclusión de que la bomba de vacío se encontraba obsoleta para la operación y este era el causante para la filtración deficiente de la cachaza.

Este trabajo ayuda a asesorar acerca de posibles causas en cuanto la ineficacia en el sistema de filtración del Central El Palmar y potenciales mejoras a nivel mecánico aplicables al trabajo actual, además de una orientación en cuanto a la factibilidad del proyecto a nivel técnico y económico debido a que este antecedente cuenta con dicha factibilidad.

3.2 Bases teóricas

Según Arias, F. (2012), “Las bases teóricas implican un desarrollo amplio de los conceptos y proposiciones que conforman el punto de vista o enfoque adoptado, para sustentar o explicar el problema planteado” (p. 107). Con fin de desarrollar la investigación se deben estudiar los procesos y conceptos involucrados en la misma.

3.2.1 Teorías asociadas al desarrollo de este trabajo investigativo

Según Ibarra, M. (2018) el sustento teórico de una investigación es el conglomerado de teorías que sirven para validar los argumentos que se usan en una investigación para dar soluciones a problemáticas.

3.2.1.1 Enfoque de sistema

Según Bertalanffy, L. (1976) definió la teoría general de sistemas como el estudio interdisciplinario de los sistemas generales. Buscando estudiar los principios aplicables a los sistemas en cualquier nivel en todos los campos investigativos.

Al igual que define sistema como una entidad con límites y con partes conexas e independientes. El enfoque de la misma está orientada a empresas las cuales integran sus sistemas totales, además de enfocarse en la investigación de problemas relacionados con las operaciones y magnitudes, teniendo relación directa con los procesos productivos.

3.2.1.2 Teoría de control de calidad total

También conocida como TQM (por sus siglas en ingles *Total Quality Management*) es una teoría de sistema de gestión mediante la cual una empresa es capaz de satisfacer las necesidades y expectativa de los clientes, de los empleados y de los accionistas, a través de los recursos organizacionales disponibles (personas, materiales, tecnología y sistemas de producción) (Dahlgaard, J., Kristensen, K., & Khanji, G. K., 1997.)

Esta teoría buscó mejorar la definición del control de calidad, ya que en la década de los 20's calidad era simplemente la corrección de un defecto; en la actualidad la certificación de la calidad es cumplir con un valor añadido el cual cumple con los requerimientos del cliente, al mismo tiempo que generar un factor diferenciador.

3.2.2 Definición de Procesos

Según Editorial Definición MX (2015), “Un proceso es una secuencia de pasos dispuesta con algún tipo de lógica que se enfoca en lograr algún resultado específico”.

En sí, los procesos son mecanismos de comportamiento que diseña el hombre para mejorar la productividad de algo, el concepto se emplea en una variedad de contextos tanto en el ámbito jurídico como en el informático, pero el que interesa es el de empresas, el cual es un procedimiento diseñado para realizar servicios al hombre.

3.2.2.1 Tipos de procesos

Las Normas ISO 9001 (en su edición del 2000) establecen que hay 3 tipos de procesos estructurados según su funcionalidad en una organización de bienes o servicios los cuales son:

- Procesos estratégicos: Son todos aquellos que permiten definir y desarrollar estrategias para controlar y alcanzar las metas de la organización.
- Procesos operativos: Son los cuales generan un producto o servicio que es entregado al cliente (aquellos que aportan el valor al cliente).
- Procesos de soporte: corresponden a las actividades necesarias para constatar el correcto funcionamiento de los procesos operativos, o séase aquellos que certifiquen la calidad.

3.3 Lean Manufacturing

Según Lynn, R. (s.f.) “La metodología Lean es una forma de optimizar las personas, los recursos, el esfuerzo y la energía de su organización hacia la creación de valor para el cliente”. Su objetivo principal es la eliminación de actividades que no aporten un valor para obtener un producto de mayor calidad; en síntesis, una disminución de desperdicios a favor de la calidad del producto.

Nacida en Japón bajo el nombre de Lean Manufacturing para lograr que el proceso de fabricación de vehículos fuese más eficiente, su éxito permitió que fuese metodologías esenciales para marcas como Toyota, la cual diseño un sistema propio conocido como Sistema de Producción Toyota o TPS por sus siglas en ingles *Toyota Production System* (Humanes, 2019).

3.3.1 Teoría de desperdicios

Womack, J. & Jones, D. (2003) declaran qué desperdicio (o despilfarro) es “toda aquella actividad humana que absorbe recursos, pero no crea valor”, siendo el valor aquello por lo que el consumidor paga, y este es realmente significativo cuando es expresado en términos de un producto específico que satisface las necesidades del cliente. Ellos aseguran que Taiichi Ohno (1912-1990) quien fue un ejecutivo de Toyota

se refería a los desperdicios como *muda* la cual es una palabra japonesa referente a los despilfarros; Ohno fue el primero en describir los siete tipos de desperdicio.

3.3.1.1 Tipos de desperdicios

Originalmente se identificaron siete desperdicios, pero durante el desarrollo de la metodología Lean se describió un octavo desperdicio el cual resalta la metodología Lean debido a su importancia en los procesos (Asturias Corporación Universitaria, 2018). Los desperdicios son:

- Sobreproducción
- Transporte
- Tiempo de espera
- Procesos inapropiados
- Exceso de inventario o stock
- Defectos (retrabajos, mal hecho a la primera)
- Movimientos innecesarios
- Talento Humano

3.3.1.2 Control de desperdicios

Se entiende como control de desperdicio a la gestión de la brecha entre los recursos previstos y los reales de un proceso productivo, ya sea en la utilización o retribución, de forma en que la repercusión de dicha brecha se percibe de manera negativa.

3.3.2 Plan estratégico

Para Chandler, A. (2003), “la estrategia es la determinación de las metas y objetivos de una empresa a largo plazo, las acciones a emprender y la asignación de recursos necesarios para el logro de dichas metas”, por lo que se puede entender por plan estratégico la formulación, implantación, dirección y evaluación de decisiones interfuncionales que permitan a la organización llevar a cabo sus objetivos, ya sea mediano, largo o corto plazo.

3.3.2.1 Realización de un plan estratégico

Fred, D. (2003) postula en su libro *Conceptos de Administración Estratégica* que la formulación de una estrategia se realiza a través del estudio de la misión de la empresa, seguidamente de la evaluación de factores externos e interno. Luego de tener claros estos factores se plantea la estrategia, escogiendo en primer lugar el tipo de estrategia siendo estas estrategias organizacionales, de negocios o funcionales.

En la etapa de implantación se toman en cuenta los asuntos relacionados con la gerencia, y subsecuentemente se plantean las diversas variables a nivel de mercadotecnia, finanzas y contabilidad que podrían afectar la eficacia de la estrategia implantada. Por lo cual el último paso es la revisión, evaluación y control de la estrategia implantada, buscando cuantificar el desempeño de la misma.

3.3.3 Indicadores

Los indicadores son definidos por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia (2009) como:

“Una expresión cualitativa o cuantitativa observable, que permite describir características, comportamientos o fenómenos de la realidad a través de la evolución de una variable o el establecimiento de una relación entre variables, la que, comparada con períodos anteriores, productos similares o una meta o compromiso, permite evaluar el desempeño y su evolución en el tiempo”.

La función de los indicadores es poder monitorear el cumplimiento de lo que se está evaluando, midiendo el alcance de los objetivos. Los indicadores que miden el cumplimiento de un objetivo específico son conocidos como indicadores de efecto; y los que miden el cumplimiento de un objetivo general son conocidos como indicadores de impacto.

3.3.3.1 Elaboración de un indicador

Para el Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia (2009), el diseño de un indicador debe realizar una identificación del contexto del objeto de análisis. Luego, se debe determinar y especificar el uso del indicador. Conjuntamente, un indicador cuantitativo debe tener definidas las variables para poderse llevar a cabo la formulación del cálculo.

Además de esto, durante la recolección de datos se deben responder interrogantes como: ¿Dónde se producen los datos?, ¿Cómo se captan o recolectan? y ¿Cómo fluyen?; esto a razón de poder realizar un análisis y seguimiento adecuado. Se debe contar con una base de datos para poder medir la evolución del indicador.

3.4 Técnicas de la filosofía Lean Manufacturing

Biot, P. (s. f.) asegura que la filosofía Lean se apoya principalmente en técnicas o herramientas que permiten reducir los desperdicios de cuales se pueden resaltar: Circulo Deming (también conocido como PDCA) y 5S. Además, Gerges, M. (2020), aporta 2 métodos o instrumentos más de las cuales la filosofía Lean se apoya, las cuales son: Diagrama Causa-Efecto (Diagrama de Ishikawa) y 5 porqués.

3.4.1 PDCA

López, P. (2012), explica que, la metodología PDCA también conocido como ciclo de Deming, se basa en un ciclo en 4 etapas para solucionar problemáticas, las cuales son: Planificar, Hacer, Verificar, Actuar (las siglas PDCA se deben al nombre de estas etapas en ingles Plan-Do-Check-Act).

- Plan (planificar): La primera etapa estudia las actividades susceptibles de mejora y se establecen los objetivos a alcanzar, además de, establecer procesos necesarios para obtener los resultados de acuerdo lo esperado.
- Do (hacer): Implementar las actividades planificadas. Si es posible, en una pequeña escala.
- Check (verificar): Una vez implantada la mejora, se deja un periodo de prueba para verificar su correcto funcionamiento. Si la mejora no cumple las expectativas iniciales habrá que modificarla para ajustarla a los objetivos esperados. Se recomienda utilizar indicadores para contrastar el antes y el después del cambio aplicado
- Act (actuar): Modificar los procesos según las conclusiones del paso anterior para alcanzar los objetivos con las especificaciones iniciales, si fuese

necesario aplicar nuevas mejoras, si se han detectado errores en el paso anterior.

3.4.2 5S

Según Salazar, B. (2019), “La metodología de las 5S se creó en Japón con el objetivo de crear condiciones de trabajo que permitan la ejecución de labores de forma organizada, ordenada y limpia”. Se conoce como 5S ya que cada nombre de las etapas que la componen comienza con la letra ese (s). Además, asegura que uno de los objetivos específicos de la metodología 5S es la disminución o eliminación total de los desperdicios en los procesos organizacionales.

Los 5 principios de la metodología son:

- *Seiri* (Clasificar): Consiste en identificar la naturaleza de cada elemento sean herramientas, equipos, útiles o información; al igual que lo realmente necesario de lo innecesario y separarlos debido a esta información.
- *Seiton* (Orden): Se debe disponer de un sitio adecuado para cada elemento que se ha considerado como necesario; disponer de sitios debidamente identificados para ubicar elementos que se emplean con poca frecuencia; utilizar la identificación visual, de tal manera que les permita a las personas ajenas al área realizar una correcta disposición, además de, disminuir los movimientos innecesarios.
- *Seiso* (Limpieza): Demanda integrar la limpieza como parte del trabajo, asumir la limpieza como una actividad de mantenimiento autónomo y rutinario, eliminar la diferencia entre operario de proceso y operario de limpieza y, por último, eliminar las fuentes de contaminación, no solo la suciedad.
- *Seiketsu* (Estandarización): Consiste en aplicar, replicar y mantener lo que se ha venido desarrollando hasta ahora. Más que una actividad es una condición o estado permanente.

- *Shitsuke* (Disciplina): La disciplina es importante debido a que sin ella, la implantación de las cuatro primeras 5S se deteriora rápidamente por lo cual, se requiere establecer una cultura de respeto por los estándares establecidos, y por los logros alcanzados en materia de organización, orden y limpieza; promover el hábito del autocontrol acerca de los principios restantes de la metodología; promover la filosofía de que todo puede hacerse mejor.

3.4.3 Diagrama Causa-Efecto

Progressa Lean (2014) define el diagrama Causa-Efecto como “Una herramienta para el análisis de los problemas que básicamente representa la relación entre un efecto (problema) y todas las posibles causas que lo ocasionan”.

También conocido como diagrama de Ishikawa debido a su creador Kaoru Ishikawa, un experto en la dirección de empresas e investigador de la mejora del control de la calidad, otra forma de llamar a este es *Diagrama de Espina de Pescado* por el aspecto similar al esqueleto de un pez.

El diagrama Causa-Efecto está compuesto por un cuadro el cual contiene una línea principal que dirige las causas al efecto, a su vez esta tiene otras líneas que intersecan de manera oblicua (70°) y cada una de estas refiere a un grupo de causas; cada grupo tiene causas principales; y finalmente, los subgrupos tienen subcausas (ver Figura 6).

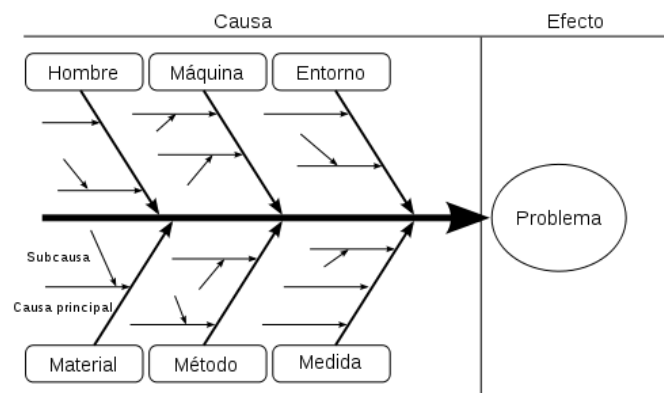


Figura 6. Diagrama Causa-Efecto
Fuente: Progress Lean (2014)

3.4.4 Técnica 5 porqués

Según Progressa Lean (2015), la herramienta 5 porqués consiste en plantear algún problema y realizar la pregunta *¿Por qué?* En referencia al origen de dicha problemática, se responde la primera pregunta y a esta se le realiza otro *¿Por qué?* De igual manera buscando el origen de la nueva problemática; este proceso se repetirá sucesivamente. El nombre se origina ya que se asegura que al llegar al quinto “*por qué*”, la respuesta a dicha pregunta será la raíz real de la problemática. No obstante, la técnica puede ser realizada con una menor cantidad de porqués. Esta estrategia es un método rápido de detección de problemas raíces que generan un problema destacado.

3.4.5 Matriz DOFA

Según Dyson, R. (2004), “El análisis FODA (también conocida como DOFA, FODA, MAFE en español y SWOT en inglés) es una de las técnicas más empleadas en la planeación estratégica, en especial para la determinación de la posición estratégica de la empresa

La matriz DOFA y su análisis estratégico es una herramienta utilizada para la identificación de factores internos (fortalezas y debilidades) y externos (oportunidades y amenazas), que influyen en el desempeño de la organización o de un proceso operacional para así generar estrategias fundamentadas en las fortalezas de la organización para corregir sus debilidades; tomar ventaja de las oportunidades y contrarrestar las amenaza.

3.5 Definición de Planta Industrial

Según Pérez, J. & Gardey, A. (2014), “...Las plantas industriales, por lo tanto, son las fábricas donde se elaboran diversos productos. Se trata de aquellas instalaciones que disponen de todos los medios necesarios para desarrollar un proceso de fabricación”.

La noción de planta se suele asociar al ser orgánico que vive y crece perteneciente al reino *Plantae*, sin embargo, el termino tiene otra connotación, lo cual refiere a la fábrica donde se produce algún producto o servicio; por otra parte, se le conoce como

industria al conjunto de operaciones que permiten obtener, transformar o transportar productos naturales. Una planta industrial se forma por edificios con instalaciones específicas para llevar a cabo un proceso de transformación de materias primas.

