



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE FILTRADO DE JUGO DE CAÑA A
ALTAS TEMPERATURAS EN LA FUNDACIÓN MAQUITA DE LA CIUDAD DE
LATACUNGA.**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTROMECÁNICO

Autor:

Víctor Ismael Torres Núñez

Tutor Académico:

PhD. Ing. Héctor Luís Laurencio Alfonso

Latacunga – Ecuador

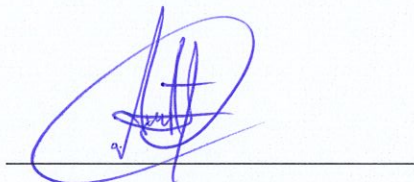
2024

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Torres Núñez Víctor Ismael, declaro ser autor de la presente propuesta tecnológica: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE FILTRADO DE JUGO DE CAÑA A ALTAS TEMPERATURAS EN LA FUNDACIÓN MAQUITA DE LA CIUDAD DE LATACUNGA”**, siendo el PhD. Ing. Héctor Luís Laurencio Alfonso, tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que, las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 19 de agosto del 2024



Torres Núñez Víctor Ismael

C.I. 1850044239



UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE
COTOPAXI



Facultad de Ciencias
de la Ingeniería
y Aplicadas

AVAL DE TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de investigación con el título:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE FILTRADO DE JUGO DE CAÑA A ALTAS TEMPERATURAS EN LA FUNDACIÓN MAQUITA DE LA CIUDAD DE LATACUNGA”, de **Torres Núñez Víctor Ismael**, de la carrera de **Ingeniería Electromecánica**, considero que dicho Trabajo Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación, que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 19 de agosto, 2024

PhD. Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso

C.I. 1758367252

TUTOR

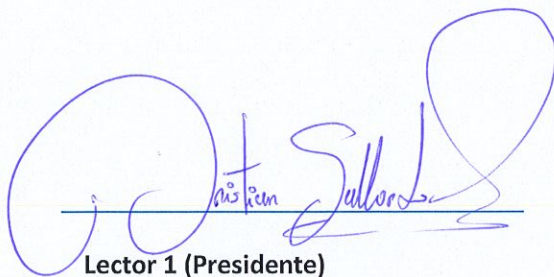
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, por cuanto, el postulante: Torres Núñez Víctor Ismael con el título de Proyecto de Titulación: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE FILTRADO DE JUGO DE CAÑA A ALTAS TEMPERATURAS EN LA FUNDACIÓN MAQUITA DE LA CIUDAD DE LATACUNGA”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación del Proyecto.

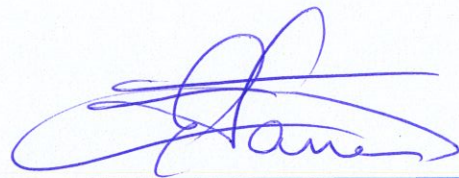
Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 19 de agosto, 2024

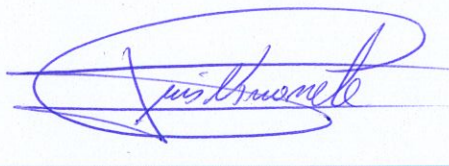
Para constancia firman:



Lector 1 (Presidente)
Nombre: Ing. Msc. Cristian Gallardo
CC: 050284769 2



Lector 2
Nombre: Ph.D. Enrique Torres
CC: 175712194 0



Lector 3
Nombre: Ing. Msc. Luís Navarrete
CC: 180374728 4

AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Se certifica que el equipo técnico conformado por:

TUTOR: PhD. Laurencio Héctor

ESTUDIANTE: Torres Núñez Víctor Ismael

Ha implementado satisfactoriamente un sistema de control interno para la Asociación Flor de Caña ubicada en la provincia de Cotopaxi, cantón Sigchos, parroquia Palo Quemado, como proyecto de tesis.

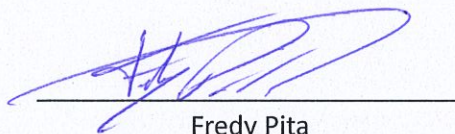
El proyecto incluyó las siguientes etapas clave:

1. Diagnóstico de la situación actual de la producción de panela.
2. Diseño e implementación de un sistema de FILTRADO DE JUGO DE CAÑA.
3. Pruebas de funcionamiento del equipo instalado.

El equipo técnico demostró un alto nivel de compromiso, conocimientos técnicos y habilidades de gestión de proyectos para llevar a cabo esta implementación de manera exitosa.

Se extiende el presente certificado a solicitud del Señor Víctor Ismael Torres Núñez, en reconocimiento al trabajo realizado por el estudiante.

Latacunga, 16 de agosto del 2024



Fredy Pita
Coordinador agrícola
Fundación Maquita

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a mis padres, Víctor y Norma, quienes han sido el motor fundamental de este proceso, que, a pesar de ser un camino difícil, nunca me han abandonado. A mis hermanos; Elizabeth, Santiago y David, que han sabido estar presentes brindando todo su apoyo. A mi pareja Patricia, a quien la he conocido en este espectacular proceso y quien a partir de ese momento no me ha dejado solo.

A cada uno mis familiares quienes han estado prestando su apoyo siempre que lo he necesitado, a mis abuelitos, tíos y primos presentes durante el trayecto.

A mi distinguida Universidad Técnica de Cotopaxi, quien me ha acogido para formarme cómo un profesional, a cada uno de los docentes de esta institución que han impartido su conocimiento, me han dado el apoyo y seguimiento.

A mi tutor PhD. Héctor Laurencio, por su invaluable guía y apoyo a lo largo del proceso. Su experiencia, conocimiento y dedicación han sido fundamentales para el éxito de este proyecto de investigación.

Agradezco a la fundación Maquita, a través del Ing. Fredy Pita por brindarme la oportunidad de desarrollar esta importante investigación, por el acompañamiento brindado en el proceso de estudio y por el apoyo otorgado a través de sus programas.

DEDICATORIA

Este título va dedicado a mis padres, quienes, a pesar de no ser un camino fácil, me supieron guiar y me brindaron su apoyo incondicional, a mis hermanos que forman parte de mi ser y quienes nunca me han dejado solo en los momentos difíciles.

A mi novia, Patricia Miranda a quien he conocido en el camino, quien siempre me ha brindado su apoyo, no me ha dejado caer, me ha acompañado en cada proceso y ha sabido caminar de mi mano en todo momento.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TEMA: “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE FILTRADO DE JUGO DE CAÑA A ALTAS TEMPERATURAS EN LA FUNDACIÓN MAQUITA DE LA CIUDAD DE LATACUNGA”.

Autor:

Torres Núñez Víctor Ismael

RESUMEN

Se realizó el diseño e implementación de un sistema de filtrado de jugo de caña precalentado para la producción de panela, a partir del estudio reológico del jugo de caña a distintas temperaturas, se obtuvo un valor promedio de viscosidad de 5.54 mPa*s. El filtro seleccionado tiene las características de soportar altas temperaturas, la viscosidad estudiada y la disponibilidad. El diseño para el porta filtro debe cumplir los requerimientos de: adaptabilidad al filtro seleccionado, temperatura, aplicación al sector alimenticio y maniobrabilidad. Se determinó el coeficiente de pérdidas locales en el filtro en función al número de Reynolds, necesario para dimensionar el sistema, una vez que el sistema está calculado con los requerimientos necesarios se estudiaron y estructuraron las tuberías y bomba, que debe cumplir con la potencia requerida de 36W, un caudal de 3 m³/h y temperatura de 90°C, obteniendo la curva de trabajo de la instalación, para el cual fue validado a partir de datos experimentales de la instalación del sistema, la cual es de acero inoxidable 304 de grado alimenticio. Los resultados de filtración en un proceso real de producción se toman a partir de muestras de 150 ml de jugo, uno antes de circular por el sistema y otra posterior al sistema, con un resultado de filtración del 85%. El costo total de la instalación es de 1632.95 \$, el sistema de filtrado aporta con la mejora significativa de calidad de la panela.

Palabras clave: sistema de filtrado, jugo de caña precalentado, filtro, proceso de filtrado.

COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY**ENGINEERING SCIENCES AND APPLIED ACADEMIC UNIT**

TOPIC: “IMPLEMENTATION A HIGH TEMPERATURE CANE JUICE FILTRATION SYSTEM AT THE MAQUITA FOUNDATION IN THE LATACUNGA CITY”.

Author: Torres Núñez Víctor Ismael

ABSTRACT

It was performed the design and implementation a preheated sugarcane juice filtration system for panela production, starting of the sugarcane juice rheological study at different temperatures, it was got an average viscosity value 5.54 mPa*s. The selected filter has the characteristics by withstanding high temperatures, the studied viscosity and the availability. The design for the filter holder must meet the requirements from: adaptability to the selected filter, temperature, application to the food sector and maneuverability. It was determined the local loss coefficient in the filter in function the Reynolds number, necessary for sizing the system, once, it calculated the system with the necessary requirements, they were studied and structured the pipes and pump, which must meet the required power 36W, a flow rate 3 m³/h and a temperature 90°C, by getting the work curve from installation, for which it was validated from system installation experimental data, what is from 304 stainless steel of food grade. The filtration results in a process of real production are taken from 150 ml samples juice, one before circulating, by the system and another after the system, with a filtration result 85%. The installation total cost is \$ 1,632.95, the filtering system contributes with a significant improvement in the panela quality.

Keywords: Filtration system, preheated sugarcane juice, filter, filtration process.

AVAL DE TRADUCCIÓN

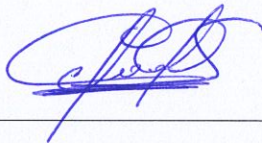
En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE FILTRADO DE JUGO DE CAÑA A ALTAS TEMPERATURAS EN LA FUNDACIÓN MAQUITA DE LA CIUDAD DE LATACUNGA”** presentado por: **Torres Núñez Víctor Ismael** egresado de la Carrera de: **Ingeniería Electromecánica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, 19 de agosto del 2024.

Atentamente,



Mg. Marco Paúl Beltrán Semblantes

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC

CC: 0502666514



CENTRO
DE IDIOMAS

ÍNDICE DE CONTENIDO

1.	INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO	11
2.	INTRODUCCIÓN	12
2.1.	SITUACIÓN PROBLÉMICA.....	12
2.2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	13
2.3.	OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN.....	13
2.4.	BENEFICIARIOS.....	13
2.4.1.	Beneficiarios directos.....	13
2.4.2.	Beneficiarios indirectos.....	14
2.5.	JUSTIFICACIÓN	14
2.6.	OBJETIVOS.....	14
2.6.1.	General.....	14
2.6.2.	Específicos.....	15
2.6.3.	SISTEMA DE TAREAS.....	15
3.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	16
3.1.	REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	16
3.2.	CONCEPTOS TEÓRICOS.....	17
3.2.1.	TIPOS DE SISTEMAS DE FILTRADO	17
3.2.2.	PARTES DE UN PROCESO DE FILTRADO	18
3.2.3.	TIPOS DE FILTROS.....	20
3.2.4.	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS FILTROS Y SISTEMAS DE FILTRADO	23
3.2.5.	BOMBAS HIDRAÚLICAS Y SUS TIPOS	23
3.2.6.	REOLOGÍA DE LOS FLUIDOS.....	27
3.2.7.	DETERMINACIÓN DE PÉRDIDAS DE PRESIÓN EN SISTEMAS DE FLUJO	29
3.2.8.	DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMAS AGROINDUSTRIALES.....	29
4.	MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS	31
4.1.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	31
4.2.	DECLARACIÓN DE VARIABLES EN EL PROCESO DE FILTRADO	32
4.3.	PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS REOLÓGICO DEL JUGO DE CAÑA.....	33
4.3.1.	ESPECIFICACIONES DEL VISCOSÍMETRO NDJ.....	33
4.3.2.	CARACTERÍSTICAS DEL REÓMETRO NDJ.....	34
4.3.3.	ANÁLISIS REOLÓGICO DEL JUGO DE CAÑA	34
4.4.	DISEÑO DEL SISTEMA DE FILTRADO	36
4.4.1.	SELECCIÓN DEL FILTRO	36

4.4.2.	CARACTERÍSTICAS Y DISEÑO DEL PORTA FILTRO.....	37
4.4.3.	MATERIAL DEL PORTA FILTRO.....	38
4.5.	DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA.....	40
4.6.	DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE PÉRDIDAS LOCALES DEL FILTRO	42
4.6.1.	MEDICIÓN Y REGISTRO DE DATOS DE TEMPERATURA, PRESIÓN Y CAUDAL.....	43
4.6.2.	ECUACIONES PARA LA PÉRDIDA DE PRESIÓN EN EL SISTEMA DE FILTRADO..	43
4.6.3.	SISTEMA DE TUBERÍAS E INSTALACIÓN DE BOMBAS	45
4.6.4.	DIÁMETRO DE TUBERÍA.....	47
4.6.5.	CURVA DE FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA.....	47
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	48
5.1.	OBTENCIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS REOLÓGICO DEL JUGO DE CAÑA.....	48
5.2.	DISEÑO Y FABRICACIÓN DEL PORTA FILTRO	49
5.2.1.	ANÁLISIS DE PRESIÓN DEL PORTA FILTRO.....	49
5.2.2.	FABRICACIÓN DEL PORTA FILTRO	50
5.3.	COEFICIENTE DE PÉRDIDA LOCAL DEL FILTRO	52
5.4.	DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE FLUJO DE JUGO DE CAÑA.....	54
5.4.1.	DIMENSIONAMIENTO DEL DIÁMETRO DE TUBERÍA	54
5.4.2.	DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA	54
5.5.	SELECCIÓN DE LA BOMBA	56
5.5.1.	GRÁFICA DE LA CURVA CARACTERÍSTICA DE LA BOMBA SELECCIONADA	58
5.6.	CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA Y DE LA BOMBA SELECCIONADA	59
5.7.	INSTALACIÓN DEL SISTEMA.....	60
5.8.	PROCESO DE FILTRADO	62
5.9.	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	63
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	65
6.1.	CONCLUSIONES.....	65
6.2.	RECOMENDACIONES	65
7.	REFRENCIAS	66
	ANEXOS.....	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Bomba y filtro de PVC para circulación de agua [14].	18
Figura 2. Tipos de filtros existentes en el mercado [16].	19
Figura 3. Algunos tipos de bombas hidráulicas presentes en la industria según su aplicación [17].	19
Figura 4. Dispositivos de control de fluidos [18].	20
Figura 5. Filtro de membrana [19].	20
Figura 6. Filtro de cartucho junto a su porta filtro [20].	21
Figura 7. Filtros de arena para aplicaciones industriales [21].	22
Figura 8. Filtros para fluidos de alta viscosidad y temperatura [22].	22
Figura 9. Diseño interno de una bomba de engranajes [24].	24
Figura 10. Bomba de paletas y sus partes [25].	25
Figura 11. Bomba de tornillo y su estructura interna.	25
Figura 12. Bomba centrífuga y su estructura interna.	26
Figura 13. Bomba de circulación y demás componentes [29].	27
Figura 14. Diferencia entre los distintos tipos de fluidos newtonianos y no newtonianos [35].	28
Figura 15. Ejemplo de viscosímetro [37].	28
Figura 16. Ejemplo de sistema de fluidos [40].	29
Figura 17. Aplicaciones de los materiales de uso agroindustrial [41].	31
Figura 18. Variables presentes en el proceso de filtrado de jugo de caña.	32
Figura 19. Viscosímetro digital NDJ-8S.	33
Figura 20. Armado, encendido y nivelación del viscosímetro digital.	35
Figura 21. Medición de temperatura del jugo de caña y configuración del viscosímetro para inicio y final.	35
Figura 22. Filtro seleccionado de uso hidráulico.	38
Figura 23. Diseño CAD del porta filtro.	39
Figura 24. Ciclo de circulación del jugo de caña en el porta filtro.	39
Figura 25. Proceso de obtención de la panela (sin el sistema de filtrado).	40
Figura 26. Ejemplificación del sistema de filtrado y sus elementos.	41
Figura 27. Montaje del sistema para el proceso experimental.	42
Figura 28. Grafica de datos obtenidos conforme al estudio reológico de jugo de caña.	49

Figura 29. Mallado y simulación de presión del porta filtro en software CAD.	50
Figura 30. Porta filtro fabricado en acero inoxidable formada por su cuerpo y su tapa.	51
Figura 31. Neopreno de empaque para unir las partes del sistema de filtrado.	52
Figura 32. Datos de pérdida de presión en el proceso experimental. Obtención de la ecuación experimental.	53
Figura 33. Obtención de la ecuación de pérdidas locales en el filtro en función a los Reynolds y su coeficiente de resistencia.	53
Figura 34. Cabeza de carga requerida del sistema.	55
Figura 35. Potencia requerida del sistema de filtrado.	56
Figura 36. Bomba centrífuga de circulación seleccionada mediante el dimensionamiento.	57
Figura 37. Cabeza de carga grafica de la bomba seleccionada.	58
Figura 38. Curva de la potencia disponible en la bomba.	59
Figura 39. Gráfica de caudal en función de la cabeza de carga, ambos requeridos e instalados.	59
Figura 40. Análisis de la curva en función a las potencias, una del sistema y otra de la bomba.	60
Figura 41. Sistema de prueba del sistema de filtrado con agua.	61
Figura 42. Sistema de filtrado instalado y funcional en el proceso de producción.	¡Error!
Marcador no definido.	
Figura 43. Toma de muestra del jugo de caña antes y después del proceso de filtración.	62
Figura 44. Muestras de jugo de caña después del proceso de filtrado completo.	63