3.5.1. Definición de Agroindustria

La agroindustria se puede entender como toda aquella actividad que refiera a la subserie de procesos de manufacturación mediante las cuales se generan productos a través de la utilización de materias primas provenientes del sector agrícola ya sea agropecuario, forestal y pesquero (Anales de Ingeniería, 2014)

3.6. Definición de Central Azucarero

Un central azucarero es aquella instalación industrial encargada de la molienda y procesamiento de la caña de azúcar para producir azúcar a través de la sacarosa que contiene la caña, también son conocidos como ingenios azucareros a pesar que este término hace referencia es a las haciendas del siglo XX dedicadas a la elaboración de azúcar de caña.

Los métodos utilizados para la refinación de azúcar han tenido diversos cambios desde 1930, en un inicio se utilizaba el carbón como decolorante estándar, a lo largo de los años el estudio del comportamiento fisicoquímico del mismo dio pie al uso de carbón activado junto al uso de resinas iónicas para la aglomeración de residuos (Banko, C 2007). Avances similares ocurrieron a lo largo del tiempo en otras etapas del proceso de molienda de caña y manejo de jugos, como lo es el paso de filtros de prensa a filtros de tambor rotativo al vacío en la cachaza.

3.6.1. Caña de Azúcar

Según Rein, P. (2012) La caña de azúcar es una planta herbácea de gran tamaño que se cultiva en países tropicales y subtropicales. Es un híbrido complejo de varias especies derivadas principalmente del *Saccharum officinarum*. La caña se propaga vegetativamente sembrando trozos de sus tallos, las nuevas plantas crecen a partir de los cogollos asegurando así una descendencia uniforme.

El principal objetivo al procesar la caña es recobrar el azúcar, que en su estado puro se conoce con el nombre químico de sacarosa. La sacarosa se forma en la planta a través de un proceso bioquímico complejo.

La caña de azúcar es esencialmente una combinación de jugo y fibra. El jugo es una solución acuosa de sacarosa y otras sustancias orgánicas e inorgánicas. La fibra se define como todo material insoluble en la caña y por lo tanto incluye cualquier suciedad, suelo o cualquier tipo de materia extraña, como también a la fibra del tallo.

El jugo contenido en las células del parénquima tiene una mayor concentración de sacarosa y menor concentración de no-sacarosas que el jugo en las células fibrosas del esclerénquima. Dado que las células del parénquima ocupan aproximadamente 70 % del volumen de la caña, es evidente que la mayoría de la sacarosa se encuentra contenida en estas células. Similarmente se encuentra más sacarosa en los entrenudos que en los nudos. La corteza contiene relativamente poco jugo, con un elevado contenido de impurezas.

Entre sus no-sacáridos se tiene una composición de cenizas procedentes de la quema de la caña al momento de ser cosechada; polisacáridos los cuales son cadenas de alto peso molecular, entre estos se incluyen las resinas y la celulosa; El almidón que se define como un polisacárido y constituye una reserva de carbohidratos alimenticios para la caña; finalmente los ácidos orgánicos como el ácido aconítico siendo este el responsable del bajo pH del jugo. Además, se tiene la materia extraña que entra al procesamiento de la caña, la materia extraña se compone de hojas, cogollos, tierra, raíces, suciedad, rocas y pedazos de hierro de equipos utilizados para la siembra y cosecha de la caña.

3.6.2. Molienda de caña

Según Rein, P. (2012), la finalidad de moler la caña es separar el jugo que contiene la sacarosa del resto de la caña constituido por fibras, la composición del jugo extraído es de Fibras (vegetales y materiales insolubles), Sólidos disueltos (conocido como brix y a su vez estos se componen de sacarosa y no-sacarosas) y de Agua.

Durante la molienda la caña es exprimida utilizando una gran cantidad de presión ejercida en una serie de molinos compuestos de pares de mazas con rodillos consecutivos, el diseño de los mismos se realiza con el propósito de poder extraer la mayor cantidad de material de la caña (tanto agua, como sacarosa y no-sacarosas), la fibra residual después de que se ha extraído el jugo se denomina bagazo.

El jugo extraído en el primer molino se denomina jugo primario, el cual contiene la mayor pureza de jugo (mayor cantidad de sacarosa) y en la última etapa se extrae un jugo residual el cual contiene menor pureza. El jugo residual es utilizado para el lavado de la caña entrante en los primeros molinos y funcionar como medio para lograr mayor extracción de sacarosa de la fibra de la caña (ver Figura 7); ya que entre el 65% y 70% de la sacarosa es extraída en el primer molino.

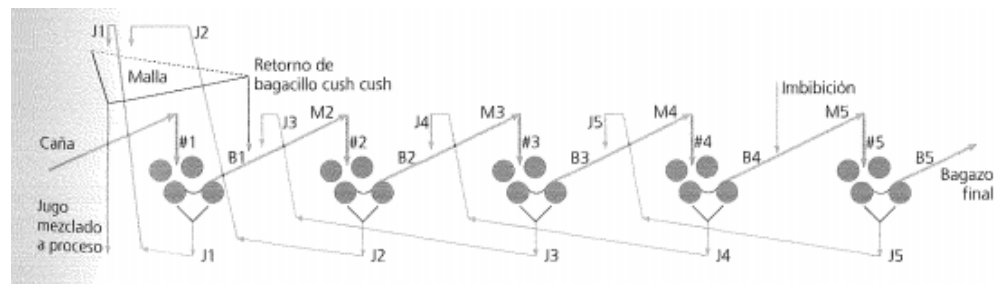


Figura 7. Diagrama de flujo de tren de molinos con imbibición compuesta
Fuente: Ingeniería de la Caña de Azúcar (Peter Rein), 2012

El jugo que sale del sistema de extracción contiene una cantidad significativa de pequeñas partículas por lo que se utilizan un filtro conocido como filtro cush-cush el cual se encarga de retener la mayor cantidad de bagacillo húmedo para evitar problemas en los procesos subsiguientes.

3.6.3 Calentamiento del Jugo

Según Rein, P. (2012), el objetivo es calentar el jugo justamente antes de la clarificación unos grados por encima del punto de ebullición en unos calentadores de carcasa y tubo, para luego pasar a un tanque *Flash* el cual permite que se genere una descompresión rápida y se libere el aire que pueda contener el jugo y asegura que el líquido llegue con una temperatura constante al proceso de clarificación; a su vez este

efecto de ebullición ayuda a liberar partículas de aire atrapadas en el bagacillo y estas puedan escapar, permitiendo una mejor sedimentación de bagazo y bagacillo evitando su arrastre en el jugo clarificado.

El diseño de los tanques flash a pesar de poder tener variación entre sí, trabajan un mismo principio, el tener un volumen suficiente el cual permite que ocurra el flasheo del jugo buscando asegurar las velocidades de ascenso de del vapor sean los suficientemente bajo para que no ocurra un arrastre de gotas de jugo.

3.6.4 Clarificación del jugo

Según Rein, P. (2012), Los principales objetivos de la clarificación de jugo es, lograr la formación de flocs que atrapan toda la materia suspendida y que así pueda sedimentarse a una velocidad satisfactoria; proporcionar una temperatura y pH adecuados que logren la máxima precipitación de impureza; producir un lodo sedimentado que sea apto para su posterior procesamiento (Filtración); lograr todo lo anterior descrito al menor costo posible y con la mínima pérdida de sacarosa y mínima formación de color; obtener un jugo clarificado con un pH adecuado que minimice la inversión de en la evaporación.

El tratamiento básico de clarificación consiste en añadir cal al jugo, ya sea en una solución con agua (conocida como lechada de cal) o con jugo (Sacarato/Sacarato de cal). La cal es la sustancia química usada universalmente para neutralizar la acidez del jugo, dicho proceso es conocido como *defecación*. Además de la cal, los floculantes aniónicos y catiónicos representan un aditivo importante para la formación del lodo, los floculantes más usados para la clarificación son compuestos de poliacrilamida parcialmente hidrolizados, los cuales son de tipo aniónico; los catiónicos tienen una aplicación más reducida ya que se utilizan como decolorantes durante la flotación del jarabe.

La formación de flocs en el jugo de caña se debe a que el floculante tiene una carga negativa que atraer partículas con carga positiva, al igual que se tiene floculante de carga positiva que atraen las partículas de carga negativa; la presencia de Ca^{++} (Ion

de calcio cargada positivamente) sirve como un enlace entre las partículas con carga negativa y los polímeros de carga negativa.

La preparación del floculante requiere de agua tratada, ya que la presencia de iones minerales como el de Ca^{++} , Fe^{++} , y Al^{++} resulta perjudicial para la estabilidad del floculante.

Finalmente, en el clarificador se decantan las impurezas debido a las cadenas poliméricas de alto peso molecular y por rebose se extrae el jugo clarificado, el cual antes de dirigirse al sistema de evaporadores pasa por un recalentador para elevar su temperatura nuevamente.

3.6.4.1 Equipo necesario para la clarificación del jugo

Según Rein, P. (2012), Los clarificadores son equipos en los cuales el jugo ya encalado se deja decantar con el objetivo de separar los precipitados formados del jugo clarificado; primeramente, se utilizaban clarificadores multibandeja (ver Figura. 8), los cuales se dividen en varios compartimentos superpuestos, de manera que se maximiza el área de sedimentación, el jugo entraba desde una tubería central a los compartimientos pasando a través del espacio anular donde desciende los lodos, los lodos que se depositaban en cada bandeja se barren lentamente hacia el centro donde caen hasta el fondo del compartimiento descendiendo a lo largo del exterior del tubo central.

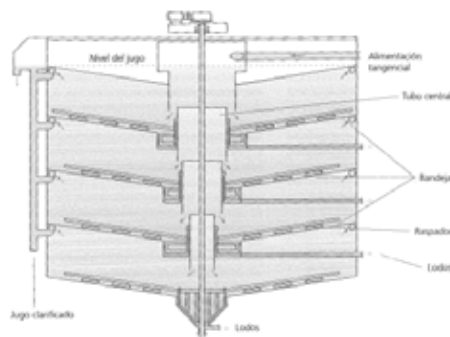


Figura 8. Clarificador Dorr “ATV”.

Fuente: Ingeniería de la Caña de Azúcar (Peter Rein), 2012

El uso de clarificadores rápidos se ha hecho posible gracias al desarrollo de los aditivos floculantes, el diseño de clarificadores SRI consta de una sola bandeja, el

funcionamiento es a través de una entrada pasiva de alimentación con flujo vertical y uniforme del jugo, donde es recogido por desborde sobre canaletas recolectoras; el avance a este tipo de clarificadores permite un sistema sencillo de remoción de lodos, mejor calidad de jugo clarificado, menor tiempo de retención (Ver Figura 9).

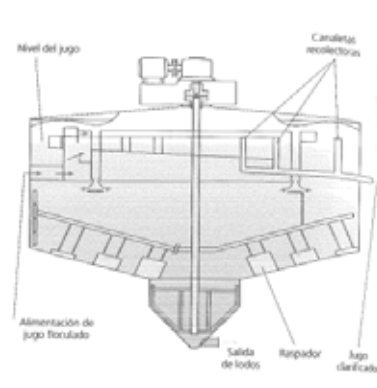


Figura 9. Clarificador Rápido SRI

Fuente: Ingeniería de la Caña de Azúcar (Peter Rein), 2012

3.6.5. Filtración de cachaza

Según Rein, P. (2012), El lodo flocculado se sedimenta durante la clarificación sobre el fondo del clarificador y es removido de forma constante; para recuperar el jugo encontrado en el suelo del filtro y atrapado en el lodo; esto es logrado a través de la adición de finas partículas de bagazo conocidas como bagacillo como ayuda filtrante, el jugo recuperado retorna al sistema de calentamiento.

La operación de extracción del clarificador debe ser controlada por el operador para así dejar una altura de lodo deseada (ni muy baja para evitar extracción de jugo, ni muy alta para que el jugo clarificado contenga sedimentos).

El lodo primario debe ser transferido desde el clarificador hasta los filtros con la mínima turbulencia para preservar la estructura de los flocs, la manera en que esto es posible es utilizando la gravedad para inducir el flujo de lodo primario y mantener un buen control de la boca de los filtros, por lo cual se requiere que las tuberías sean lo más cortas y directas posibles. El bombeo del lodo debe ser lo más suave posible para evadir el rompimiento de las partículas de los flocs, evitando los esfuerzos

característicos de las bombas centrifugas y paso por agujeros estrechos como orificios de válvula; el uso de bombas de tipo pistón o diafragma son las más ideales para esta tarea.

El mezclador de cachaza tiene como función adicionar el bagacillo además de acondicionar el lodo a una temperatura y pH ideal (mayor a los 75°C y oscilar un pH de 8.4) ya que las ceras de la caña presentes en la cachaza tienden a solidificarse a bajas temperaturas e impermeabilizan la torta de cachaza, reduciendo así su filtrabilidad; además de esto se suele adicionar más floculante en la cachaza para mejorar su filtración, pero, esto puede incrementar el Pol en la cachaza, para evitar este factor durante la filtración se debe agregar agua a forma de rociado logrando remover la mayor cantidad de sacarosa remanente en la cachaza.

El bagacillo agregado a la cachaza, debe lograr pasar por una malla de 0,5mm; por lo cual debe tener un diámetro muy fino ya que, a menor tamaño, aumenta el área filtrante por kilogramos de bagacillo.

3.6.5.1 Mezclador de cachaza

Según Rein, P. (2012)

“El equipo consiste de un tanque largo y abierto, agitado por un gusano o agitador de ribete helicoidal. Tanto los lodos que provienen del fondo de los clarificadores como el bagacillo adicionado (que viene del ciclón de bagacillo) entran por un mismo extremo del mezclador de cachaza, mientras que desde el fondo del extremo opuesto se descarga el flujo de salida que es utilizando para alimentar los filtros”.

Además, siempre y cuando se cuente con suficiente cantidad de bagacillo, se le puede agregar mayor cantidad de floculante para mejorar la porosidad de la rota. Para mejorar el control se es recomendable si se tiene más de un filtro se le agregue una dosificación de floculante individualmente según el requerimiento de cada filtro (Ver figura 10).

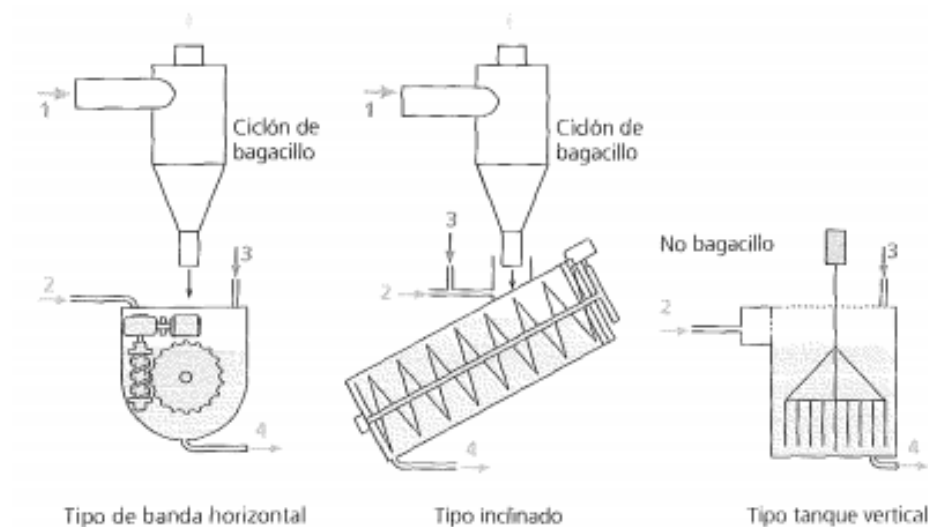


Figura 10. Diagramas de diferentes tipos de mezcladores de cachaza
Fuente: Fuente: Ingeniería de la Caña de Azúcar (Peter Rein), 2012

3.6.5.2 Filtro de tambor rotativo al vacío:

Según Rein, P. (2012), Los primeros filtros de este estilo fueron realizados por Oliver-Campbell, en la actualidad se tienen versiones mucho más grandes y eficientes, las cuales se comercializan a través de distintas empresas.