ÍNDECE DE TABLAS

Tabla 1. Ingeniería industria y construcción UNESCO [1].....	11
Tabla 2. Procesos Tecnológicos UNESCO [7].....	13
Tabla 3. Sistema de tareas.	15
Tabla 4. Ventajas y desventajas de los tipos de filtros.	23
Tabla 5. Ventajas y desventajas de los sistemas de filtrado.	23
Tabla 6. Consideraciones para implementación de sistemas agroindustriales.	30
Tabla 7. Variables dependientes e independientes en el estudio.....	33
Tabla 8. Características técnicas del reómetro NDJ-8s [43].	34
Tabla 9. Análisis de características de cada uno de los filtros.	36
Tabla 10. Especificaciones del filtro seleccionado.....	37
Tabla 11. Materiales para fabricación del porta filtro.	38
Tabla 12. Descripción de materiales usados para el proceso de filtrado.	41
Tabla 13. Características técnicas del acero inoxidable 304 [52].....	51
Tabla 14. Datos usados para dimensionamiento del sistema.....	54
Tabla 15. Características de la bomba centrífuga de circulación RS15-6.	57
Tabla 16. Datos obtenidos del funcionamiento de la bomba con agua en proceso de prueba.	61
Tabla 17. Datos obtenidos en el funcionamiento de la bomba en el proceso real de producción de panela.	61
Tabla 18. Presupuesto del proyecto.....	63



1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Tema del proyecto: Implementación de un sistema de filtrado de jugo de caña a altas temperaturas en la fundación Maquita de la ciudad de Latacunga

Modalidad de titulación: Proyecto de investigación

Carrera: Ingeniería Electromecánica

Proyecto de investigación vinculado: No aplica

Equipo de trabajo: PhD. Laurencio Alfonso Héctor Luis

Ing. Fredy Patricio Pita Bolaños

Torres Núñez Víctor Ismael

Área del conocimiento: En esta propuesta tecnológica y como proyecto de investigación se trabajará con el área 052 correspondiente a ingeniería, industria y construcción aplicada al campo 052 de ingeniería y profesiones afines que nos enmarca las principales ramas de diseño mecánico, eléctrico y por consecuente su respectivo diseño. Esto está en el campo detallado 0521 de dibujo técnico, 0522 de mecánica y 0523 de electricidad ejemplificado en la tabla 1.

Tabla 1. Ingeniería, industria y construcción UNESCO [1].

07 Ingeniería, Industria y Construcción	071 Ingeniería y profesiones afines	0711 Ingeniería y procesos
		0713 Electricidad y energía
		0715 Mecánica y automatización

Línea de investigación: Procesos industriales, gestión de la calidad y seguridad laboral.

Sub líneas de investigación de la carrera: Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.

2. INTRODUCCIÓN

La producción de panela a partir de caña de azúcar es una práctica ancestral muy utilizada en todo el mundo, especialmente en América Latina. Este proceso, que convierte el jugo de caña de azúcar en un producto sólido y sin refinar, es la columna vertebral de muchas economías rurales de distintas zonas del país. En Ecuador la calidad de la producción de panela está certificada por la norma INEN, que define estándares de calidad alimentaria. Sin embargo, la panela fabricada por la Fundación Maquita no cuenta con esta certificación y es evaluada mediante códigos de registro sanitario que indican menor calidad [2]. La creciente tendencia de productos naturales y orgánicos (crudos o refinados) está impulsando la demanda en el mercado internacional. Mejorar la calidad de los productos requiere equipos y herramientas actualizadas, lo que también exige atraer inversores para financiar estas mejoras tecnológicas [3]. El desarrollo y la innovación son esenciales para que la industria panelera pueda competir en el mercado global. La implementación de sistemas agroindustriales para los distintos procesos es esencial, especialmente si hablamos de sistemas de filtrado que en conjunto a un acertado estudio de estos sistemas y con una correcta implementación, ayuda al control de calidad que es una parte esencial para la eficiencia y la rentabilidad empresarial, sin embargo, la producción de calidad es fundamental para la competitividad y la fidelización del cliente.

2.1. SITUACIÓN PROBLÉMICA

Los principales países productores de panela de América Latina son: Colombia, Ecuador, Brasil, Perú, Venezuela y por último México [4]. Podemos determinar que la producción de panela se realiza en pocas áreas de América latina, esto debido a la presencia de la materia prima que se encuentra principalmente en zonas cálidas de estas regiones. La calidad de producción determina algunos factores que influyen en el deterioro de la producción de la panela, estos se relacionan con la humedad, la composición y las condiciones del medio ambiente [5].

La fundación Maquita con la Asociación flor de caña en Palo Quemado, Ecuador, acoge a pequeños productores de la zona ayudando con los recursos necesarios para que la cantidad de producción sea distribuida bajo el nombre de asociación, sin embargo, los procesos de

obtención de panela son procesos que no dejan de ser un factor para mayor desarrollo. El proceso se caracteriza así porque luego de obtener el jugo de caña a partir del trapiche (molino de caña) hasta la batidora panela (cristalizada) el proceso es netamente manual, ver el proceso completo en el anexo 1. El proceso de descachazado (filtrado de cachaza y suciedades) se lleva a cabo de manera manual a partir de una pala que remueve estas impurezas a una temperatura de 80°C o más. Se conoce que la panela está evaluada en categoría C actualmente, debido a que se conoce que presentan estas impurezas una vez obtenido el producto final, la categoría de evaluación sanitaria se lleva de la categoría A hasta la C, siendo A la calidad más alta y C la más baja [6]. Esto evaluado en estándares de calidad internacionales no cumple con las expectativas necesarias para llevar su producción a mayor parte del mercado internacional. Como parte del proceso de purificación las impurezas flotantes se deben retirar varias veces durante la molienda; también se deben retirar periódicamente en los procesos de precalentado; otra labor es asear como mínimo 2 o 3 veces durante la molienda.

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Presencia de impurezas como la cachaza y partículas de carbón en la producción de panela a partir de la caña de azúcar en la Fundación Maquita.

2.3. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.3.1. Objeto de investigación: Sistema de filtrado de jugo de caña a altas temperaturas en la fundación Maquita

2.3.2. Campo de acción: 332810 Filtración

Tabla 2. Procesos Tecnológicos UNESCO [7].

3328 procesos Tecnológicos	
332810	Filtración
332811	Diseño de filtros

2.4. BENEFICIARIOS

2.4.1. Beneficiarios directos

Definimos como beneficiarios directos a los productores de panela que pertenecen a la fundación Maquita.

2.4.2. Beneficiarios indirectos

- Todas aquellas personas que quieran hacer uso de este proyecto para mejorar la calidad de producción de la panela.
- Aquellas personas que aplican estudios de fluidos y similares a la investigación.

2.5. JUSTIFICACIÓN

El proyecto de mejoramiento de calidad en la producción de panela se basa en la importancia estratégica de garantizar estándares óptimos en un mercado cada vez más competitivo. Mejorar la calidad no solo implica cumplir con normativas sanitarias y de seguridad alimentaria, sino también asegurar un producto final que sea capaz de satisfacer las expectativas de los consumidores. La implementación de este proyecto busca optimizar los procesos de producción, desde la selección de materias primas hasta los métodos de elaboración, con el fin de elevar la calidad organoléptica, la uniformidad y la consistencia del producto final. Además, al mejorar la calidad, se fortalecerá la posición de la marca en el mercado, generando confianza y lealtad por parte de los consumidores. Asimismo, la adopción de estándares de calidad más altos podría abrir oportunidades para acceder a nuevos mercados, tanto a nivel nacional como internacional, donde la calidad es un factor determinante en las decisiones de compra.

La implementación del sistema de filtrado mejora la calidad en la producción de panela, no solo responde a las exigencias regulatorias, sino que también se alinea con la estrategia empresarial de proporcionar un producto de excelencia que esté a la altura de las expectativas del consumidor y contribuya al crecimiento sostenible de la empresa en el mercado.

2.6. OBJETIVOS

2.6.1. General

Implementar un sistema de filtrado de jugo de caña precalentado para la eliminación de cachaza y partículas de carbón en el proceso de producción de panela para la Fundación Maquita.



2.6.2. Específicos

- Investigar los procesos que se llevan a cabo para la obtención de panela, partiendo del análisis reológico de jugo de caña para determinar sus características.
- Diseñar un prototipo de sistema de filtrado de jugo de caña, que responda a las exigencias de espacio, temperatura y tiempo de trabajo, con la intención de mejorar la calidad en la producción de panela.
- Analizar el funcionamiento del sistema de filtrado de jugo de caña en conjunto a la verificación de su correcta filtración, dimensionamiento y funcionamiento de cada una de sus partes.

2.6.3. SISTEMA DE TAREAS

Tabla 3. Sistema de tareas.

Objetivo específico	Actividades (Tareas)	Resultados esperados	Técnicas, medios e instrumentos
Investigar los procesos que se llevan a cabo para la obtención de panela, partiendo del análisis reológico de jugo de caña para determinar sus características.	Características de la producción de panela partiendo del proceso de producción de Palo Quemado.	Informe de la caracterización de la panela, así como su forma y métodos de producción.	Registro escrito, investigación en internet, fotografías y anexos.
	Analizar el comportamiento reológico del jugo de caña para determinar sus características.	Informe de la caracterización de los sistemas de filtrado, así como sus aplicaciones y métodos.	Excel y edición de texto, reómetro.
	Estudio centrado en la filtración de jugo de caña que cumpla con los requerimientos del productor.	Estudio documentado de métodos, junto al estudio de jugo de caña y procesos de prueba con datos de pérdidas en campo.	Artículos, libros, tesis e internet.



Tabla 3. Continuación...

Diseñar un prototipo de sistema de filtrado de jugo de caña, que responda a las exigencias de espacio, temperatura y tiempo de trabajo, con la intención de mejorar la calidad en la producción de panela.	Diseño para fabricación del porta filtro del sistema.	Porta filtro a la medida del filtro seleccionado capaz de adaptarse al estudio.	Software de cálculo de datos, herramientas de construcción
	Proceso experimental de pérdidas de presión en base a un banco de prueba para obtener ecuación de pérdidas de presión en el sistema.	Obtención de la ecuación experimental de pérdida de presión en el filtro.	Bomba hidráulica, muestra de jug de caña, accesorios de tuberías, tuberías, caudalímetro.
	Dimensionamiento de bomba y accesorios del sistema en base al estudio realizado.	Aclaración y adquisición de materiales para la elaboración del sistema.	Redes sociales, páginas de venta y mercadeo.
Analizar el funcionamiento del sistema de filtrado de jugo de caña en conjunto a la verificación de su correcta filtración, dimensionamiento y funcionamiento de cada una de sus partes.	Compra de accesorios, materiales y herramientas para la implementación del sistema de filtrado.	Montaje y funcionamiento satisfactorio del sistema.	Herramientas para tuberías.
	Análisis de funcionamiento, verificación de caudal, potencia y presión.	Compilación de datos y comparación con los obtenidos en el estudio.	Toma de datos y mediciones.
	Comparación de datos obtenidos y calculados.	Calificar el funcionamiento del sistema de filtrado.	Papel filtro, amperímetro y toma de datos en Excel.

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1. REVISIÓN DE LA LITERATURA

En el marco de la producción mundial de panela, diversos autores han abordado aspectos cruciales que influyen en esta industria, proporcionando un fundamento esencial para comprender su evolución y desafíos actuales. En su estudio, García analiza las prácticas agrícolas sostenibles en la producción de caña de azúcar, destacando su relevancia para la obtención de materias primas de alta calidad en la elaboración de panela. Estos autores subrayaron la importancia de abordar la sostenibilidad desde la perspectiva agrícola como base fundamental para la cadena productiva [8].

Por otro lado, Duarte, Ferreira y Vera, exploraron los aspectos económicos y sociales asociados a la producción de panela en América Latina, resaltando la contribución significativa de esta industria a la generación de empleo y al desarrollo de comunidades rurales. Su investigación

destaca cómo la producción de panela no solo es un proceso económico, sino también un pilar esencial para el bienestar social en regiones específicas [9].

En relación con la eficiencia y tecnología en la producción de panela, Quintero, Charao y Zuluaga examinaron la implementación de nuevas tecnologías en los ingenios azucareros, evaluando su impacto en la calidad del producto final. Este enfoque tecnológico destaca la necesidad de adoptar prácticas modernas para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de la producción de panela a nivel global [10].

Los grupos de agricultores (cañicultores) se dedican a la producción y posteriormente procesamiento de la caña de azúcar, según el GAD del cantón Sigchos de la provincia de Cotopaxi algunos productores forman parte de asociaciones que generan el producto de calidad con todas las certificaciones necesarias, con el fin de mantener la calidad, eficiencia y seguridad del producto. Conforme al desarrollo sostenible se busca implementar tecnologías que permitan que cada uno de los productores de la zona cuenten con las certificaciones necesarias que permitan a sus productos posicionarse en un aspecto comercial que permita desarrollar la economía social y comunitaria [11].

3.2. CONCEPTOS TEÓRICOS

3.2.1. TIPOS DE SISTEMAS DE FILTRADO

Un sistema de filtrado es un conjunto de accesorios, componentes y elementos que se juntan en un proceso que sirve para separar partículas, impurezas o contaminantes en un fluido [12] [13].

3.2.1.1. Filtración por presión

Un sistema a presión se considera un sistema confiable, debido a que se logra una circulación de fluido mediante la presión hidráulica que genera una bomba en un sistema cerrado, figura 5. Este tipo de sistemas se ve directamente afectado en base a la presión ejercida por su elemento principal, es decir, la eficiencia es proporcional a esta.



Figura 1. Bomba y filtro de PVC para circulación de agua [14].

3.2.1.2. Filtración por gravedad

Se da mediante la acción propia de la gravedad, por lo general se usa para la obtención de agua potable, filtrado de aguas residuales, entre otros. El flujo puede ser ascendente o descendente que se puede operar con tasas de filtración declinante o constante, se caracterizan por ser sistemas de bajo costo con eficiencia limitada.

3.2.2. PARTES DE UN PROCESO DE FILTRADO

El proceso de filtración es un método utilizado para separar sólidos de líquidos o gases utilizando un medio poroso o un tamiz para retener las partículas sólidas, mientras permite el flujo del líquido o gas, estos procesos son fundamentales en aplicaciones industriales, ambientales, alimenticias y de laboratorio [15].

A continuación, presentamos cómo se compone un proceso de filtración:

- **Medio filtrante:** Este es el material poroso a través del cual se realiza la filtración. Puede ser papel de filtro, tela, membranas, lecho de arena, entre otros ejemplificados en la figura 2. La elección del medio filtrante depende de las características del fluido a filtrar y las partículas que se desean retener.



Figura 2. Tipos de filtros existentes en el mercado [16].

- Sistema de Presión o Vacío:** Se utiliza para crear la fuerza necesaria para impulsar el fluido a través del medio filtrante, en este caso llamadas bombas hidráulicas para sus distintos usos como se observa en la figura 3 de nuestra investigación. Puede ser un sistema de presión hidráulica, una bomba de vacío o simplemente la gravedad en algunos casos.



Figura 3. Algunos tipos de bombas hidráulicas presentes en la industria según su aplicación [17].

- Dispositivo de Control:** Algunos sistemas de filtración pueden incluir dispositivos de control para regular el flujo de fluido, la presión o la temperatura durante el proceso de filtración.



Figura 4. Dispositivos de control de fluidos [18].

3.2.3. TIPOS DE FILTROS

Existen varios tipos de filtros en el mercado, cada uno diseñado para aplicaciones específicas. Aquí hay una descripción de algunos tipos comunes de filtros y sus aplicaciones:

3.2.3.1. Filtros de membrana:

Los filtros de membrana utilizan membranas semipermeables para separar partículas sólidas de líquidos o gases.

Aplicaciones: Purificación de agua, filtración de productos farmacéuticos, separación de biomoléculas.



Figura 5. Filtro de membrana [19].

3.2.3.2. Filtros de Cartucho:

Los filtros de cartucho utilizan un cartucho de filtro con material poroso para retener partículas sólidas mientras deja pasar el líquido.

Aplicaciones: Filtración de agua potable, filtración de aceites industriales, filtración de aire en sistemas HVAC.



Figura 6. Filtro de cartucho junto a su porta filtro [20].

3.2.3.3. Filtros de Arena:

Los filtros de arena utilizan una capa de arena para retener partículas sólidas presentes en el agua mientras permite que el agua pase a través de ella.

Aplicaciones: Tratamiento de agua potable, tratamiento de aguas residuales, filtración en piscinas y sistemas de riego.



Figura 7. Filtros de arena para aplicaciones industriales [21].

3.2.3.4. Filtros de fluidos:

Estos filtros están diseñados para retener contaminaciones en aceites de uso alimenticio, así como también en su mayoría gama de aceites de motores, asegurando la retención de partículas.

Los filtros de fluidos cumplen la función de eliminar impurezas que puedan afectar directamente la calidad o vida útil del motor la cual se vea afectada en su funcionamiento.

Existen diversas marcas y tipos de filtros aplicables para las distintas gamas de vehículos y usos, como podemos observar en la figura 8.



Figura 8. Filtros para fluidos de alta viscosidad y temperatura [22].

3.2.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS FILTROS Y SISTEMAS DE FILTRADO

Para poder determinar las características que ayudan en función al beneficio del estudio, creamos un cuadro doble entrada observado en la tabla 4 para determinar las características que aportan al beneficio de cada uno de estos filtros, siendo así la afirmación SI como positiva y la negación NO como perjudicial.

Tabla 4. Ventajas y desventajas de los tipos de filtros.

	Larga duración	Disponibilidad	Multi aplicación	Partículas pequeñas	Líquidos o gases
Filtro de membrana	Si	No	Si	Si	No
Filtro de cartucho	No	Si	No	Si	Si
Filtros de arena	Si	No	No	Si	No
Filtros HEPA	No	No	Si	Si	Si
Filtros de fluido	Si	Si	Si	No	Si

El sistema de filtrado se aplica conforme a las necesidades de un sistema, con ello es importante estudiar una matriz de características de cada uno de ellos, por ende, se desarrolla una tabla que nos permite entender sus aplicaciones, tabla 5.

Tabla 5. Ventajas y desventajas de los sistemas de filtrado.

TIPO DE FILTRADO	ALTAS TEMPERATURAS	SISTEMAS SIN GRAVEDAD	TRANSPORTE A LARGA DISTANCIA	FILTRACIÓN RÁPIDA
A presión	Si	Si	Si	Si
Por gravedad	Si	No	No	No

En base a esta caracterización se obtiene que la mejor opción para implementar un sistema de filtrado es elegir un sistema de filtrado a presión y un filtro de fluido que se adapta a características de diseño.