Estos están compuestos por un tambor hueco de gran diámetro, fabricados de acero inoxidable, los cuales giran entorno a su eje horizontal que se encuentra parcialmente sumergido en la cachaza a filtrar, usualmente su cubierta se divide en 24 zonas independientes cada una ocupando 15° de la circunferencia. Cada una de estas zonas se conectan individualmente a un sistema de vacío por tuberías, los cuales se conectan a los extremos del tambor; el exterior del tambor está compuesto de láminas de acero perforadas con 100 agujeros por cm^2 , cada uno con 0,5mm de diámetro; en las cuales se adhiere el material gracias al vacío generado por el filtro. El giro del tambor se clasifica en 3 etapas; la primera en la cual no existe vacío y se realiza la descarga de la torta mediante raspadores; el segundo donde se genera una adhesión mediante un bajo vacío y el tercero un alto vacío el cuál realiza en si la filtración de la torta (Ver Figura 11)

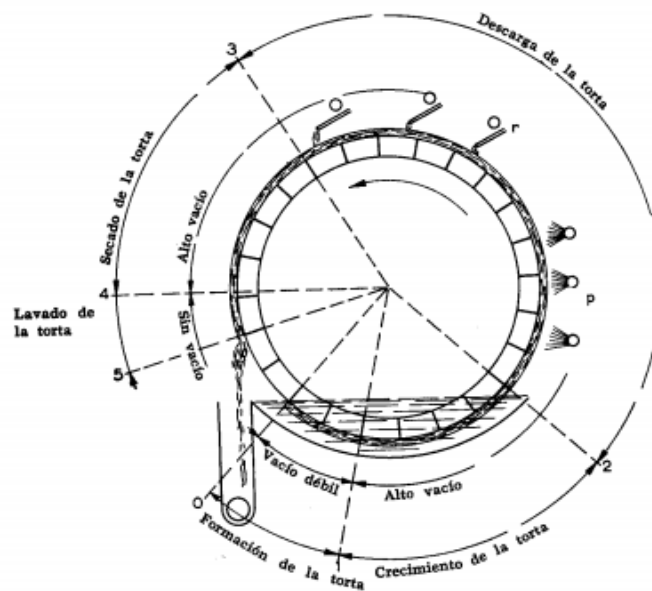


Figura 11. Ciclo del tambor rotativo al vacío
 Fuente: Handbook of cane sugar engineering. Hugot, E. (1972).



Figura 12. Tambor rotativo al vacío en funcionamiento
 Autor: Álvarez, S. (2021)

Además, Hugot, E. (1972), señala que es importante el lavado de la cachaza con aspersores, por la cual la cantidad de agua del lavado es muy importante, ya que, de no ser suficiente, se retendrá sacarosa en la torta; pero de ser mucha se transferirá posteriormente al jugo recuperado.

3.7 Aspectos legales

3.7.1 Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999)

La Constitución de la República Bolivariana de Venezuela tiene como propósito cumplir con lo estipulado en ella y en las demás leyes que buscan salvaguardar tanto a las personas que laboran con la manipulación de desechos peligrosos como al medio ambiente, garantizando la coexistencia y bienestar en la actualidad y a futuras generaciones.

Artículo 87. Toda persona tiene derecho al trabajo y el deber de trabajar. El Estado garantizará la adopción de las medidas necesarias a los fines de que toda persona puede obtener ocupación productiva, que le proporcione una existencia digna y decorosa y le garantice el pleno ejercicio de este derecho. Es fin del Estado fomentar el empleo. La ley adoptará medidas tendentes a garantizar el ejercicio de los derechos laborales de los trabajadores y trabajadoras no dependientes. La libertad de trabajo no será sometida a otras restricciones que las que la ley establezca. Todo patrono o patrona garantizará a sus trabajadores y trabajadoras condiciones de seguridad, higiene y ambiente de trabajo adecuados. El Estado adoptará medidas y creará instituciones que permitan el control y la promoción de estas condiciones.

Artículo 127. Es un derecho y un deber de cada generación proteger y mantener el ambiente en beneficio de sí misma y del mundo futuro. Toda persona tiene derecho individual y colectivamente a disfrutar de una vida y de un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado. El Estado protegerá el ambiente, la diversidad biológica, los recursos genéticos, los procesos ecológicos, los parques nacionales y monumentos naturales y demás áreas de especial importancia ecológica. El genoma de los seres vivos no podrá ser patentado, y la ley que se refiera a los principios bioéticos regulará la materia. Es una obligación fundamental del Estado, con la activa participación de la sociedad, garantizar que la población se desenvuelva en un ambiente libre de contaminación, en donde el aire, el agua, los suelos, las costas, el clima, la capa de ozono, las especies vivas, sean especialmente protegidos, de conformidad con la ley.

Artículo 129. Todas las actividades susceptibles de generar daños a los ecosistemas deben ser previamente acompañadas de estudios de impacto ambiental y socio cultural. El Estado impedirá la entrada al país de desechos tóxicos y peligrosos, así como la fabricación y uso de armas nucleares, químicas y biológicas. Una ley especial regulará el uso, manejo, transporte y almacenamiento de las sustancias tóxicas y peligrosas. En los contratos que la República celebre con personas naturales o jurídicas,

nacionales o extranjeras, o en los permisos que se otorguen, que afecten los recursos naturales, se considerará incluida aun cuando no estuviera expresa, la obligación de conservar el equilibrio ecológico, de permitir el acceso a la tecnología y la transferencia de la misma en condiciones mutuamente convenidas y de restablecer el ambiente a su estado natural si éste resultara alterado, en los términos que fije la ley.

3.7.2 Ley orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo (2005)

El objeto de la Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo es:

- 1.** Establecer las instituciones, normas y lineamientos de las políticas, y los órganos y entes que permitan garantizar a los trabajadores y trabajadoras, condiciones de seguridad, salud y bienestar en un ambiente de trabajo adecuado y propicio para el ejercicio pleno de sus facultades físicas y mentales, mediante la promoción del trabajo seguro y saludable, la prevención de los accidentes de trabajo y las enfermedades ocupacionales, la reparación integral del daño sufrido y la promoción e incentivo al desarrollo de programas para la recreación, utilización del tiempo libre, descanso y turismo social.
- 2.** Regular los derechos y deberes de los trabajadores y trabajadoras, y de los empleadores y empleadoras, en relación con la seguridad, salud y ambiente de trabajo; así como lo relativo a la recreación, utilización del tiempo libre, descanso y turismo social.
- 3.** Desarrollar lo dispuesto en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela y el Régimen Prestacional de Seguridad y Salud en el Trabajo establecido en la Ley Orgánica del Sistema de Seguridad Social.
- 4.** Establecer las sanciones por el incumplimiento de la normativa.
- 5.** Normar las prestaciones derivadas de la subrogación por el Sistema de Seguridad Social de la responsabilidad material y objetiva de los empleadores y empleadoras ante la ocurrencia de un accidente de trabajo o enfermedad ocupacional.
- 6.** Regular la responsabilidad del empleador y de la empleadora, y sus representantes ante la ocurrencia de un accidente de trabajo o enfermedad ocupacional cuando existiere dolo o negligencia de su parte.

Artículo 59 Condiciones y Ambiente en que Debe Desarrollarse el Trabajo. A los efectos de la protección de los trabajadores y trabajadoras, el trabajo deberá desarrollarse en un ambiente y condiciones adecuadas de manera que:

- 1.** Asegure a los trabajadores y trabajadoras el más alto grado posible de salud física y mental, así como la protección adecuada a los niños, niñas y

adolescentes y a las personas con discapacidad o con necesidades especiales.

2. Adapte los aspectos organizativos y funcionales, y los métodos, sistemas o procedimientos utilizados en la ejecución de las tareas, así como las maquinarias, equipos, herramientas y útiles de trabajo, a las características de los trabajadores y trabajadoras, y cumpla con los requisitos establecidos en las normas de salud, higiene, seguridad y ergonomía.

3. Preste protección a la salud y a la vida de los trabajadores y trabajadoras contra todas las condiciones peligrosas en el trabajo.

4. Facilite la disponibilidad de tiempo y las comodidades necesarias para la recreación, utilización del tiempo libre, descanso, turismo social, consumo de alimentos, actividades culturales, deportivas; así como para la capacitación técnica y profesional.

5. Impida cualquier tipo de discriminación.

6. Garantice el auxilio inmediato al trabajador o la trabajadora lesionada o enfermo.

7. Garantice todos los elementos del saneamiento básico en los puestos de trabajo, en las empresas, establecimientos, explotaciones o faenas, y en las áreas adyacentes a los mismos.

3.7.3. Resolución por la cual se dictan las normas de Buenas Prácticas de Fabricación, Almacenamiento y Transporte de Alimentos para consumo.

Toda esta normativa debe ser acatada a lo largo del proceso productivo en empresas del rubro alimenticio, y deben ser consideradas al momento de desear llevar a cabo una modificación del proceso en virtud de lo establecido en la ordenanza. La disposición general de la normativa se expresa en su artículo 1.

Artículo 1. La presente Resolución establece los principios básicos y las prácticas dirigidas a eliminar, prevenir o reducir a niveles aceptables los riesgos para la inocuidad y salubridad que ocurren durante la elaboración, envasado, almacenamiento y transporte de los alimentos manufacturados para el consumo humano.

3.8 Definición de Términos

Los siguientes términos son definidos según Hugot, E. (1972), en el libro Handbook of cane sugar engineering.

Alcalización: Etapa del proceso de purificación del jugo de azúcar en la cual se introduce cal al jugo en forma de lechada de cal o sacarato de calcio.

Azúcar: Término para la sacarosa disacárida y productos de la industria azucarera, compuestos esencialmente por sacarosa.

Bagacillo: Fracción fina del bagazo obtenida mediante tamizado o separación neumática, generalmente usado como ayuda filtrante.

Bagazo: Residuo de la caña que sale del molino después de la extracción del jugo.

Brix: Medida de los sólidos disueltos en azúcar, jugo, licor o jarabe utilizando un refractómetro, también conocidos como sólidos secos refractométricos. Para soluciones que contienen únicamente azúcar y agua, $Brix = \% \text{ en masa de azúcar}$. Los grados Brix se pueden también determinar usando un hidrómetro, pero actualmente este equipo se emplea raramente.

Cachaza (torta de filtro): Material retenido y descargado por los filtros que se encargan de filtrar los lodos del clarificador.

Clarificador: Equipo para separación por sedimentación de los sólidos suspendidos en soluciones de azúcar turbias.

Floculante: Polielectrolito en solución añadido al jugo para promover la clarificación.

Jugo clarificado: Jugo proveniente de los clarificadores, también conocido como jugo claro.

Materia extraña: Incluye toda hoja y cogollo de caña, barro, tierra, raíces, piedras y metales entregados con la caña.

No-azúcares: Término común que denota los sólidos disueltos diferentes al azúcar contenidos en cualquier flujo del proceso.

No-sacarosas: Sólidos disueltos contenidos en cualquier flujo del proceso que sean diferentes a la sacarosa.

Operador: Persona que tiene como responsabilidad manipular o manejar maquinarias y herramientas asociadas a los procesos de transformación.

pH: Medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones de hidrógeno presentes en determinadas disoluciones.

Polarización (o Pol): Contenido de sacarosa aparente expresado como porcentaje de masa, medido a partir de la rotación óptica de luz polarizada al pasar por una solución azucarada. Este procedimiento es exacto únicamente para soluciones de sacarosa puras.

Sacarosa: El compuesto químico puro $C_{12}H_{22}O_{11}$ que es conocido como azúcar blanco, generalmente medido mediante polarización en caso de soluciones puras y con GC -D-
Glucopiranosil - -D- Fructofuranósido.

CAPÍTULO IV

FASES METODOLÓGICAS

Según Palella, S. & Martins, F. (2012) “El marco metodológico es la aplicación de los métodos necesarios y que estos se adaptan a las características de la problemática mediante la recolección de información a través de instrumentos aplicados a una muestra” (p. 79).

Por lo cual este capítulo comprende tipo, diseño y nivel de la investigación, población y muestra, técnicas de recolección de información, técnicas de análisis y las fases metodológicas que representan la intercepción de la información recopilada, con los métodos y herramientas necesarios para llevar a cabo el proyecto de investigación.

4.1 Tipo de investigación

Debido a que la propuesta operativa está ideada para la solución de una problemática y se sustenta en la investigación para comprobar su factibilidad y validez, la investigación se considera dentro del tipo de proyecto factible.

De acuerdo con Dubs, R., (2002) el proyecto se define como “un conjunto de elementos, etapas y recursos interrelacionados que se diseñan para resolver problemas específicos” (p. 6). Por lo cual se considera un proyecto para la metodología de la investigación como “una propuesta viable de estudio o investigación con métodos y técnicas definidas” (p. 7).

A su vez Dubs, R (2002), considera que un proyecto factible “consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales”.

4.2 Diseño de la investigación

Citando a Arias, F. (2012), “El diseño de investigación es la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado. En atención al diseño, la investigación se clasifica en: documental, de campo y experimental”.

Además, Arias, F. (2012) añade que:

“La investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes. De allí su carácter de investigación no experimental”.

Debido a que la investigación actual es un trabajo de pasantías, el investigador se encuentra dentro de las instalaciones indagando las posibles causas de la problemática del exceso de sacarosa en la cachaza.

No obstante, la investigación también cumple con características de una investigación documental, que, de acuerdo con Arias, F. (2012), “Es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas”.

Además del estudio directo por parte del investigador, también se valió de fuentes de datos ya registrados, tales como libros, archivos, ordenanzas, páginas Web, información física y digitalizada de la empresa, entre otros. Por lo cual se describe un tipo de investigación documental.

4.3 Nivel de la investigación

Según Arias, F. (2012), “El nivel de investigación se refiere al grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio” (p. 23). Entendiéndose como el nivel de conocimiento necesario para el desarrollo de la investigación.

Los niveles de la investigación se clasifican en tres: exploratoria, descriptiva y explicativa. Para la presente, el nivel de conocimientos de la misma se halla situado dentro de las características de la descriptiva, ya que, Arias, F. (2012), alega que:

“La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere”.

4.4 Población y Muestra

4.4.1 Población

Según Arias, F. (2012), la población se define como “Un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio”. Es necesario aclarar que el termino correcto a nivel investigativo es *población objetivo*, ya que, al proyecto va dirigida a dicha población.

Además, la población se puede clasificar en finita e infinita, siendo la diferencia entre ambas la capacidad de determinación de la cantidad de unidades que la componen. Ya que la población objetivo de esta investigación está conformada por la empresa Central El Palmar S.A.

4.4.2 Muestra

De acuerdo con Arias, F. (2012), “La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible”.

En esta investigación el objeto de estudio es el proceso de filtración de cachaza, por lo cual éste representa la muestra que será abordada, tomando en cuenta todos los elementos constitutivos.