3.2.5. BOMBAS HIDRAÚLICAS Y SUS TIPOS

Una bomba hidráulica es un dispositivo que se utiliza para crear el flujo de un fluido a alta presión, son esenciales para generar la energía necesaria para operar un sistema hidráulico, permitiendo la transmisión de fuerza y movimiento en un fluido [23].

Existen diversos tipos de bombas hidráulicas, cada una con características y aplicaciones específicas que las hacen adecuadas para diferentes campos. A continuación, presento una descripción de algunos tipos comunes de bombas hidráulicas:

3.2.5.1. Bomba de Engranajes: Las bombas de engranajes utilizan un par de engranajes para generar un flujo de fluido, figura 9. Son conocidas por su diseño simple y compacto.



Figura 9. Diseño interno de una bomba de engranajes [24].

Aplicaciones: sistemas de lubricación, sistemas de transferencia de fluidos en maquinaria industrial.

Características: alta eficiencia volumétrica, capacidad para manejar fluidos viscosos, funcionamiento silencioso.

3.2.5.2. Bomba de Paletas: Las bombas de paletas utilizan paletas radiales o axiales para generar flujo de fluido. Son conocidas por su diseño compacto y bajo costo.

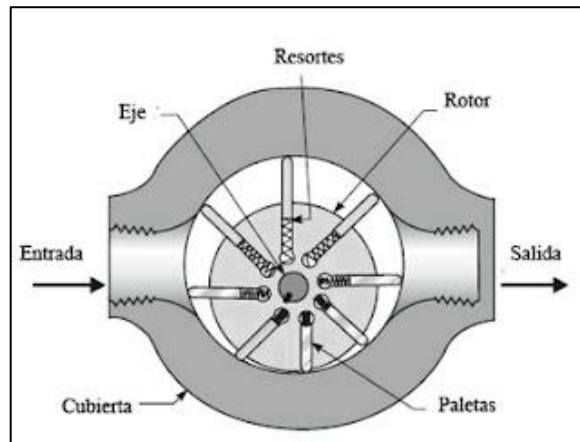


Figura 10. Bomba de paletas y sus partes [25].

Aplicaciones: sistemas de frenos hidráulicos, sistemas de elevación en equipos móviles.

Características: diseño simple, funcionamiento suave, baja pulsación de salida.

3.2.5.3. Bombas de tornillo: Estas están compuestas por dos engranajes que trabajan de manera simultánea para producir un tipo de diferencia de presión del líquido a bombear, está montado en un eje motriz movido por el motor. En el mercado de bombas hidráulicas podemos encontrar dos tipos de engranajes, externos e internos, cada uno cumple una función distinta.



Figura 11. Bomba de tornillo y su estructura interna.

Aplicaciones: grandes caudales, baja viscosidad, lubricación, sistemas de tinta, pinturas, pigmentos y combustibles.

3.2.5.4. Bomba centrífuga: Se utiliza fuerza centrífuga para mover el líquido, figura 12. El fluido ingresa a la bomba cerca del eje de rotación del impulsor y es forzado a lo largo de las palas del impulsor debido a la rotación [26].

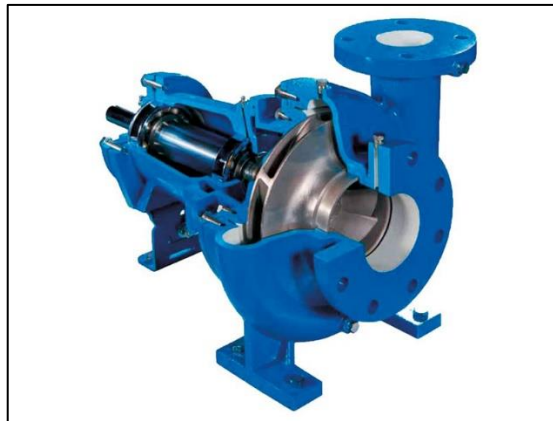


Figura 12. Bomba centrífuga y su estructura interna.

Aplicaciones: muy utilizada para grandes caudales y bajas presiones, como sistemas de abastecimiento de agua, irrigación, procesamiento químico y HVAC (calefacción, ventilación y aire acondicionado).

3.2.5.5. Bomba centrífuga de auxiliar: Las bombas de circulación son los componentes principales de los sistemas de calefacción y refrigeración que utilizan agua como portador de calor, figura 13. Su función principal es crear el flujo y la presión necesarios para hacer circular el agua a través del sistema. Según la Sociedad de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE) [27], un circulador funciona basándose en el efecto centrífugo. Según un estudio de la Universidad Politécnica de Valencia, la velocidad del impulsor y el diseño de la bomba determinan el caudal y la presión que puede producir [28]. Además, los circuladores suelen tener controles electrónicos que ajustan la velocidad y el flujo según las necesidades del sistema, aumentando así la eficiencia energética.



Figura 13. Bomba de circulación y demás componentes [29].

3.2.6. REOLOGÍA DE LOS FLUIDOS

La reología, es la ciencia de la deformación y flujo de la materia, estudia la forma como los materiales responden a esfuerzos o deformaciones aplicados en un tiempo determinado [30]. Su campo comprende propiedades mecánicas de sólidos, semisólidos y líquidos, bajo varios objetivos; uno de los métodos más importantes para estudiar las interacciones fisicoquímicas es la reometría [31]. Comprender el comportamiento reológico de suspensiones de materiales en procesos es de gran utilidad para el cálculo de equipos y tuberías que los transportan, así como para el control de procesos.

Según la composición y propiedades físicas, los fluidos pueden ser descritos por diferentes modelos reológicos, desde newtonianos hasta no newtonianos [32] [33]. Al representar gráficamente la relación del esfuerzo de corte en función del gradiente de velocidad, se obtienen curvas que describen el comportamiento reológico de los fluidos como se muestra en la figura 14. Las que se denominan curvas de flujo, pueden ser utilizadas fundamentalmente en el diseño de equipos y evaluación de instalaciones ya construidas [34].



Figura 14. Diferencia entre los distintos tipos de fluidos newtonianos y no newtonianos [35].

Para este proceso se hace uso de un instrumento que permite el estudio del mismo, el cual caracterizamos a continuación:

3.2.6.1. VISCOSÍMETRO

El viscosímetro se usa para medir la viscosidad de un líquido, que es su resistencia para fluir. Es importante en varios campos, como la industria alimentaria, la industria farmacéutica, la industria petrolera y la ingeniería química, donde la comprensión y el control de las propiedades del flujo de fluidos son esenciales [36].



Figura 15. Ejemplo de viscosímetro [37].

3.2.7. DETERMINACIÓN DE PÉRDIDAS DE PRESIÓN EN SISTEMAS DE FLUJO

Comprender la pérdida de presión a través de un sistema de tuberías o conductos es fundamental para diseñar adecuadamente bombas, compresores y otros equipos para garantizar que se entregue la presión requerida al punto de uso [38].

Además, es importante modelar la potencia de flujo en tuberías conductoras, considerando los efectos de mezcla en régimen laminar y la naturaleza del fluido. Las pérdidas de presión como están definidas, se generan en dos tipos de análisis, estas pérdidas las llamaremos pérdidas primarias y secundarias basadas en distintos sistemas de fluidos [39].

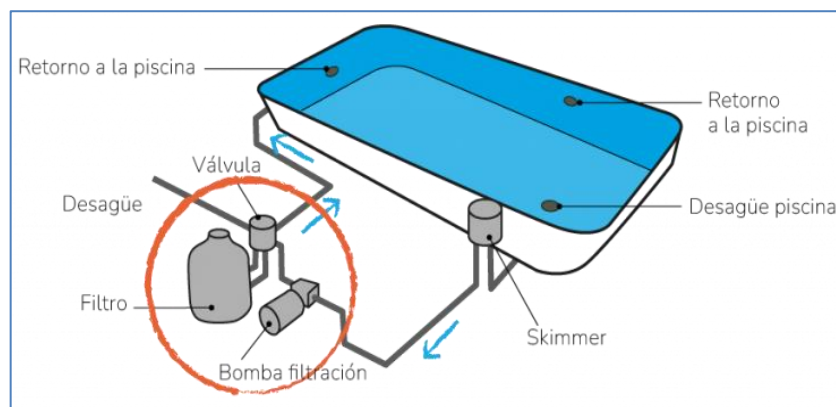


Figura 16. Ejemplo de sistema de fluidos [40].

Estos sistemas son famosos por filtrar las piscinas y cumplen un ciclo similar.

3.2.8. DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMAS AGROINDUSTRIALES

Para comprender el dimensionamiento de estos sistemas empezamos por determinar las características reológicas del fluido a circular, también es necesario considerar diferentes aspectos que ayudan a entender el concepto al que se sujeta, en esta ocasión se hace énfasis en el jugo de caña, que será nuestro producto de trabajo, en la tabla 6 observamos cada uno de los aspectos a considerar.

Tabla 6. Consideraciones para implementación de sistemas agroindustriales.