4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La Real Academia Española (s.f., definición 3), define datos como “Información sobre algo concreto que permite su conocimiento exacto o sirve para deducir las consecuencias derivadas de un hecho”. Por lo tanto, en la investigación un dato es un

elemento de información recolectado durante el desarrollo de la misma, que servirá para llegar a conclusiones relacionado con el problema planteado.

4.5.1 Técnicas

Para la recolección de información en trabajo de grado presente, se utilizará la técnica de Observación directa y revisión documental.

4.5.1.1 Observación directa

Para Arias, F. (2012), “La observación es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos”. Por otro lado, según Tamayo, M. (2007), la observación directa es “aquella en la cual el investigador puede observar y recoger datos mediante su propia observación”.

Además, Arias, F. (2012), define que una observación es estructurada cuando “además de realizarse en correspondencia con unos objetivos, utiliza una guía diseñada previamente, en la que se especifican los elementos que serán observados”.

La observación será directa y estructurada ya que la investigación es de campo y el investigador tiene acceso a los equipos involucrados en el proceso de filtración de cachaza, además de eso, el investigador realizará tomas de muestras y análisis en sitio.

4.5.1.2 Revisión documental

Como plantea Hurtado, J. (2000), la revisión documental es una técnica de recolección de datos a través de información escrita, ya sea bajo la forma de datos de mediciones hechas por otros, o textos en sí mismo relacionados con el objeto de estudio.

4.5.2 Instrumentos

Arias, F. (2012), asegura que el instrumento para la recolección de datos se valdrá de diarios de campo, libretas o cuaderno de notas; y en el caso específico de la directa se vale además de cámaras fotográficas y de video.

- Lista de chequeo, para verificar los pasos de la operación, además de las variables.
- Diagramas de proceso, entregado por la empresa para inspeccionar las operaciones anexas que intervienen en el proceso
- Hoja de mediciones de control de calidad, elaborado por el laboratorio de calidad pudiendo verificar si los valores se encuentran en control
- Registros fotográficos, para ilustrar equipos de la operación y guardar evidencias de los valores que manejan las variables en sitio
- Manuales operativos, entregados por el departamento de mantenimiento para corroborar los pasos descritos por el fabricante para llevar a cabo una correcta operación

4.6 Técnicas de análisis

4.6.1 Diagrama de Ishikawa

En primer lugar, se realizará un diagrama de Ishikawa o diagrama causa-efecto para evaluar las posibles causas que generen un exceso de sacarosa en la cachaza ya filtrada. Se evaluarán todas las causas que podrían generar la pérdida y se descartaran las que no sean probables, además se resaltarán aquellas que se adapten a la realidad actual de la operación.

4.6.2 PDCA

Central El Palmar S.A. cuenta con un formato interno para llevar a cabo la estrategia PDCA (Ver anexo 1). El formato se conforma de siete partes las cuales son: Descripción del problema, medición del problema, análisis del problema, planificación de las soluciones, verificación de las medidas correctivas tomadas, control del proceso.

4.6.3 Técnica de los 5 “Por qué”

La Técnica de los 5 porqués será aplicada para determinar la causa raíz de la problemática existente en el filtrado de cachaza, y de esta manera poder proponer posibles soluciones.

4.6.4 Matriz DOFA

La matriz DOFA servirá para clasificar las debilidades, agruparlas y proponer estrategias que aprovechen las fortalezas y oportunidades, venzan las debilidades a través de las oportunidades, utilizar las fortalezas para afrontar las amenazas, y finalmente reducir las debilidades para minimizar el impacto de las amenazas.

4.7 Fases metodológicas

El presente trabajo de grado constará de cuatro fases a lo largo del desarrollo del mismo, con el propósito de lograr el objetivo general, el cual es la proposición de estrategias para minimizar la pérdida de sacarosa en la filtración de cachaza en la empresa Central El Palmar S.A., aplicando técnicas Lean. Por lo cual dichas fases deben permitir conocer la realidad de la situación y además se debe garantizar el desempeño efectivo del equipo y personal involucrado. Estas fases son:

Fase I: Diagnóstico del proceso de filtración de cachaza en la empresa Central El Palmar S.A.

- Se realizará un análisis del proceso de filtración de cachaza, con el fin de conocer cómo se produce el mismo a través de la observación directa en el área correspondiente a este, así como también el funcionamiento de los equipos complementarios que puedan incurrir en posibles causas que generen el problema.
- Recopilar información del equipo a través de manuales operativos y libros de texto para la obtención de datos operacionales.
- Se realizará una lista de chequeo (Ver anexo B y C) del proceso operativo de filtrado de cachaza con el fin de evaluar la conformidad de las variables durante el proceso, de esta manera conocer en qué etapa del proceso existe una debilidad que esté ocasionando un desperdicio y a su vez una pérdida de producto aprovechable.
- Finalmente, se recopilará la información anteriormente planteada y se contrastará para indagar en posibles métodos de fallo de la operación.

Fase II: Análisis de las causas que originan la pérdida de sacarosa en la filtración de cachaza

Una vez recolectados los datos de diagnóstico se procederá a realizar un diagrama de Ishikawa global donde se apuntarán todas las causas teóricas, a la vez que causas hipotéticas que el investigador pudiese notar.

Una vez realizada la recolección y análisis de datos, se valdrá del formato PDCA de la empresa para generar las causas reales que están afectando al proceso de filtración de cachaza, y el dicho formato se aplicará la técnica de los 5 porqués para llegar a la raíz de los problemas detectados y así poder dar inicio a la identificación de estrategias de acción necesarias a través de la aplicación de la matriz DOFA.

Fase III: Diseño de estrategias basadas en la técnica Lean para minimizar la pérdida de sacarosa en la filtración de cachaza en la empresa Central El Palmar S.A.

Una vez identificadas las causas del problema en el análisis realizado en el proceso de filtración de cachaza, se estructurará un plan estratégico basado en las técnicas y herramientas de la metodología de trabajo Lean Manufacturing a fin de disminuir los desperdicios en este proceso en virtud de la eficiencia y productividad de la empresa.

Fase IV: Evaluar la factibilidad operativa, técnica y económica de las propuestas diseñadas

Una vez concluidas las fases anteriores, se evaluará la factibilidad operativa, técnica y económica de las propuestas realizadas con el objeto de determinar su viabilidad e implementación. Esto se llevará a cabo mediante:

- La evaluación de características operativas de proceso mediante un cuadro de conformidad
- La evaluación de características técnicas del proceso mediante un cuadro de evaluación de herramientas necesarias

- El cálculo de la inversión requerida para la implementación de las propuestas realizadas en el proceso de filtración de cachaza.
- El cálculo de los beneficios que puede generar la inversión en el caso de ser implementada, desde el punto de vista operativo, técnico y económico.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en la investigación realizada durante el periodo de pasantías en Central El Palmar S.A. con la finalidad de proponer una solución a la problemática como lo es el excedente de sacarosa retenida en la cachaza al momento de su filtración. Para ello primero se hará un diagnóstico del proceso de filtración de cachaza, luego se analizarán sus debilidades, para posteriormente diseñar un plan estratégico para reducción de desperdicios, el cual se evaluará su factibilidad desde el punto de vista técnico, económico y operacional.

5.1 Fase I: Diagnóstico del proceso filtración de cachaza en la empresa Central El Palmar S.A.

En esta fase, se realizó un recorrido por la fábrica dando mayor atención a los procesos de preparación y filtración de cachaza. Para la recolección de los datos se utilizaron las técnicas de la observación directa, en donde se valió de una libreta de notas y una cámara fotográfica para el almacenamiento y visualización posterior de las evidencias recolectadas.

Además, se realizó una auditoría a las hojas de control de variables del proceso para destacar las irregularidades presentes en el proceso. Posteriormente, se empleó la lista de chequeo de variables (Ver anexo 2) para evaluar la eficiencia del proceso y resaltar las debilidades del mismo. A continuación, los resultados obtenidos.

5.1.1 Descripción de los aspectos técnicos de los equipos principales en la filtración de cachaza

Para llevar a cabo la filtración de cachaza se disponen actualmente de 2 filtros operativos (Ver figura 13 y 14), cuyas especificaciones técnicas son mostrada a continuación (Ver tabla 2).

Tabla 2. Especificaciones técnicas de los filtros

	Filtro 2	Filtro 3
Fabricante	Mausa	Dorr-Oliver
Diámetro	10''	8''
Largo	16''	16''
Área Filtrante	502 pies ² (46,6 m ²)	402 pies ² (37,4 m ²)

Autor: Álvarez, S. (2021)

Totalizando una superficie de 83,8 m² con ambos filtros operativos. Cada filtro dispone de un colector de jugo (Ver figura 15 y 16) donde retorna el jugo extraído por el alto y bajo vacío, asimismo dichos colectores tienen sus respectivos reguladores de vacío y manómetros para monitorear el mismo; el vacío es generado por un par de bombas de vacío (Ver figura 17 y 18). Finalmente, el jugo obtenido es re-bombeado mediante un par de bombas centrifugas (Ver figura 19) a un tanque transitorio para su posterior encalado.



Figura 13. Filtro rotativo N°2 Mausa

Autor: Álvarez, S. (2021)



Figura 14. Filtro rotativo N°3 Dorr-Oliver
 Autor: Álvarez, S. (2021)



Figura 15. Colectores de jugo del filtro N°2
 Autor: Álvarez, S. (2021)



Figura 16. Colectores de jugo del filtro N°3
 Autor: Álvarez, S. (2021)



Figura 17. Bomba de vacío filtro N°2
Autor: Álvarez, S. (2021)



Figura 18. Bomba de vacío filtro N°3
Autor: Álvarez, S. (2021)



Figura 19. Bombas centrifugas de rebombeo de jugo turbio
Autor: Álvarez, S. (2021)

Además, se tiene un par de bombas encargadas de la dosificación de agua necesaria para que los pisteros de los filtros humidifiquen la torta permitiendo una mejor extracción de jugo retenido en ella (Ver Figura 20).



Figura 20. Bombas de agua caliente para los filtros rotativos
Autor: Álvarez, S. (2021)

5.1.1.1 Aspectos operacionales del filtro según el manual guía de la empresa

Según Arca, M (1983) en su libro *Haciendo Azúcar: Filtro de cachaza*, establece unas variables operativas que se pueden aplicar a cualquier filtro rotativo al vacío para una óptima operatividad, siendo esta la guía utilizada por Central El Palmar. Dichas variables son:

- Alto vacío = 15"-20"
- Bajo vacío = 10"-15"
- Espesor de torta = 1/4" – 1/2" (0,64 - 1,3 cm)
- Presión de agua de lavado = 30 – 40 psi.
- Velocidad de rotación = 1 revolución en 6 minutos para tambores de 10´
y 1 revolución en 9 minutos para tambores de 8´
- Agua de lavado % cachaza = 150%

Operando con estos valores se asegura una Pol de entre 1,5 y 3,0.

5.1.2 Descripción del proceso de determinación de la Pol en la cachaza

Para determinar la polarización de la cachaza es tomada una muestra en los rapadores de los filtros (una muestra por filtro operativo) y es llevada al laboratorio de análisis. Una vez en el laboratorio son pesados 26 gramos de cachaza y se colocan en un balón aforado de 200ml, el balón se llena con agua destilada hasta la línea de aforo (ver figura 21), se le añade una cucharada de Octapol[®] (ver figura 22), el cual es un reactivo clarificante para compuestos que contienen sacarosa, se procede a agitar la mezcla para posteriormente ser vaciado en un embudo de filtración con papel de filtro (ver figura 23).



Figura 21. Balón aforado de 200 ml con muestra para determinar su Pol
Autor: Álvarez, S. (2021)



Figura 22. Recipiente de Octapol[®]
Autor: Álvarez, S. (2021)



Figura 23. Vaso de precipitado con solución clarificada filtrada
Autor: Álvarez, S. (2021)

Luego de que la solución clarificada es filtrada se coloca en un tubo refractométrico (ver figura 24) y este es colocado en el Polarímetro (ver figura 25).



Figura 24. Tubo refractométrico
Autor: Álvarez, S. (2021)



Figura 25. Polarímetro
Autor: Álvarez, S. (2021)

El valor arrojado por el polarímetro es multiplicado por 2 y así es obtenida la cantidad de sacarosa aparente retenida dentro de la cachaza.

5.1.3 Resultados de la lista de chequeo de parámetros operacionales de filtración de cachaza

En el desarrollo de la presente investigación se aplicó una lista de chequeo de parámetros operacionales de filtración de cachaza, cuyas variables críticas fueron extraídas del libro Haciendo Azúcar: Filtro de cachaza (Arca, M. 1983) siendo este el manual utilizado en Central El Palmar S.A., donde se resalta la conformidad de la operación según el parámetro a evaluar. El resultado de la misma es presentado en el siguiente cuadro (Ver Cuadro 1).

Cuadro 1. Resultado de la lista de chequeo de parámetros operacionales de filtración de cachaza

Variables	Conforme	No Conforme
Alto vacío = 15''- 20''	x	
Bajo vacío = 10''-15''	x	
Espesor de torta = 1/4" – 1/2" (0,64 - 1,3 cm)	x	
Presión de agua de lavado = 30 – 40 psi.	x	
Velocidad de rotación = 1 revolución en 6 minutos para tambores de 10´ 1 revolución en 9 minutos para tambores de 8´	x	
Agua de lavado % cachaza = 150%		x
Sistema de goteo de agua efectivo		x
Raspadores en condiciones idóneas		x

Autor: Álvarez, S. (2021)

Siendo el indicador de conformidad: Conformes = 5; No conformes = 3. Tasa de conformidad = $\frac{5}{8} \times 100 = 62,5\%$

A pesar de que el filtro rotativo al vacío es un equipo capaz de realizar una filtración de ideal (Dejándole una Pol < 2,0 a la torta descargada), que sus sistemas complementarios no funcionan correctamente ocasiona que la operación no pueda ser realizada satisfactoriamente, causando un incremento de la Pol fuera de los valores de control al momento de su descarga, y a su vez una pérdida de sacarosa.

5.1.4 Revisión de las causas que generan las no conformidades de los parámetros operacionales de filtración

Al momento de evaluar el proceso con el formato de chequeo, se apreció una deficiencia en los siguientes puntos:

- Agua de lavado % de cachaza = 150%: El manual indica que debe haber un flujo agua humedeciendo la torta cuyo peso debe ser el 150% del peso de la torta. En el caso del Filtro 2 tiene la capacidad de filtrar 6 Ton de cachaza por hora, indicando un flujo aproximado de agua de 9000 litros por hora (o 40 Galones por minuto aproximadamente). Al momento de ser realizada la evaluación el sistema de humidificación no se encontraba operando, debido a este hecho se le preguntó al operador la razón de la fuera de servicio de éste, a lo cual indicó que se debía a la deficiencia del mismo en cuanto a irregularidad de la aspersion.
- Sistema de goteo de agua efectivo: Se le pidió al operador activar el sistema de goteo para verificar la irregularidad mencionada por el mismo anteriormente, comprobando que este presentaba pisteros tapados y pisteros que realizaban una mala aspersion, entendiendo mala aspersion como fugas por la rosca y patrón irregular del aspersor, este último debido al patrón de aspersion, ya que debe ser de forma cónica hueca y los pisteros actuales tienen aspersion plana (Ver figura 26 y 27).
- Raspadores en condiciones idóneas: Se observó que al momento de ser raspada la torta del filtro (durante su descarga) quedaban trazas de cachaza en el tambor del filtro, causando así que el lodo que debía ser adherido durante la siguiente

revolución del tambor fuese menos que el deseado, causando a su vez un menor grosor en la torta de cachaza. Por lo cual se verificó la condición de las gomas que componen el rapador y se evidenció un desgaste significativo de las mismas (Ver figura 28).



Figura 26. Aspersores tapados
Autor: Álvarez, S. (2021)



Figura 27. Aspersores ineficientes
Autor: Álvarez, S. (2021)



Figura 28. Condición de los raspadores
 Autor: Álvarez, S. (2021)

5.1.5 Identificación de las condiciones de trabajo que afectan el procedimiento de filtración de cachaza

Además de la verificación de los parámetros operativos del filtro, también se realizó una lista de chequeo a la ejecución y supervisión del proceso, es decir el seguimiento que le dan los supervisores al proceso y de la operación por parte del operador (Ver Anexo 3).

A continuación, se presentan los resultados al ejecutar la lista de chequeo de las condiciones de trabajo en el proceso de filtración de cachaza (Ver Cuadro 2).

Cuadro 2. Resultado de la lista de chequeo de las condiciones de trabajo en el proceso de filtración de cachaza

VARIABLES	CONFORME	NO CONFORME	OBSERVACIONES
Los operadores cuentan con suficiente experiencia en el proceso de filtración de cachaza		X	Uno solo de los operadores es el que cuenta con experiencia en el proceso
Los operadores conocen todos los parámetros operativos indicados en el manual y el porqué de su valor	X		El único sistema que no activan es el de humidificación de la torta ya que este presenta desperfectos operativos

Los operadores cuentan con capacitación para la solución de valores fuera de control en la filtración de cachaza		X	Pese conocer los parámetros operacionales, al momento de presentarse valores fuera de control no tienen el conocimiento para hallar la causa
Los operadores y supervisores disponen de un diagrama de fallos y soluciones al cual acudir en caso de valores fuera de parámetro		X	
Los supervisores son notificados por el laboratorio de procesos en caso de detección de alta Pol en la cachaza		X	Al momento de detectar un valor fuera de control, el laboratorio únicamente lo anota en la hoja de control, pero sin realizar alguna notificación o destacar el valor fuera de control. (Pudiendo ser pasado por alto por los supervisores)
Los supervisores comunican a los operadores al momento de detectar valores fuera de control	X		Cuando el supervisor si se encuentra al tanto de los valores no conformes, se dirige al filtro para junto al operador intentar mitigar la pérdida

Autor: Álvarez, S. (2021)

Siendo el indicador de conformidad: Conformes = 2; No conformes = 4. Tasa de conformidad = $\frac{2}{6} \cdot 100 = 33,3\%$

Se destaca el fallo de la comunicación al momento de presentarse valores fuera de control por parte del laboratorio de control al supervisor de turno. Además, se

destaca la falta de conocimiento para la detección de la causa raíz de los valores fuera de control, así como la carencia de un instrumento para detección y solución de fallos.

5.1.6 Revisión documental de la pérdida de sacarosa y el incumplimiento de metas durante la filtración

Se hizo seguimiento a los valores de la Pol de la cachaza durante el resto de la zafra (Ver tabla 3 y 4) con la finalidad de llevar seguimiento de los valores con las características operacionales del proceso presentadas con anterioridad. Donde se evidencia la pérdida de sacarosa a lo largo del periodo de molienda debido a la Pol mayor a Pol < 2,0.

Tabla 3. Control de Pol promedio diario de la cachaza durante el mes de marzo.

Fecha	Filtro 2	Filtro 3
01/03/2021	3,71	4,93
02/03/2021	2,69	2,62
03/03/2021	2,57	2,65
04/03/2021	2,8	3,02
05/03/2021	3,18	3,8
06/03/2021	3,26	3,69
07/03/2021	3,1	3,39
08/03/2021	3,45	3,68
09/03/2021	3,12	3,24
10/03/2021	3,16	4,05
11/03/2021	3,51	3,83
12/03/2021	2,73	3,85
13/03/2021	3,68	3,74
14/03/2021		
15/03/2021		
16/03/2021	3,87	4,62
17/03/2021	3,16	3,6
18/03/2021	4,43	5,27
19/03/2021	3,17	3,54
20/03/2021	3,14	3,42
21/03/2021	2,62	2,73
22/03/2021	2,94	3,74
23/03/2021		3,9
24/03/2021	2,08	2,24
25/03/2021		
26/03/2021	3,4	3,89
27/03/2021	3,43	3,36
28/03/2021	2,9	3,53
29/03/2021	3,13	3,89
30/03/2021	3,41	4
31/03/2021	3,3	3,57

Autor: Álvarez, S. (2021)

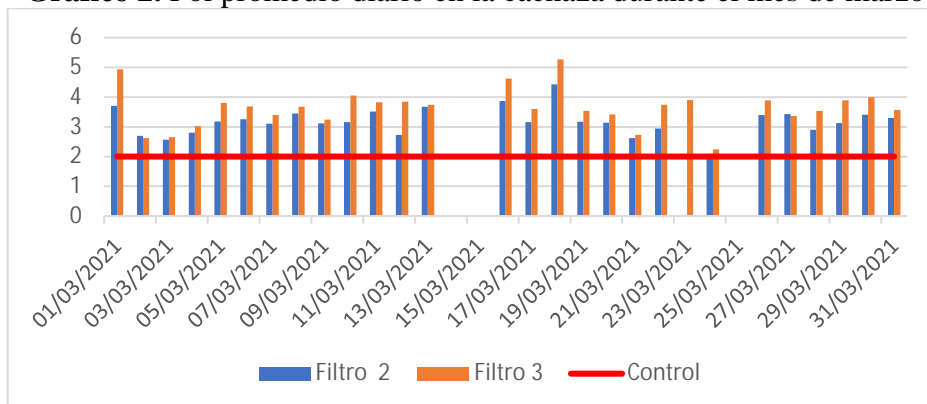
Tabla 4. Control de Pol promedio diario de la cachaza durante el mes de abril.

Fecha	Filtro 2	Filtro 3
01/04/2021	2,46	3,44
02/04/2021	2,96	3,3
03/04/2021	2,4	2,8
04/04/2021	3,61	3,87
05/04/2021	3,44	3,58
06/04/2021	3,17	3,43
07/04/2021	3,19	3,68
08/04/2021	3,13	3,55
09/04/2021	3,18	3,55
10/04/2021	3,44	3,63
11/04/2021	3,09	3,92
12/04/2021		
13/04/2021	2,7	3,05
14/04/2021		
15/04/2021	3,11	3,56
16/04/2021	3,43	3,7
17/04/2021	3,52	3,89
18/04/2021	2,32	3,35
19/04/2021	2,15	
20/04/2021	2,66	2,8
21/04/2021	2,41	
22/04/2021	2,1	

Autor: Álvarez, S. (2021)

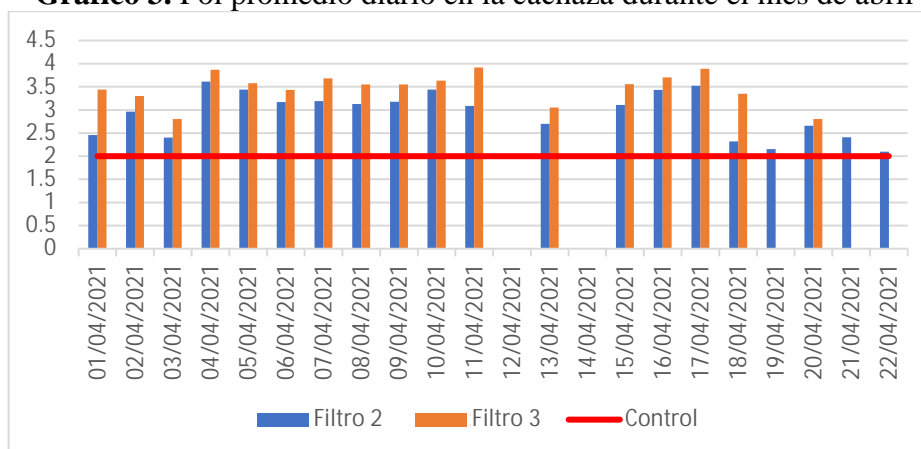
La zafra 2020-2021 finalizó el día 22 de abril y durante estos dos meses últimos meses se destaca que ningún valor promedio logró estar en el valor de control de Pol < 2,0 (Ver Gráfico 2 y 3).

Gráfico 2. Pol promedio diario en la cachaza durante el mes de marzo



Autor: Álvarez, S. (2021)

Gráfico 3. Pol promedio diario en la cachaza durante el mes de abril



Autor: Álvarez, S. (2021)

Conjuntamente, se hizo revisión de la Pol del bagazo, ya que si este realiza un aporte de sacarosa a la torta por filtrar si tiene un valor por encima de 2,0; y los resultados durante el mes de marzo y abril arrojaron que ocasionalmente si supera el valor de la Pol de 2,0 (Ver tabla 5 y 6).

Tabla 5. Control de Pol promedio del bagazo diario durante el mes de marzo.

Marzo	Promedio Pol Bagazo
01/03/2021	2,05
02/03/2021	1,78
03/03/2021	2,02
04/03/2021	1,89
05/03/2021	2,01
06/03/2021	1,96
07/03/2021	1,84
08/03/2021	1,83
09/03/2021	1,98
10/03/2021	1,80
11/03/2021	2,05
12/03/2021	2,48
13/03/2021	2,40
14/03/2021	2,37
15/03/2021	2,27
16/03/2021	2,30
17/03/2021	1,88

18/03/2021	1,93
19/03/2021	2,09
20/03/2021	1,87
21/03/2021	1,84
22/03/2021	2,07
23/03/2021	2,07
24/03/2021	1,97
25/03/2021	1,92
26/03/2021	2,10
27/03/2021	1,92
28/03/2021	2,21
29/03/2021	2,15
30/03/2021	1,98
31/03/2021	2,23

Autor: Álvarez, S. (2021)

Tabla 6. Control de Pol promedio del bagazo diario durante el mes de abril.

Abril	Promedio Pol Bagazo
01/04/2021	2,71
02/04/2021	1,96
03/04/2021	1,99
04/04/2021	2,64
05/04/2021	2,34
06/04/2021	2,30
07/04/2021	2,00
08/04/2021	2,02
09/04/2021	2,06
10/04/2021	2,18
11/04/2021	2,23
12/04/2021	1,96
13/04/2021	
14/04/2021	1,95
15/04/2021	2,18
16/04/2021	1,97
17/04/2021	2,04
18/04/2021	2,14
19/04/2021	1,96
20/04/2021	1,89
21/04/2021	1,88
22/04/2021	2,09

Autor: Álvarez, S. (2021)

5.1.7 Resumen de debilidades encontradas en el proceso de filtración de cachaza

Luego de realizar el diagnóstico del proceso de filtración de cachaza en esta primera fase, se pueden puntualizar las debilidades del mismo en:

- Cantidad de agua de lavado deficiente
- Sistema de humidificación de cachaza defectuoso
- Raspadores en mal estado
- Carencia de protocolos estandarizados para solucionar problemas
- Comunicación deficiente entre el laboratorio de procesos y los supervisores de fábrica
- Falta de capacitación a los operadores para corregir las pérdidas de sacarosa en el proceso de filtración de cachaza
- Inexperiencia de los operadores
- Bagacillo con retención de sacarosa (Alta Pol en el bagacillo)

5.2 Fase II: Análisis de las causas que originan la pérdida de sacarosa en la filtración de cachaza

Con la información anteriormente recopilada se procederá a llenar el formato PDCA (Ver Anexo 1) para resaltar las posibles causas, indagarse sobre estas y plantearse potenciales soluciones. Dicho formato se dividirá en tres partes; una primera donde se describirá el problema y se realizará la medición para cuantificarlo, una segunda parte donde se realiza un análisis de causas mediante diagrama de Ishikawa y metodología 5 porqué, y finalmente una 3ra parte donde se realizará el planteamiento de una estrategia mediante las técnicas Lean que será abarcada durante la fase III. Dicho formato también consta de una cuarta parte donde se evalúa la eficacia de las estrategias empleadas, pero, por tratarse de un trabajo de propuesta factible no se llegará a evaluar la implementación de la misma, por lo tanto, no será tomada en cuenta esta faceta.

5.2.1 Planteamiento de la problemática y medición de la misma

Durante el llenado de esta sección del formato se les dio respuestas a las preguntas planteadas, permitiendo así resumir los factores resaltados durante el diagnóstico y realizando una breve descripción del problema. La importancia de este paso yace en que así se le puede dar la información necesaria a una tercera persona en caso de requerir asistencia para indagar en alguna variable del proceso de filtración de cachaza.

Además, durante la fase de medición se plantea un gráfico para así poder resaltar los momentos exactos donde una variable sale de control y la repercusión de la misma (Ver figura 29).

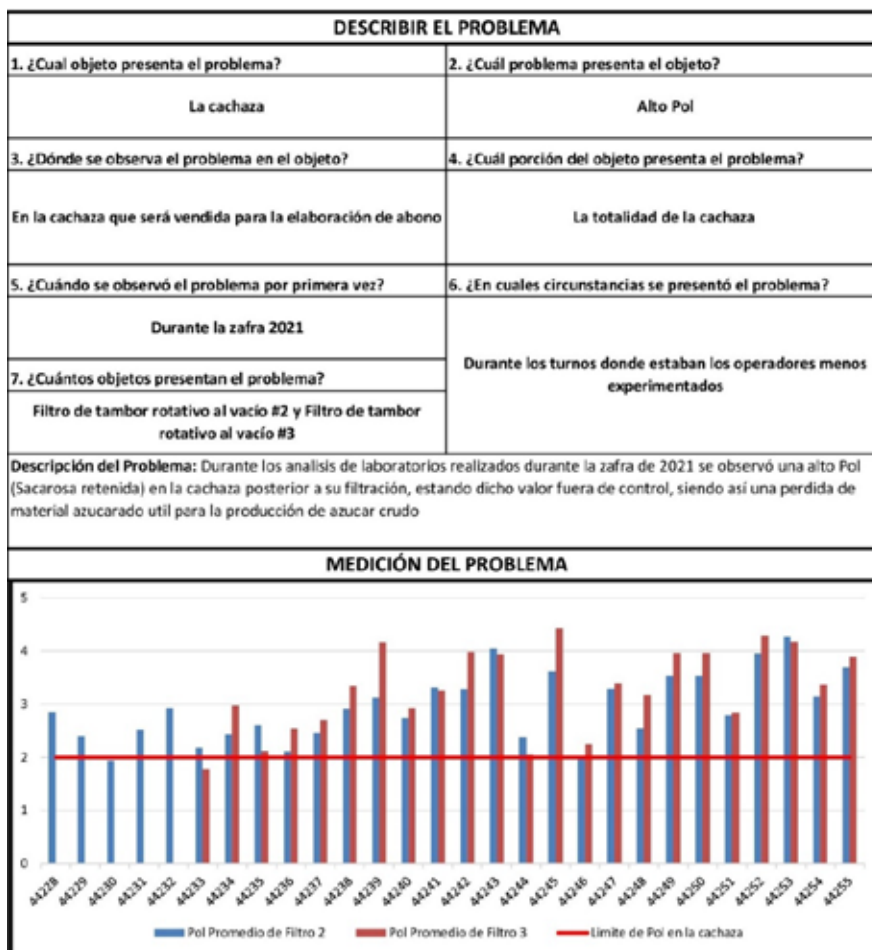


Figura 29. Primera sección formato PDCA
 Autor: Alvarez, S. (2021)

5.2.2 Análisis de causas de la problemática

En esta sección se planteó un diagrama de Ishikawa o también conocido como diagrama causa y efecto, tomando en cuenta cuatro factores principales: método, maquinaria, mano de obra y material (Ver cuadro 3).