Propiedades de fluido	Hay que tener en cuenta el comportamiento del fluido.
Temperatura	Se toma en cuenta la temperatura de trabajo, tomando el punto máximo.
Presión	Límites de presión máximo deseado.
Tamaño y cantidad	Sistema compacto de alta eficiencia conforme a la entidad de producción.
Durabilidad	Se busca un sistema de alta durabilidad tanto internamente como externamente, permitiendo una producción eficiente.
Material de construcción	Cada uno de sus materiales debe garantizar su duración y confiabilidad.

Los materiales, instrumentos y herramientas a seleccionar no deben omitir requerimientos bajo estándares de sanidad y por ende debe adaptarse a todas nuestras necesidades de estudio.

3.2.8.1. MATERIALES DE USO AGROINDUSTRIAL

Bajo estándares nacionales como internacionales hay que tener en cuenta los parámetros especificados en la tabla 6 para su selección, por ello, las características de los elementos deben estar aplicado en su mayoría al sector alimenticio, bajo esta consideración cada uno de los elementos correspondientes a esta investigación deben respetar la normativa vigente en Ecuador INEN 2000 o alternativas, debido a la delicadeza del tratamiento de estos productos.

- **Materiales usados comúnmente**

Algunos materiales que se usa comúnmente en la industria alimentaria y agroindustrial que cumplen con características y estándares de certificación son; el acero inoxidable como se muestra en la figura 17-a, el polietileno de alta densidad (HDPE) figura 17-b, el polipropileno (PP), el vidrio, entre otros.



(a) Aplicaciones del acero inoxidable [41].



(b) Aplicaciones de los plásticos tipo HDPE.

Figura 17. Aplicaciones de los materiales de uso agroindustrial [41].

Ya con todos los datos, enmarcamos los tres principales elementos de nuestro sistema. A continuación, mostramos los elementos que son útiles para el filtrado de jugo de caña:

- Sistema de filtración a presión: debido a criterios de filtración, en cuestión a tiempo y la necesidad de producción.
- Filtro de fluidos: ya que este nos permite altas temperaturas y multiuso conforme a la tabla 4.
- Porta filtro: a diseñar en función al filtro seleccionado.
- Bomba: de circulación, ya que nos permite funcionar a altas temperaturas ajustada a las necesidades.
- Tuberías y accesorios: acero inoxidable por las características de temperatura y corrosión.

Cada uno de los conceptos de uso agroindustrial se justifican con el estudio de este artículo.

4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El presente proyecto tiene como fin el diseño e implementación de un sistema de filtrado de jugo de caña que sea capaz de retener partículas de carbón y cachazas que se encuentran en el producto final, es decir la panela. Basado en el anexo 1 el sistema será

instalado del proceso 3 al 4, es decir de la bandeja precalentadora y descachazadora hacia la bandeja evaporadora, con el fin de evitar la concentración de las partículas.

La fundación Maquita y sus socios productores se encuentran en distintas zonas del país, en donde se produce distintos tipos de productos, en esta ocasión haremos énfasis en la producción de panela en la parroquia de Palo Quemado del cantón Sigchos en la provincia de Cotopaxi, a 90 minutos de la ciudad de Santo Domingo. Este subtrópico cuenta con distintos tipos de productores que hacen uso de técnicas tradicionales que hacen lento el proceso de producción, por ello se consideran las características de filtración en base a las peticiones del productor: 40 litros por minuto y que soporte temperaturas hasta 90 grados Celsius.

4.2. DECLARACIÓN DE VARIABLES EN EL PROCESO DE FILTRADO

A una variable la podemos definir como algo cambiante, no es fija, puede verse afectada por distintos elementos dentro de un proceso de investigación, es decir podemos depender de una variable para los resultados [42].

Dentro del proceso de filtrado de jugo de caña vamos a determinar mediante el análisis todas las variables que pueden influir en el proceso de investigación, figura 18.

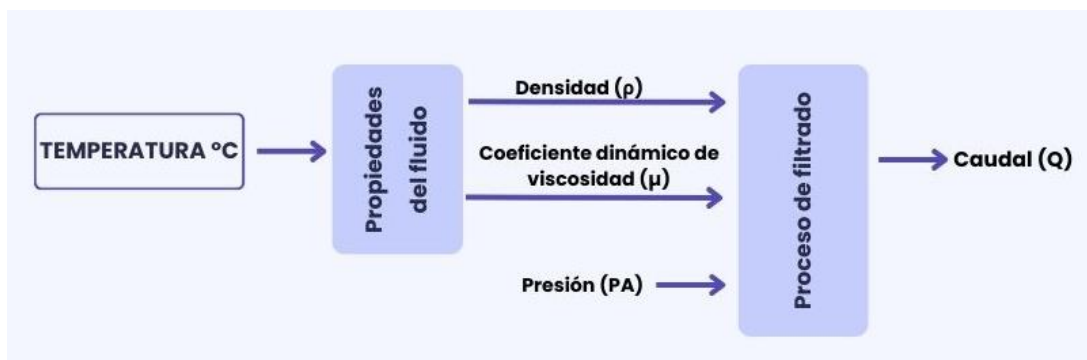


Figura 18. Variables presentes en el proceso de filtrado de jugo de caña.

Las variables pueden ser dependientes o independientes, el proceso conforma un eje que se baja en la variación de temperatura, a continuación, presentamos la tabla 7 que especifica las variables y sus unidades de estudio en el sistema internacional.

Tabla 7. Variables dependientes e independientes en el estudio.

VARIABLE	UNIDAD	
Temperatura	°C	Independiente
Presión	Pa	
Viscosidad	Pa*s	Dependiente
Densidad	kg/m ³	
Caudal	m ³ /h	

Cada una de las variables son representativas en el proceso de filtrado.

4.3.PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS REOLÓGICO DEL JUGO DE CAÑA

4.3.1. ESPECIFICACIONES DEL VISCOSÍMETRO NDJ

Cuenta con funciones completas como se observa en la figura 19, según el manual de funcionamiento del viscosímetro rotatorio digital se usa ampliamente para medir la viscosidad de líquidos no newtonianos, como tinta, pintura, recubrimientos, jugos, productos lácteos, fluidos biológicos, caucho, barro, pulpa, etc [44]. La pantalla puede mostrar directamente información como viscosidad, velocidad de rotación, número de rotores y porcentajes de par. Equipado con eje viscosímetro No. 1-4. Dependiendo los diferentes líquidos de prueba, se pueden seleccionar diferentes rotores y se pueden configurar diferentes velocidades de rotación. El viscosímetro recomienda el tipo de husillo y la velocidad adecuados mediante una función de escaneo automático.



Figura 19. Viscosímetro digital NDJ-8S.



El viscosímetro es parte de nuestro proceso experimental.

4.3.2. CARACTERÍSTICAS DEL REÓMETRO NDJ

El viscosímetro digital cuenta con las siguientes características técnicas que especifica el fabricante en la página donde se adquirió y se muestra en la tabla 8, estas son:

Tabla 8. Características técnicas del reómetro NDJ-8s [43].

Voltaje de entrada:	AC110-240V DC12V
Frecuencia:	50-60Hz
Potencia de entrada:	24W
Rango de medición:	1-10000000 mPa.S
Error de medición:	±2% (líquido Newton)
Velocidad del rotor:	0,3/0,6/1,5/3/6/12/30/60r/min
Humedad:	5-35 °C
Humedad relativa:	≤80%
Peso neto:	4,6 kg

Las demás características se pueden observar en el anexo 15 del manual de instrucciones.

4.3.3. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL JUGO DE CAÑA

Se aplica distintos pasos que nos ayudan a determinar las características de este fluido. Para llegar a obtener los resultados se comienza realizando el análisis reológico del fluido a estudiar (jugo de caña), para ello hacemos uso del viscosímetro digital y que lleva una serie de pasos que explicamos a continuación;

- **Conexión, encendido y nivelación**

Una vez conectado a 110V y presionado el botón de encendido visualizamos una pantalla LCD en donde procedemos a seleccionar los datos. Es importante que la herramienta a usar esté correctamente nivelada, para ello hacemos uso de un nivel de burbuja presente en la parte superior de la carcasa de la herramienta, figura 20.



Figura 20. Armado, encendido y nivelación del viscosímetro digital.

- **Selección de datos y selección de rotor**

Para seleccionar los datos nos guiamos de los botones presentes bajo la pantalla LCD, y seleccionamos el rotor usar, en este caso se realizó las pruebas con cada uno de los rotores que se muestran en el anexo 22-b.

Al seleccionar el número de rotor en la pantalla LCD procedemos a colocar el rotor de la misma numeración en la boquilla inferior del viscosímetro, se enrosca cuidadosamente cada uno de los rotores, anexo 22-a.

- **Proceso de prueba**

Una vez seleccionados los datos se coloca el fluido precalentado a distintas temperaturas, figura 21-a, en un recipiente debajo del rotor a la temperatura deseada y para comenzar el proceso debe estar todo debidamente coordinado.



(a) Medición de temperatura del jugo de caña.



(b) Final del análisis del viscosímetro digital.

Figura 21. Medición de temperatura del jugo de caña y configuración del viscosímetro para inicio y final.

Iniciando desde la selección de velocidad del rotor de 0.3 rpm hasta los 60 rpm se realiza una por una la medición y toma de datos del fluido. Una vez listos los elementos, se presiona el botón START y esperamos a que la herramienta haga su trabajo, cuando finaliza, se proyecta una leyenda que figura como END como se ve en la figura 21-b.

- **Obtención de datos**

Una vez analizados los datos se genera una hoja de cálculo de Excel en donde se coloca los resultados obtenidos del fluido a distintas temperaturas y con distinto número de rotor, se evidenció que el tipo de fluido y sus variables:

- **Temperatura (°C):** Temperatura a la que se realizó la medición.
- **Número de Rotor:** Identificación del rotor del viscosímetro utilizado.
- **Viscosidad (mPa.s):** Valor de la viscosidad medida.
- **Porcentaje de Error:** Cálculo del error porcentual mostrado en la pantalla del viscosímetro para cada medición, basado en la variabilidad de las mediciones repetidas.

4.4. DISEÑO DEL SISTEMA DE FILTRADO

4.4.1. SELECCIÓN DEL FILTRO

Se opta por la elección del filtro a través de un análisis de filtros presentes en el mercado, obteniendo sus características y aplicaciones como se muestra en la tabla 9. Para este análisis se tomó a consideración que:

Con estos datos de filtros más adecuados para el estudio, obtuvimos que:

Tabla 9. Análisis de características de cada uno de los filtros.

	MATERIAL	TIPO DE FILTRO	RANGO DE TEMPERATURA	EFICIENCIA DE FILTRADO	DURABILIDAD
TIPO 1	Acero inoxidable	Cartucho	hasta 100 °C	0,95	1000 horas
TIPO 2	Poliéster	Bolsa	hasta 150 °C	superior a 99%	larga vida útil
TIPO 3	Polipropileno	Bolsa	hasta 90 °C	superior a 99%	larga vida útil

Entendemos conforme a esta tabla de doble entrada que; los filtros de acero inoxidable y conocidos como filtro de fluidos se adapta al sistema de presión.

4.4.2. CARACTERÍSTICAS Y DISEÑO DEL PORTA FILTRO

Bajo las mismas consideraciones, el diseño viene de la mano de la aplicación de los sistemas de filtrado, ya que al ser fabricado e idealizado desde la primera etapa con el fin de ser fácil de desmontar y eficiente a la hora de trabajar. Nuestro concepto se basa en los sistemas de filtrado de aceite de vehículos que tiene un funcionamiento de alta eficiencia, soporta alta presión, soporta altas temperaturas y es fácil de desmontar.

Para el diseño del porta filtro de nuestro sistema comenzamos analizando la tabla 8, que, identificando las necesidades y los conceptos de estudio, adaptaremos nuestro sistema al filtro TIPO 1 que, en base a sus características, tabla 10 y que se acoge a nuestras necesidades.

Tabla 10. Especificaciones del filtro seleccionado.

	Características del filtro	Unidades	
1	Tamaño de las partículas	15,28	[micras]
2	Diámetro interior	110	[mm]
3	Diámetro exterior	150	[mm]
4	Altura interior	160	[mm]
5	Altura	300	[mm]

En base a los datos se obtiene el diseño que nos permite abarcar el filtro TIPO 1 que se muestra en la figura 22, considerando el diseño del porta filtro que sea desmontable, sus partes se muestran en la figura 24.



Figura 22. Filtro seleccionado de uso hidráulico.

4.4.3. MATERIAL DEL PORTA FILTRO

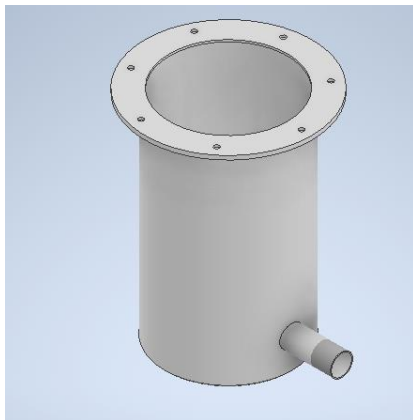
El material debe ser resistente a las características que manejamos en el estudio, por ello, mostramos en la tabla 11, los tipos de materiales a usar:

Tabla 11. Materiales para fabricación del porta filtro.

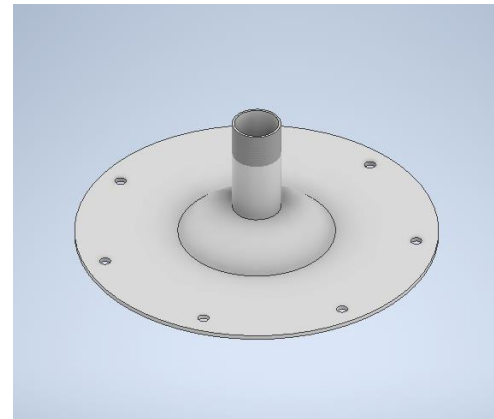
MATERIAL	ALTA TEMPERATURA (90°C)	CORROSIVO	DISPONIBILIDAD	MANEJO	PRESIÓN
Acero Inoxidable	Si	No	Alta	Fácil	Alta
Polipropileno de alta densidad	Si	No	Media	Difícil	Meda - alta
Polipropileno	Si	No	Baja	Difícil	Media - alta

Con esto, nuestro filtro se acoge a la norma INEN resolución nro. 15091 [45] que trabaja directamente en la fabricación de herramientas en acero inoxidable, que es el material seleccionado.

El diseño se lleva a cabo en un software CAD que nos permita observar un diseño realista posterior a su fabricación.



(a) Cuerpo del porta filtro.



(b) Tapa del porta filtro.

Figura 23. Diseño CAD del porta filtro.

Compone de 7 perforaciones entre la unión de cuerpo y tapa de 5 mm de diámetro que nos permite el anclaje filtro para montaje y desmontaje del equipo, con ello, se agrega tuercas y pernos M6 de 30mm x 10 mm.

Se determina el funcionamiento en el proceso de filtrado marcando su succión y descarga del jugo de caña, como se muestra en la figura 24, la parte A, es decir, la tapa es la succión, debido a que llegará a la parte interna del filtro que es la recomendada de succión por el fabricante para su correcto funcionamiento, viaja hacia la parte B que es la descarga de la tubería ya libre de partículas no deseadas.

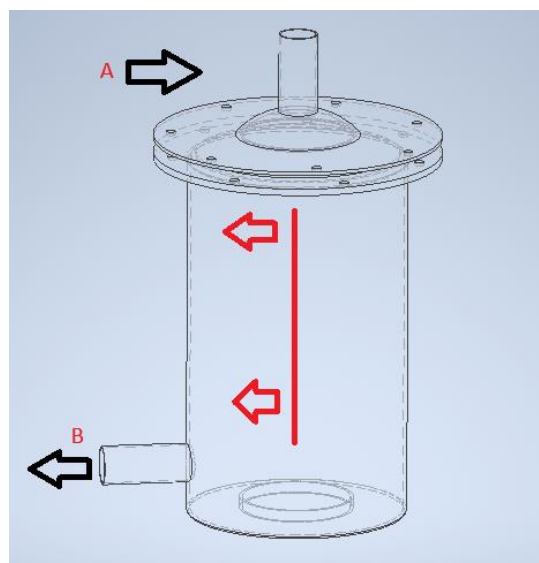


Figura 24. Ciclo de circulación del jugo de caña en el porta filtro.

Es importante mencionar que el porta filtro debe ser fabricado, debido a que debe adaptarse a nuestras necesidades de temperatura, durabilidad y adaptabilidad a nuestro sistema. También debe adaptarse a la selección del filtro.

4.5. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA

A medida de la investigación se consideran las características de filtración en base a las peticiones del productor: 40 litros por minuto y que soporte temperaturas hasta 90 grados Celsius. Sin embargo, nuestros tres principales elementos del sistema son; la bomba, el porta filtro y el filtro del mismo.

En la figura 25 mostramos las partes del sistema de proceso de panela, en dónde instalaremos el sistema.



Figura 25. Proceso de obtención de la panela (sin el sistema de filtrado).

Una vez determinado cada factor del proceso de filtrado se desarrolla un esquema que nos permita entender el funcionamiento de flujo del jugo de caña y autolavado de este. Observamos la figura 26, que indica el paso del jugo de caña por la bomba y filtro, junto a los elementos de control.