Cuadro 3. Causas operativas de la alta Pol en la cachaza

Factor	Causa	Criterio de Observación
Mano de obra	Personal poco experimentado	Operadores novatos en el proceso de filtración de cachaza
	Personal sin capacitación	Poca capacitación al personal sobre detección de pérdidas en el proceso de filtración
Método	Carencia de metodología de detección	Carencia de una estrategia para detectar la causa de una elevada Pol
	Mala comunicación	Falta de retroalimentación por parte del laboratorio de procesos
Material	Bagacillo con alto Pol	Excedente de sacarosa en el bagacillo utilizado para la mezcla con el lodo
Maquina	Aspersores inconvenientes	Aspersores tapados
		Aspersores con fugas
	Filtro tapado	Aspersores no adecuados para el proceso
		Mal desprendimiento de la torta del tambor luego de ser filtrada

Autor: Álvarez, S. (2021)

5.2.2.1 Diagrama Causa-Efecto

Se planteó el siguiente diagrama generalizando las debilidades detectadas y destacadas en la fase anterior, con el fin de evaluar cada una de ellas y determinar las críticas (ver figura 30).

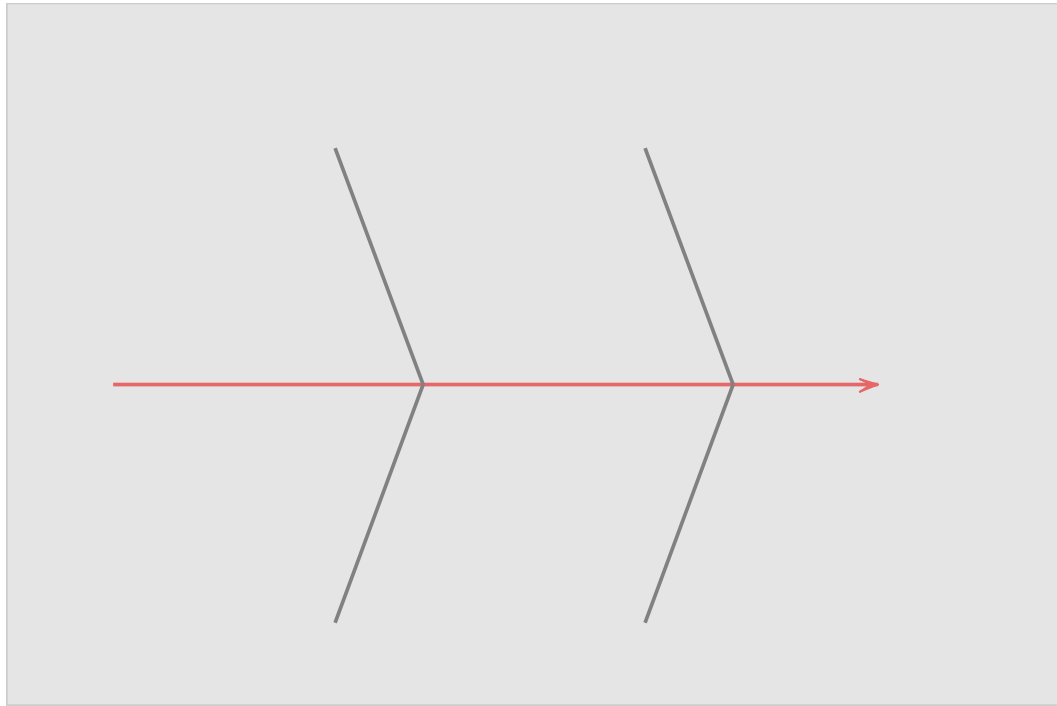


Figura 30. Diagrama Causa-Efecto de la Alta Pol en la cachaza
Autor: Alvarez, S. (2021)

En el diagrama mostrado se clasificaron las debilidades halladas en los factores de método, maquinaria, mano de obra y materiales con el fin de estudiarlas viéndose mayor incidencia en máquina, ya que el saber que el proceso requiere de la humidificación y que esta sea nula a causa de los problemas en el sistema de aspersores la convierten en una causa de peso al considerar reducir la pérdida de sacarosa en la cachaza. En segundo lugar, se tiene método y mano de obra, ya que solucionando dichas problemáticas se podría mitigar las pérdidas, pero en si no eliminaría la misma. En último lugar, se tiene material, ya que, aunque tiene incidencia al aportar sacarosa a la cachaza, depende del proceso de molienda y la capacidad de extracción de guarapo que molinos pueda extraerle a la caña.

5.2.3 Establecer las causas raíces con la metodología 5 porqués

Para la definición de la causa raíz que motiva la alta Pol en la cachaza se valió de la metodología 5 porqués (Ver Cuadro 4), ya que esta herramienta permite hallar el

verdadero origen de la problemática. De esta manera pudiendo realizar un plan estratégico para la corrección de las mismas.

Cuadro 4. Metodología 5 porqués

Problemática	Por qué 1	Por qué 2	Por qué 3	Por qué 4	Por qué 5	Causas raíces
¿Por qué existe una pérdida constante de sacarosa en la cachaza?	Porque no es extraída en su totalidad por el filtro	Porque no está siendo humidificada correctamente	Porque no está siendo utilizado	Porque el sistema no funciona correctamente	Porque los aspersores no son los indicados	Los aspersores no cumplen con los requisitos técnicos necesarios
					Porque están fuera de su tiempo de vida útil	Los aspersores debido a exceder su vida útil presentan desperfectos como fugas
					Porque el sistema carece de reajustes y mantenimiento de boquilla	Los aspersores carecen de rutinas de mantenimientos periódicos durante la zafra
Porque el filtro se tapa	Porque la cachaza no es desprendida correctamente durante la descarga	Porque los raspadores no desprenden completamente la torta	Porque los raspadores no se encuentran en buen estado		Los raspadores están fuera de condiciones operativas	

	Porque el problema no es atacado	Porque los supervisores no son notificados de la elevada Pol	Porque existe una mala comunicación entre el laboratorio y el supervisor			Carencia de notificación de valores irregulares a los supervisores por parte del laboratorio de proceso
		Porque no existe conocimiento por parte del operador al momento de presentarse un fallo				Necesidad de capacitación de Fallos-Soluciones del proceso

Autor: Álvarez, S. (2021)

A continuación, se presenta el resumen de las causas raíces determinadas en la metodología 5 porqués:

- Los aspersores no cumplen con los requisitos técnicos necesarios
- Los aspersores debido a exceder su vida útil presentan desperfectos como fugas
- Los aspersores carecen de rutinas de mantenimientos periódicos durante la zafra
- Los raspadores están fuera de condiciones operativas
- Carencia de notificación de valores irregulares a los supervisores por parte del laboratorio de proceso
- Necesidad de capacitación de Fallos-Soluciones del proceso

5.2.4 Identificación de las estrategias de acción necesarias en la solución de la problemática evaluada, utilizando la matriz DOFA

Con el fin poder identificar estrategias para minimizar la pérdida de sacarosa en el proceso de filtración de cachaza de Central El Palmar se realizó una matriz DOFA

(Ver cuadro 5); así pudiendo determinar puntos a favor y en contra, tanto internos como externos, que incurren en el proceso mismo.

Cuadro 5. Matriz DOFA del proceso de filtración de cachaza

FORTALEZAS	DEBILIDADES
Disposición por parte del personal en corregir la problemática	Comunicación deficiente entre el laboratorio de procesos y los supervisores de fábrica
Equipo idóneo para realizar la filtración	Los aspersores no cumplen con los requisitos técnicos necesarios
	Los aspersores carecen de rutinas de mantenimientos periódicos durante la zafra
	Los raspadores están fuera de condiciones operativas
	Necesidad de capacitación de Fallos-Soluciones del proceso
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
Capacitación del personal	Dependencia de molinos para disminuir la Pol del bagacillo
Disposición de la gerencia en aplicar estrategias para reducir la pérdida	Los pisteros de remplazo deben solicitarse a fabricantes en el extranjero
Implementación de herramientas de solución	
Reducción de desperdicio de tiempo al momento de resolver problemas	

Autor: Álvarez, S. (2021)

Una vez identificadas las fortalezas, debilidades oportunidades y amenazas del proceso de filtración de cachaza, se realizó el cruce de variables para establecer las estrategias (Ver Cuadro 6).

Cuadro 6. Identificación de estrategias a partir de la matriz DOFA

	FORTALEZAS	DEBILIDADES
	<ul style="list-style-type: none"> Disposición por parte del personal en corregir la problemática Equipo idóneo para realizar la filtración 	<ul style="list-style-type: none"> Comunicación deficiente entre el laboratorio de procesos y los supervisores de fábrica Los aspersores no cumplen con los requisitos técnicos necesarios Los aspersores carecen de rutinas de mantenimientos periódicos durante la zafra Los raspadores están fuera de condiciones operativas Necesidad de capacitación de Fallos-Soluciones del proceso
OPORTUNIDADES	ESTRATEGIA FO	ESTRATEGIA DO
<ul style="list-style-type: none"> Capacitación del personal Disposición de la gerencia en aplicar estrategias para reducir la pérdida Implementación de herramientas de solución Reducción de desperdicio de tiempo al momento de resolver problemas 	<ul style="list-style-type: none"> Crear un diagrama solucionador de problemas (troubleshooting) 	<ul style="list-style-type: none"> Realizar capacitaciones sobre importancia de la comunicación en una organización Realizar cambio de los equipos complementarios que inciden en un mal proceso de filtración (pisteros y raspadores)
AMENAZAS	ESTRATEGIA FA	ESTRATEGIA DA
<ul style="list-style-type: none"> Dependencia de molinos para disminuir la Pol del bagacillo Los pisteros de remplazo deben solicitarse a fabricantes en el extranjero 	<ul style="list-style-type: none"> Diseñar un pistero que pueda ser fabricado en el taller mecánico 	<ul style="list-style-type: none"> Crear planes de mantenimiento a los equipos complementarios para alargar su vida útil

Autor: Álvarez, S. (2021)

5.3 Fase III: Diseño de estrategias basadas en la técnica Lean para minimizar la pérdida de sacarosa en la filtración de cachaza en la empresa Central El Palmar S.A.

Una vez realizado el diagnóstico y análisis de debilidades encontradas en la operación de filtración de cachaza en Central El Palmar S.A., se procedió a establecer

propuestas de estrategias basadas en la metodología Lean y su filosofía de reducción de desperdicios para reducir la pérdida de sacarosa en el proceso.

5.3.1 Propuesta 1: Reemplazo de los equipos auxiliares deficientes del proceso (aspersores y raspadores)

5.3.1.1 Reemplazo de los aspersores

Actualmente el subproceso de humidificación de cachaza es el que presenta mayores adversidades para permitir una extracción adecuada de la sacarosa en la torta debido a distintas deficiencias en el proceso. Por lo cual la presente propuesta consiste en solucionar el hecho de que los pisteros no son los adecuados y solucionando a su vez las actuales fugas y aspersores tapados.

En primer lugar, la carencia de aspersores ideales para la actividad; debido a que los pisteros adecuados deben ser adquiridos en el extranjero, CEPESA se vio en la necesidad de suplantar estos por unos de fabricación propia (Fabricados en el taller mecánico de la empresa). Los aspersores fueron fabricados bajo el diseño que requieren las centrifugas de azúcar, las boquillas de los mismos son de aspersión plana (ver figura 31), ya que el centrifugado así lo requiere, pero para la humidificación de la torta es ideal una aspersión cónica hueca (ver figura 32).



Figura 31. Aspersión Plana
Fuente: Spraying Systems Co. (s.f.)



Figura 32. Aspersión cónica hueca
Fuente: Spraying Systems Co. (s.f.)

El filtro 2 y 3 cuentan con 5 y 3 tuberías para el sistema de humidificación cada uno respectivamente, se sabe que cada tubería cuenta con 14 tomas para aspersores, siendo 70 pisteros para el filtro 2 y 42 para el filtro 2, totalizando 112 pisteros en el sistema de humidificación. Además, debido a que las medidas longitudinales de los tambores de ambos filtros es de 16 pies (487,68 cm), por lo cual se puede establecer que cada pistero debe humidificar una longitud de 34,84 cm cada uno; a su vez las tuberías se ubica a 12 pulgadas del tambor (30,48 cm), por lo que, haciendo el cálculo del ángulo de aspersión se tiene que, aplicando teorema del seno: $Sen(\frac{\alpha}{2}) = \frac{Sen(90^\circ)}{\sqrt{(30,48)^2 + (\frac{34,84}{2})^2}} \cdot \frac{34,84}{2}$, entonces, $Sen(\frac{\alpha}{2}) = 0,4962$, Por lo que $\frac{\alpha}{2} = Sen^{-1}(0,4962)$, siendo $\frac{\alpha}{2} = 29,74^\circ$, y el ángulo de aspersión de $29,74^\circ * 2$, es decir $59,50^\circ$.

De igual manera la conexión de los pisteros debe ser de tipo macho NPT y con medida de 1/4", sabiendo que el sistema completo requiere de unos 15.000 litros por hora de agua (o 66 galones por minuto) cada pistero necesita dosificar 0.58 gpm. Siendo la ficha técnica del aspersor requerido la siguiente (ver tabla 7)

Tabla 7. Requisitos técnicos de los aspersores

Flujo	0,58 gpm
Angulo de aspersión	~60°
Tamaño de conexión	1/4"
Tipo de conexión	Macho NPT

Autor: Álvarez, S. (2021)

Mediante la página web del fabricante Spraying Systems Co., se ubicó el aspersor “WhirlJet Spray Nozzles, Standard Spray, Small Capacity” con la codificación “1/4BX-3” (Ver Figura 33), cumpliendo este todos los requisitos técnicos necesarios del sistema.



Figura 33. Aspersor 1/4BX-3
Fuente: Spraying Systems Co.

El plan de reemplazo de los aspersores fue ideado de la siguiente manera (ver cuadro 7), mientras sea realizado en el periodo de interzafra no requiere una parada ya que los equipos de crudo se encuentran fuera de servicio, siendo este el periodo predilecto para el mantenimiento a los equipos de crudo; de realizarse durante zafra el remplazo se puede realizar mientras que la molienda no esté activa, evitando de igual manera una parada.

Cuadro 7. Plan de remplazo de los aspersores

Cantidad de personal	Nivel de capacitación	Tiempo de trabajo	Herramientas de trabajos	Equipos de seguridad	Responsable
4	<ul style="list-style-type: none"> · Mecánicos · Asistentes Mecánicos 	6 horas	<ul style="list-style-type: none"> · Llaves ajustables · Rollo de teflón · Escalera 	<ul style="list-style-type: none"> · Arnés de seguridad · Casco · Botas de seguridad · Guantes de carnaza 	Supervisor de taller mecánico

Autor: Álvarez, S. (2021)

5.3.1.2 Reemplazo de los raspadores

Debido al deterioro del raspador como se vio reflejado en la figura 28 es necesario el reemplazo de dichos raspadores, siendo esta una pieza en forma de cuña con un grosor de 1,5 centímetros y longitud de 1,6 metros, dichas gomas son fabricadas por el proveedor de Central El Palmar.

Al igual que los aspersores, el reemplazo de los raspadores conlleva un plan de reemplazo presentado a continuación (ver cuadro 8), que de igual manera está ideado para ser realizado durante el periodo de interzafra bajo las mismas condiciones de el reemplazo de aspersores.

Cuadro 8. Plan de reemplazo de los raspadores de cachaza

Cantidad de personal	Nivel de capacitación	Tiempo de trabajo	Herramientas de trabajos	Equipos de seguridad	Responsable
3	<ul style="list-style-type: none">• Mecánico• Asistentes Mecánicos	2 horas	<ul style="list-style-type: none">• Llaves ajustables	<ul style="list-style-type: none">• Casco• Botas de seguridad• Guantes de carnaza	Supervisor de taller mecánico

Autor: Álvarez, S. (2021)

5.3.2 Propuesta 2: Diseño de metodología para detección y corrección de fallas en el proceso de extracción de sacarosa de la cachaza

Siguiendo la metodología Lean Manufacturing y su filosofía de reducción de desperdicios, en esta propuesta se desea disminuir el desperdicio de tiempo al momento de detectar la situación que ocasiona la pérdida de sacarosa en el proceso de extracción de cachaza.

Para esto se propone el siguiente diagrama de solución de problemas, también conocido como *troubleshooting*, siendo este un sistema lógico para corrección de fallas y recuperación de operatividad de procesos.

Para la elaboración del diagrama se creó un tabulador basado en la cercanía del origen del problema para el operador del filtro (entiéndase cercanía como, ubicación tomando como origen el filtro de cachaza). Por lo cual se estableció una escala del 1 al 5, siendo en “Cercanía del origen del problema para el operador del filtro” 1 = Origen cercano al filtro y 5 = Origen alejado del filtro. Mientras menor sea el valor, menor tiempo es necesario para verificarlo. Generando así la siguiente tabla (ver tabla 8).

Tabla 8. Tabulador de orígenes para Diagrama Troubleshooting

Origen de la problemática	Cercanía
Velocidad de rotación del filtro	1
Pisteros tapados	1
Presión de lavado de cachaza	1
Dosificación de agua suficiente	1
Sistema de bombas de agua defectuoso	4
Soplador de bagacillo tapado	5
Dosificación de polímero aniónico	3
Alto grosor de la torta	1
Poca dosificación de bagacillo al lodo	5
Sistema de bombas de vacío defectuoso	2
Válvulas reguladoras de vacío defectuosas	2
Filtro tapado	1

Autor: Álvarez, S. (2021)

Al ordenar los orígenes de menor a mayor, y agregarle las soluciones a cada origen, se obtiene la siguiente tabla (ver tabla 9).

Tabla 9. Orden de causas y soluciones de alta Pol en la cachaza

Origen de la problemática	Cercanía	Soluciones
Velocidad de rotación del filtro	1	Regular las rotaciones a: <ul style="list-style-type: none"> · 1 revolución en 6 minutos para tambores de 10´ · 1 revolución en 9 minutos para tambores de 8´
Pisteros tapados	1	Notificar al supervisor de taller mecánico para realizarle el mantenimiento oportuno.
Presión de lavado de cachaza	1	Regular válvula maestra del sistema de humidificación.
Alto grosor de la torta	1	Reducir el bajo vació el filtro de cachaza.
Dosificación de agua suficiente	1	Procurar una presión de 30 psi, ya que, los aspersores correctos realizan una dosificación ideal a esa presión.
Filtro tapado	1	Sacar de servicio el filtro y realizar un lavado con agua caliente.
Sistema de bombas de vacío defectuoso	2	Notificar al supervisor de taller mecánico para tomar las medidas pertinentes.
Válvulas reguladoras de vacío defectuosas	2	Notificar al supervisor de taller mecánico para realizar el cambio o mantenimiento de las mismas.
Dosificación errónea de polímero aniónico	3	Regular válvula dosificadora de polímero en el mezclador de cachaza.
Sistema de bombas de agua defectuoso	4	Notificar al supervisor de taller mecánico para tomar las medidas pertinentes.
Poca dosificación de bagacillo al lodo	5	Regular apertura del conducto transportador de bagacillo.
Soplador de bagacillo tapado	5	Notificar al supervisor de molinos para tomar las medidas correctivas pertinentes.

Autor: Álvarez, S. (2021)

Con la tabla de orden de causas y soluciones de alta Pol en la cachaza (Tabla 9) se procedió a la elaboración del siguiente diagrama para realizar la verificación de causas de una manera más visual (Ver figura 34)

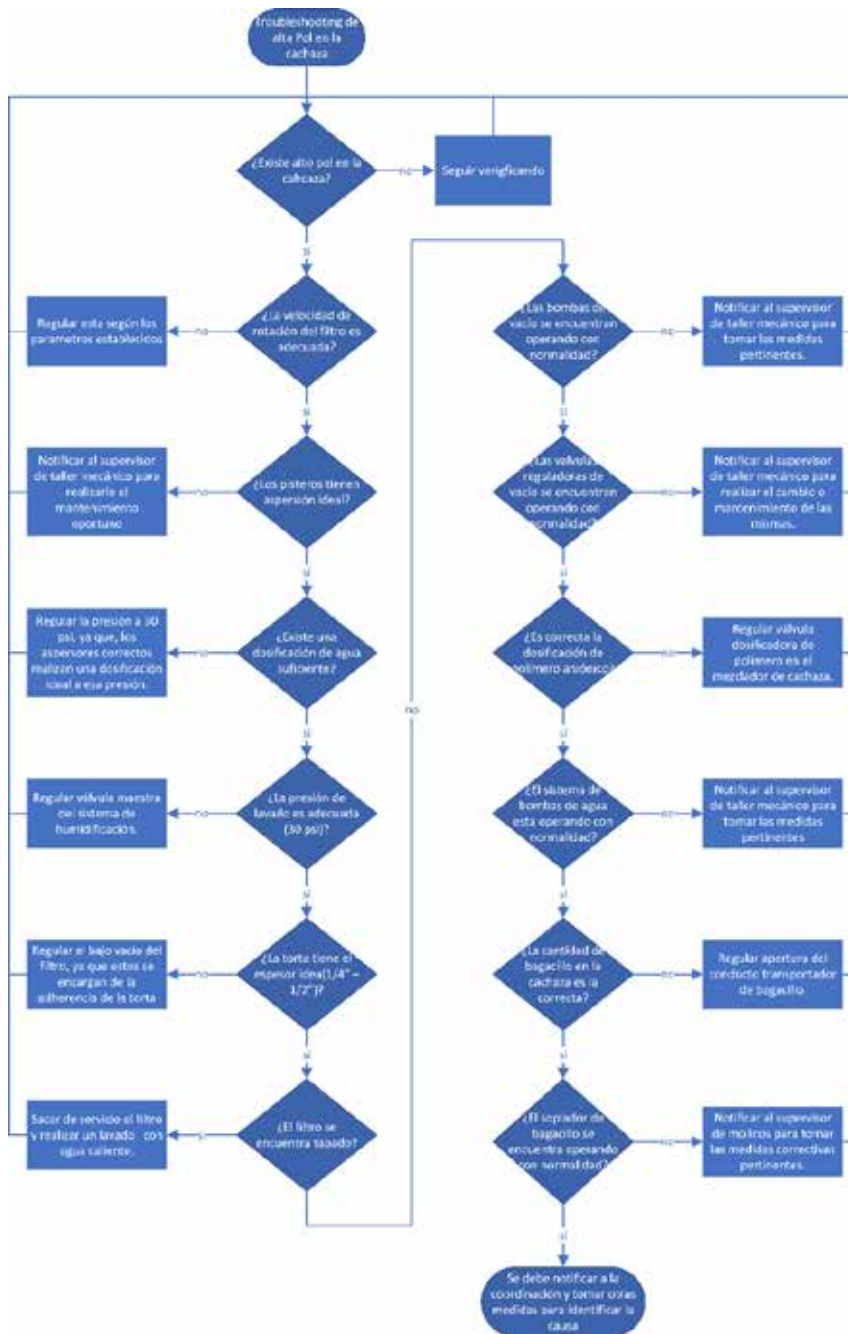


Figura 34. Diagrama troubleshooting de alta Pol en la cachaza
 Autor: Álvarez, S. (2021)

5.3.3 Propuesta 3: Estrategia de capacitación y formación al personal de fábrica y laboratorio

Finalmente se propone una serie de capacitaciones al personal relacionado con el proceso de filtración de cachaza (Operadores del filtro, Supervisores de fábrica y personal del laboratorio) para así solucionar las debilidades relacionadas con la mano de obra.

Además, debido a la propuesta de implementación de una nueva metodología no aplicada en el área (Diagrama Troubleshooting) deben ser impartidas unos programas de capacitación y formación al personal para familiarizarlos con el mismo y facultarlos en la utilización de este; ya que, tanto los operadores del filtro como los supervisores de fábrica no dominan dicha herramienta.

Haciendo uso de la sección de planificación del formato PDCA, se presentan los siguientes planes para la implementación de talleres de capacitación al personal de fábrica y laboratorio de procesos (ver cuadro 9).

Cuadro 9. Plan de capacitación al personal

Taller	Personal Objetivo	Responsables	Objetivos	Duración	Logística
Importancia de la comunicación efectiva en una organización	<ul style="list-style-type: none"> · Supervisores de fabrica · Analistas del laboratorio · Supervisores del laboratorio 	<ul style="list-style-type: none"> · Comunicadora (Departamento de mejora continua) 	Transmitir la importancia que conlleva la comunicación dentro de una organización y los	2 horas por grupos 4 grupos en total	Presentación por parte de la comunicadora acerca de qué es la comunicación organizacional y lo que esta conlleva

<p>Aplicación de metodología para detección y solución de fallas en el proceso de filtración de cachaza</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Operadores del filtro de cachaza · Supervisores de fabrica 	<ul style="list-style-type: none"> · Ingeniero de procesos · Analista de mejora continua 	<p>Capacitar a los operadores para detección y corrección de fallas en el proceso de filtración de cachaza, además de mejorar su capacidad para operar los filtros. A su vez, capacitar a los supervisores en la metodología y utilización de las herramientas de reducción de desperdicios</p>	<p>3 reuniones por grupos 2 horas por reunión 4 grupos en total</p>	<p>Presentación por parte de la persona capacitada en ingeniería de procesos industriales y metodologías para la disminución de los desperdicios. Capacitación por parte de la analista de mejora continua de la herramienta propuesta</p>
---	---	--	---	---	--

Autor: Álvarez, S. (2021)

5.4 Fase IV: Evaluar la factibilidad operativa, técnica y económica de las propuestas diseñada

Como última fase se realiza un estudio de factibilidad operativa, técnica y económica, con el fin de determinar la posibilidad de desarrollo de las propuestas planteada, ya que existe la posibilidad de que alguna propuesta requiera de recursos que no son factibles. Además, de verificar las condiciones necesarias para llevar a cabo el proyecto tomando en cuenta los factores mencionados anteriormente.

5.4.1 Factibilidad operativa

Esta factibilidad se relaciona con el personal necesario para efectuar las siguientes propuestas:

- Reemplazo de los equipos auxiliares deficientes del proceso (aspersores y raspadores)

- Implementación de metodología para detección y corrección de fallas en el proceso de extracción de sacarosa de la cachaza
- Capacitación y formación al personal de fábrica y laboratorio

Para ello se realiza una evaluación de características operacionales, si la cantidad de características aprobadas superan a la cantidad de características rechazadas se puede considerar un proyecto factible operativamente (Ver cuadro 10).

Cuadro10. Evaluación de operatividad

Características operativas	Si	No
¿Se cuenta con la disposición del personal para realizar las mejoras?	X	
¿Se cuenta con el personal necesario para llevar a cabo los remplazos de la propuesta 1?	X	
¿Se trabaja actualmente con las estrategias metodológicas propuestas?		X
¿Las estrategias propuestas se adaptan a las necesidades de la empresa?	X	
¿Las propuestas cumplen con un diseño simple de comprender?	X	
¿Las propuestas metodológicas cumplen con adaptabilidad para otros procesos de la empresa?	X	

Autor: Álvarez, S. (2021)

Según lo apreciado en el cuadro de evaluación de operatividad, se contempla que las propuestas realizadas superan la ratio de aprobación respecto rechazos, por lo cual se pueden considerar factibles a nivel operativo.

5.4.2 Factibilidad Técnica

La factibilidad técnica se basa en evaluar los recursos tecnológicos y estructurales con los que cuenta la empresa para llevar a cabo las propuestas. De esta manera se realizó un cuadro de verificación de recursos al igual que en la factibilidad operativa evaluando las herramientas necesarias para ejecutar cada una de las propuestas en Central El Palmar reflejando sus resultados a continuación (ver cuadro 11).

Cuadro 11. Evaluación de herramientas

Propuesta	Descripción	Si	No
Reemplazo de los equipos auxiliares deficientes del proceso (aspersores y raspadores)	¿Se cuenta con los equipamientos de seguridad personal necesarios para llevar a cabo el reemplazo de los equipos auxiliares?	X	
	¿Se cuenta con las herramientas necesarias para llevar a cabo el reemplazo de los equipos auxiliares?	X	
Implementación de metodología para detección y corrección de fallas en el proceso de extracción de sacarosa de la cachaza	¿Se cuenta con el espacio necesario para el análisis de la propuesta?	X	
	¿Se cuenta con impresora o plóter para imprimir el diagrama propuesto?	X	
Capacitación y formación al personal de fábrica y laboratorio	¿Se cuenta con una sala de reuniones para llevar a cabo los talleres de capacitación y formación?	X	
	¿Se cuentan con computadores, proyectores y otros equipos necesarios para presentar los talleres de capacitación y formación?	X	
	¿Se cuenta con los artículos de oficina necesarios para llevar a cabo los talleres de capacitación y formación?	X	
	¿Se cuenta con el personal capacitado para impartir los talleres de capacitación y formación?	X	

Autor: Álvarez, S. (2021)

Según lo apreciado en el cuadro de evaluación técnica, se contempla que las propuestas realizadas tienen una aprobación absoluta en cuanto a requisitos técnicos compete, por lo cual se pueden considerar totalmente factibles a nivel técnico.

5.4.3 Factibilidad económica

Finalmente, el estudio de la factibilidad económica se basa en el cálculo del costo de las inversiones requeridas para la implementación de las propuestas realizadas al proceso de filtración de cachaza.

Para ello se estableció el costo de ejecución de la primera propuesta (Ver cuadros 12, 13 y 14).

Cuadro 12. Costos de adquisición de los aspersores

Ítem	Costo	Cantidad	Total
Costo aspersores 1/4BX-3	38,27\$	112	4.286,24\$
Seguro de carga	5% (Valor de la carga)	-	214,31\$
Importación	115\$	-	115\$
Aranceles aduaneros	16% (Valor de la carga)	-	720,08\$
IVA	16%		853,70\$
Transporte nacional	30\$	-	30\$
Total			6.219,33\$

Autor: Álvarez, S. (2021)

Cuadro 13. Costos de adquisición de los Raspadores

Ítem	Costo	Cantidad	Total
Costos raspadores de cachaza	1.100\$	6	6.600\$
Total			6.600\$

Autor: Álvarez, S. (2021)

Cuadro 14. Costo total de remplazo de los equipos auxiliares deficientes del proceso

Ítem	Costo
Costo aspersores	6.219,33\$
Costos raspadores de cachaza	6.600\$
Total	12.812,33\$

Autor: Álvarez, S. (2021)

Durante la estimación del costo de remplazo de los equipos auxiliares deficientes del proceso, no se toma en cuenta el costo de tiempo de parada del equipo ya que la propuesta está considerada para ser implementada durante el tiempo de interzafra, evitando así que sea necesaria una parada para remplazar los equipos necesarios. Además, el costo de capacitación tampoco se toma en cuenta ya que serán realizadas por el equipo de mejora continua en sus planes de capacitación rutinarios, no siendo necesaria la contratación de un asesor.

Concretando una inversión de: 12.812,33\$, sumando un 10% más para imprevistos, se totalizaría una inversión total de 14.093,56; para establecer el tiempo de recuperación del capital de la propuesta y así verificar la factibilidad de la misma, si se logra disminuir el Pol de 3,23 (promedio actual) a < 2,7 (meta deseada), se establece la recuperación de sacarosa en:

$$\text{Ton Recuperadas} = \left(3,94\% \frac{3,23}{100} 2900 \right) - \left(3,94\% \frac{2,7}{100} 2900 \right) = 0,605$$

Siendo la recuperación de sacarosa de 0,605 Ton de crudo diario. Con el factor de refino actual de 108,5 (Por cada 108,5 toneladas de azúcar crudo se producen 100 toneladas de azúcar refinada), 0,605 toneladas de crudo equivaldrían a 0,558 toneladas de azúcar refinado, con un valor de 390,60\$ (Precio comercial de 0,70\$ el kilo al mayor).

Finalmente, se establece el tiempo de recuperación de la inversión como:

$$\text{Tiempo de recuperación} = \frac{\text{Costo inversión}}{\text{Beneficio diario}} = \frac{14,093,56\$}{390,60\$} = 36,08 \text{ días} \quad 37 \text{ días}$$

Por lo cual se concluyó que la propuesta de remplazo de equipos es factible, ya que la recuperación de la inversión se logra en 1/4 del periodo de zafra.

CONCLUSIONES

Luego de culminar las cuatro fases descritas en el presente trabajo, cumpliendo así con el objetivo general de proponer estrategias para minimizar la pérdida de sacarosa en la filtración de cachaza en la empresa Central El Palmar S.A., aplicando técnicas Lean; y con los objetivos específicos de diagnosticar el proceso de filtración de cachaza en la empresa Central El Palmar S.A.; analizar las causas que originan la pérdida de sacarosa en la filtración de cachaza; diseñar estrategias basadas en la técnica Lean para minimizar la pérdida de sacarosa en la filtración de cachaza en la empresa Central El Palmar S.A.; y evaluar la factibilidad operativa, técnica y económica de la propuesta diseñada mismo, se pueden evidenciar las siguientes conclusiones.

Al diagnosticar la situación presente en el proceso de filtración de cachaza en el periodo de zafra 2020-2021 de Central El Palmar se destacaron una serie de debilidades en la operación, que al ser analizadas durante la Fase II del proyecto mediante la herramienta (PDCA) utilizada en Central El Palmar, arrojando como causas raíces las siguientes razones: aspersores que no cumplen con los requisitos técnicos necesarios, aspersores fuera de vida útil, carencia de rutinas de mantenimientos periódicos durante la zafra a los aspersores, raspadores fuera de condiciones operativas, carencia de notificación de valores irregulares a los supervisores por parte del laboratorio de proceso y necesidad de capacitación de Fallos-Soluciones del proceso.

Encontrando oportunidades de mejora ligadas a la metodología Lean Manufacturing, siendo estas:

- Mejora de comunicación entre el personal supervisor.
- Implementación de una metodología
- Capacitación al personal que interviene en el proceso de filtración de cachaza para la implementación de la metodología propuesta
- Reemplazo de los equipos auxiliares deficientes del proceso, por unos que cumplan los requisitos operacionales del mismo.

Resumiendo, todas las etapas de la investigación en el formato PDCA de la empresa (Ver anexo 4).

Debido a la proposición de dichas mejoras se realizó una evaluación midiendo aspectos operativos, técnicos y económicos, obteniendo que las propuestas planteadas cumplen con las características necesarias para ser consideradas factibles, necesitando una inversión de 12.812,33\$, pudiendo ser recuperado en 47 días de producción.

RECOMENDACIONES

Por último, se presenta un conjunto de recomendaciones para tomar en consideración una vez aplicadas las propuestas presentadas:

- Realizar un estudio a la problemática existente en la extracción efectiva de jugo por parte del departamento de molinos, para disminuir la Pol en el bagacillo
- Realizar rutinas de mantenimiento (Limpieza) al filtro de cachaza durante la zafra mientras se encuentre en parada la molienda
- Considerar limpieza semanal al filtro con hidróxido de sodio (Soda caustica) al filtro de cachaza, para así poder retirar cualquier posible incrustación en las tuberías internas del filtro.
- Una vez aplicada la metodología troubleshooting en la filtración de cachaza, implementar la misma en otros procesos de la empresa
- Realizar capacitaciones al resto del personal que forman parte de Central El Palmar acerca de la comunicación organizacional.
- Aplicar herramientas de Lean Manufacturing en otras áreas de la empresa para reducir los desperdicios en la organización.

REFERENCIAS

- Aquino, E. (2019). “
” (Trabajo de Pregrado). Universidad José Antonio
Páez. San Diego, Venezuela.
- Arca, M. (1983). *Haciendo Azúcar: Filtro de cachaza* (1ra ed.). Editorial Acra Corporation
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación* (6ta ed.). EDITORIAL EPISTEME.
- Asamblea Nacional (2005). *Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo*. Gaceta Oficial N° 38236. Venezuela. Disponible en red en: <https://www.medicinalaboraldevenezuela.com.ve/archivo/LOPCYMAT.pdf>
- Asamblea Nacional Constituyente (1999). *Constitución Nacional de la República Bolivariana de Venezuela*. Gaceta Oficial N° 36860. Venezuela. Disponible en red en: http://www.oas.org/dil/esp/constitucion_venezuela.pdf
- Asturias Corporación Universitaria. (2018). *Definición y Principios del Lean Management*. Disponible en red en: https://www.centro-virtual.com/recursos/biblioteca/pdf/aseguramiento_calidad/unidad3_pdf3.pdf
- Banko, C. (2007). *La industria azucarera en la región centro occidental*. Universidad de Carabobo. Disponible en red en: <http://servicio.bc.uc.edu.ve/postgrado/manongo29/art03.pdf>
- Bertalanffy, L. (1976). *Teoría general de los sistemas: fundamentos, desarrollo, aplicaciones (Ciencia y tecnología)* (Spanish Edition). Fondo de Cultura Económica. Disponible en red en: <http://fad.unsa.edu.pe/bancayseguros/wp-content/uploads/sites/4/2019/03/Teoria-General-de-los-Sistemas.pdf>
- Biot, P. (s. f.). *¿Por qué usar Lean? 8 técnicas básicas*. Universidad de Alicante. Recuperado 28 de marzo de 2021, Disponible en red en: <https://www.unniun.com/por-que-usar-lean-8-tecnicas-basicas-pau-biot-master-direccion-y-gestion-de-empresas-de-la-universidad-de-alicante/>

- Chandler, A. (2003). *Strategy and Structure: Chapters in the History of the American Industrial Enterprise*. Beard Books. Disponible en red en: <https://doi.org/10.2307/1902596>
- Chen, J. C. P., & Chou, C. C. (1993). *Cane Sugar Handbook: A Manual for Cane Sugar Manufacturers and Their Chemists* (1ra ed. Español). NORIEGA editores.
- Dahlgard, J., Kristensen, K., & Khanji, G. K. (1997). *Fundamentals of Total Quality Management* (1st ed.). Routledge. Disponible en red en: <https://compresspdf.chuyenthuvi.com/download/compresspdf>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (de Colombia). (2009). *Guía para Diseño, Construcción e Interpretación de Indicadores*. Disponible en red en: https://www.dane.gov.co/files/planificacion/fortalecimiento/cuadernillo/Guia_construccion_interpretacion_indicadores.pdf
- Dyson, R. (2004). Strategic development and SWOT analysis at the University of Warwick. Disponible en red en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377221703000626>
- Dubs, R. (2002). *El Proyecto Factible: una modalidad de investigación*. Sapiens. Revista Universitaria de Investigación. Disponible en red en: <https://www.redalyc.org/pdf/410/41030203.pdf>
- Editorial Definición MX. (2015). *Proceso Productivo*. Definición MX. Disponible en red en: <https://definicion.mx/proceso/>
- Fred, D. (2003). *Conceptos de Administración Estratégica* (9.a ed.). Pearson Educación de México. Disponible en red en: <https://maliaoceano.files.wordpress.com/2017/03/libro-fred-david-9a-edicion-con-estrategica-fred-david.pdf>
- Gerges, M. (2020). *Herramientas empleadas mediante metodología Lean Six Sigma*. Izertis. Recuperado 28 de marzo de 2021, Disponible en red en: <https://www.izertis.com/es/-/blog/herramientas-empleadas-mediante-metodologia-lean-six-sigma>
- Hugot, E. (1972). *Handbook of cane sugar engineering*, (2da ed.). Elsevier Pub. Co.

- Humanes, M. (2019). *Metodología Lean: ¿qué es y cómo aplicarla en tu empresa?* Ekon. Disponible en red en: <https://www.ekon.es/metodologia-lean-empresa/#:%7E:text=La%20metodolog%C3%ADa%20Lean%20es%20una,la%20experiencia%20de%20los%20clientes.>
- Hurtado, J. (2000). *Metodología de la Investigación Holística* (3.a ed.). Instituto Universitario de Tecnología Caripito. Disponible en red en: <https://ayudacontextos.files.wordpress.com/2018/04/jacqueline-hurtado-de-barrera-metodologia-de-investigacion-holistica.pdf>
- Ibarra, M. (2018). *Sustento Teórico: Características, Para Qué Sirve y Ejemplo*. Lifeder. Disponible en red en: <https://www.lifeder.com/sustento-teorico-investigacion/>
- International Organization for Standardization. (2005). *Gestión de la calidad* (ISO 9001:2005)
- López, P. (2012). *PDCA*. Asociación Española para la Calidad. Disponible en red en: <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/pdca>
- Lynn, R. (s. f.). *Lean Methodology*. Planview. Revisado marzo 18, 2021, Disponible en red en: <https://www.planview.com/resources/articles/lean-methodology/#:%7E:text=In%20short%2C%20Lean%20methodology%20is,improvement%20and%20respect%20for%20people.>
- Martínez, B. (2019).
(Trabajo de Pregrado). Universidad Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque, Perú.
Disponible en red en: <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/7989/BC-4364%20BONILLA%20DANIEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ministerio de Sanidad y Asistencia Social (1996). *Resolución por la cual se dictan las normas de Buenas Prácticas de Fabricación, Almacenamiento y Transporte de Alimentos para consumo*. Gaceta Oficial N° 36081. Venezuela. Disponible en red en: <http://www.safeintl.com/descargas/Gaceta-oficial-36081-Normas-de-buenas-practicas-de-fabricacion-almacenamiento-y-transporte-de-alimentos-para-consumo-humano.pdf>
- Naddi, S. (2020). “
” (Trabajo de Pregrado). Universidad José Antonio Páez. San Diego, Venezuela.

- Palella, S., & Martis, F. (2012). *Metodología de la investigación cuantitativa* (2.a ed.) [Libro electrónico]. FEDUPEL. Disponible en red en: <https://issuu.com/originaledy/docs/metodologc3ada-de-la-investigac3b>
- Pérez, J., & Gardey, A. (2014). *Definición de plantas industriales*. Enciclopedia Digital Definición MX. Disponible en red en: <https://definicion.de/plantas-industriales/>
- Progressa Lean. (2014). *Diagrama Causa-Efecto (Diagrama Ishikawa)*. Disponible en red en: <https://www.progressalean.com/diagrama-causa-efecto-diagrama-ishikawa/>
- Progressa Lean. (2015). *5 porqués, Análisis de la causa raíz de los problemas*. Disponible en red en: <https://www.progressalean.com/5-porques-analisis-de-la-causa-raiz-de-los-problemas/#:%7E:text=La%20estrategia%20de%20los%205,de%20la%20estrategia%205%20porqu%C3%A9s.>
- Real Academia Española. (s. f.). Dato. En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado 30 de marzo de 2021, Disponible en red en: <https://dle.rae.es/dato#otras>
- Rein, P. (2012). *Ingeniería de la Caña de Azúcar* (1ra ed.). Verlag Dr. Albert Bartens KG.
- Salazar, B. (2019). *Metodología de las 5S*. Ingeniería Industrial Online. Disponible en red en: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/gestion-y-control-de-calidad/metodologia-de-las-5s/>
- Sociedad Colombiana de Ingenieros. (2014). «La agroindustria camino hacia el desarrollo». *Anales de Ingeniería*, 930. Disponible en red en: https://issuu.com/ingsci/docs/final_200_baja/11
- Tamayo, M. (2007). *El Proceso de la Investigación Científica* (4.a ed.). LIMUSA. Disponible en red en: <https://cucjonline.com/biblioteca/files/original/874e481a4235e3e6a8e3e4380d7adb1c.pdf>
- Womack, J., & Jones, D. (2003). *Lead Thinking*. Gestión 2000. Disponible en red en: <https://corladancash.com/wp-content/uploads/2019/02/Lean-Thinking-Daniel-T-Jones-James-P-Womack.pdf>



**LISTA DE CHEQUEO DE PARÁMETROS OPERACIONALES DE
FILTRACIÓN DE CACHAZA**

Realizada por: Alvarez, S.

Empresa: Central El Palmar S. A.

Los ítems indicados están referidos conforme las variables operacionales expresadas en el manual "Haciendo Azúcar: Filtros de Cachaza", Según Arca, M (1983)

Variables	Conforme	No Conforme
Alto vacío = 15"- 20"		
Bajo vacío = 10"-15"		
Espesor de torta = 1/4" – 1/2" (0,64 - 1,3 cm)		
Presión de agua de lavado = 30 – 40 psi.		
Velocidad de rotación = 1 revolución en 6 minutos para tambores de 10' 1 revolución en 9 minutos para tambores de 8'		
Agua de lavado % cachaza = 150%		
Sistema de goteo de agua efectivo		
Raspadores en condiciones idóneas		

ANEXO B. Lista de chequeo de parámetros operacionales de filtración de cachaza
Autor: Álvarez, S.



**LISTA DE CHEQUEO DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO EN EL
PROCESO DE FILTRACIÓN DE CACHAZA**

Realizada por: Alvarez, S.

Empresa: Central El Palmar S. A.

Los ítems indicados están referidos conforme las actividades de operación y supervisión del proceso de filtración de cachaza

Variables	Conforme	No Conforme	Observaciones
Los operadores cuentan con suficiente experiencia en el proceso de filtración de cachaza			
Los operadores conocen todos los parámetros operativos indicados en el manual y el porqué de su valor			
Los operadores cuentan con capacitación para la solución de valores fuera de control en la filtración de cachaza			
Los operadores y supervisores disponen de un diagrama de fallos y soluciones al cual acudir en caso de valores fuera de parámetro			
Los supervisores son notificados por el laboratorio de procesos en caso de detección de alta Pol en la cachaza			
Los supervisores comunican a los operadores al momento de detectar valores fuera de control			

ANEXO C. Lista de chequeo de las condiciones de trabajo en el proceso de filtración de cachaza

Autor: Álvarez, S.