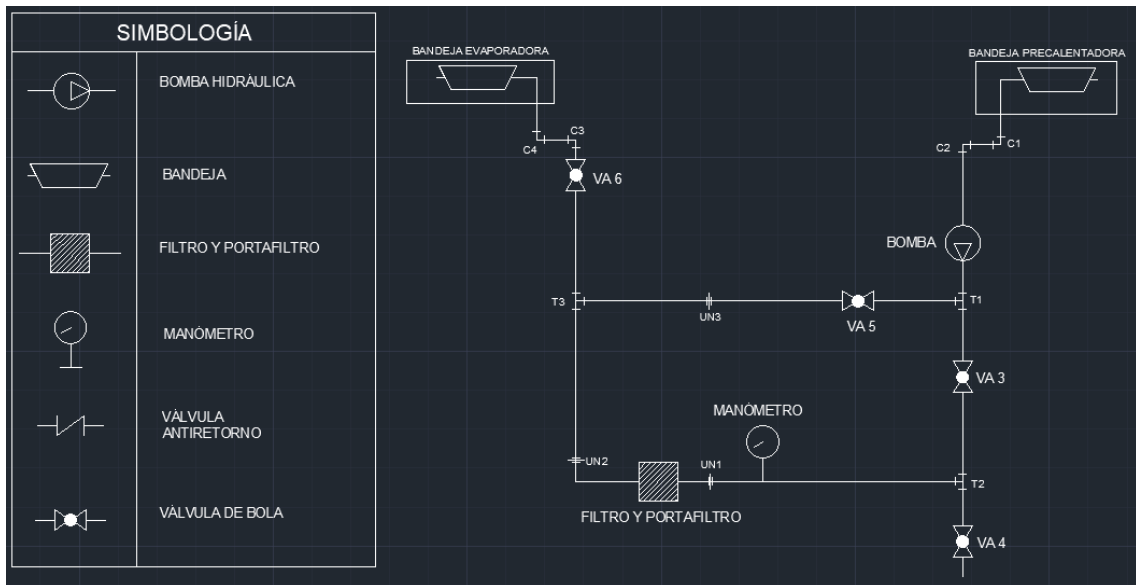


Figura 26. Ejemplificación del sistema de filtrado y sus elementos.

Este estudio lo hacemos en conjunto al análisis del porta filtro, es decir, todos los elementos del sistema deben cumplir las características mostradas en la tabla 12, debido a que el sistema funciona en conjunto al mismo.

- **Descripción de materiales usados**

Tabla 12. Descripción de materiales usados para el proceso de filtrado.

Nº	Descripción	Cantidad
1	Manómetro	1
2	Bomba de acero inoxidable	1
3	Filtro de acero inoxidable	1
4	Porta filtro de acero inoxidable	1
5	Tee de acero inoxidable	3
6	Codos de acero inoxidable	4
7	Válvulas de bola	4
8	Uniones universales	3

Se enlista cada uno de los materiales presentes y se grafica cada uno respectivamente.

4.6. DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE PÉRDIDAS LOCALES DEL FILTRO

Las pérdidas locales en un sistema de presión son pérdidas de energía que se da debido a alteraciones del flujo de fluido causadas por componentes específicos del sistema, como filtros, válvulas, codos, conexiones, cambios de sección transversal y otros accesorios [46]. Estas pérdidas se suman a las pérdidas por fricción a través de la tubería y deben considerarse para el diseño y operación eficiente del sistema. Con ello, realizamos una evaluación práctica observada en la figura 27 para determinar cada uno de los pasos realizados en este proceso.

Para esta prueba se determina un sistema que permite la estructuración y armado, obteniendo un banco de prueba apto para la circulación del fluido de manera constante y con el objetivo de recircular el fluido para la toma de datos a través de las herramientas de medición.



Figura 27. Montaje del sistema para el proceso experimental.

Una vez montado el sistema, se procede a encender la bomba y regular la válvula de bola para ajustar un nivel de caudal. En este análisis tomamos datos variando de unidad en unidad, en conjunto a la regulación de caudal tomamos datos del manómetro, la toma de datos fue en un archivo de Excel en donde por cada caudal tomamos el dato del manómetro [32]. El detalle de los instrumentos usados en este proceso se muestra en el anexo 13.

A continuación, se detalla el proceso de obtención de datos:

4.6.1. MEDICIÓN Y REGISTRO DE DATOS DE TEMPERATURA, PRESIÓN Y CAUDAL

- **Presión:** Se utiliza un manómetro para medir la presión en milímetros de mercurio (mmHg) en diferentes puntos del sistema, particularmente antes y después del filtro. Esto permitió calcular las pérdidas de presión asociadas al paso del jugo de caña a través del filtro.
- **Caudal:** Se emplea un caudalímetro para registrar el flujo volumétrico del jugo de caña en diferentes condiciones de operación. Se aseguraron mediciones precisas y repetibles para cada condición experimental.
- **Temperatura:** se expone a diferentes temperaturas y se registran las mediciones en Celsius. Se tomaron múltiples mediciones para cada temperatura para garantizar la precisión y repetibilidad de los datos.

Los resultados obtenidos se documentaron de manera estructurada en una hoja de cálculo de Excel. Con este proceso de prueba se hizo uso de distintos materiales que ayudaron con este proceso

Con el análisis de pérdidas de presión viene en conjunto el análisis de datos en el que encontramos distintas variables medibles necesarias para obtener los datos para aplicarlo en la declaración de variables que ayuda a determinar las pérdidas de presión que obtenemos en la circulación del jugo de caña a través del filtro

4.6.2. ECUACIONES PARA LA PÉRDIDA DE PRESIÓN EN EL SISTEMA DE FILTRADO

Determinar las pérdidas de presión en todos los elementos de un sistema de presión es crucial al momento de dimensionar correctamente sistemas de presión evitando la pérdida de recursos [47].

4.6.2.1. CAUDAL

Para determinar el caudal existe una fórmula matemática, pero en este caso se utiliza los valores del medidor de flujo para el análisis junto con los requerimientos de la fundación.

Entendemos como caudal al flujo de fluido que circula a través de un ducto, dejándonos así reconocer la fórmula de la siguiente manera:

$$Q = v \cdot A \quad (\text{IV.1})$$

Dónde:

v = velocidad del fluido; (m/s)

A = área de la sección transversal de la tubería; (m²)

En nuestro estudio el caudal está delimitado por los requerimientos del productor.

4.6.2.2. VELOCIDAD

La fórmula se expresa cómo:

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} \quad (\text{IV.2})$$

Donde:

v = Velocidad de flujo; (m/s)

Q = Caudal; (m³/s)

D = Diámetro; (m)

4.6.2.3. NÚMERO DE REYNOLDS

Representado así:

$$\text{Re} = \frac{V \cdot D \cdot \rho}{\mu} \quad (\text{IV.3})$$

Dónde:

v = Velocidad de flujo; (m/s)



D = Diámetro de la tubería; (m)

ρ = Densidad; (kg/m^3)

μ = Viscosidad dinámica; ($\text{N} \cdot \text{s/m}^2$)

4.6.2.4. COEFICIENTE DE RESISTENCIA

El coeficiente de resistencia viene dado por una fórmula general que se expresa de la siguiente manera:

$$\xi = \frac{2 \cdot \Delta p}{v^2 \cdot \rho} \quad (\text{IV.4})$$

Donde:

Δp = pérdida de energía debido a la fricción; (Pa)

v = velocidad del flujo; (m/s)

ρ = densidad; (kg/m^3)

Sin embargo, este coeficiente se expresa conforme al análisis de pérdidas locales.

4.6.3. SISTEMA DE TUBERÍAS E INSTALACIÓN DE BOMBAS

Los coeficientes de pérdidas en accesorios están determinados conforme el anexo 14 que representa los datos a usar en la determinación de pérdidas locales en accesorios.

4.6.3.1. FACTOR DE FICCIÓN

Régimen turbulento

$$\lambda = \frac{0.3164}{\text{Re}^{0.25}} \quad (\text{IV.5})$$

4.6.3.2. RESISTENCIA

$$R = \left(\sum \xi + \lambda \frac{L}{D} \right) \frac{8}{g \cdot \pi \cdot D^4} \quad (\text{IV.6})$$

Donde:

ξ = coeficiente de resistencia

λ = factor de fricción (adimensional)

L = longitud; (m)

D = diámetro de la tubería;(m)

4.6.3.3. CABEZA DE DESCARGA DEL SISTEMA

$$\Delta H = \Delta Z + R * Q^2 \quad (\text{IV.7})$$

Dónde:

ΔZ = altura de succión; (m)

R = resistencia del sistema

Q = caudal; (m³/h)

4.6.3.4. POTENCIA

Este valor hace referencia a la cantidad de energía usada para realizar un trabajo, en este caso el valor de potencia en el estudio se da por la siguiente fórmula [48]:

$$P = Q \cdot DH \cdot \rho \cdot g \quad (\text{IV.8})$$

Dónde:



Q = caudal; (m³/h)

DH: cabeza de descarga; (m)

D = densidad; (kg/m³)

4.6.4. DIÁMETRO DE TUBERÍA

Es importante que esta cumpla con los requerimientos del sistema, la ecuación nos dice:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}} \quad (\text{IV.9})$$

Dónde;

Q = Caudal; (m³/h)

V= velocidad; (m/s)

4.6.5. CURVA DE FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA

Dentro de su investigación Turiño [49] coincide para establecer el siguiente modelo para la característica de carga-flujo de las bombas hidráulicas de giro constante.

$$H = a + b \cdot Q - c \cdot Q^2 \quad (\text{IV.10})$$

Especificando:

$$a = 0.875 \cdot H_D + 0.002396 \cdot H_D \cdot n_{(int)} \quad (\text{IV.11})$$

$$b = 0.748 \cdot \frac{N_D}{Q_D} + 0.00315 \cdot \frac{N_D}{Q_D} \cdot n_{(int)} \quad (\text{IV.12})$$

$$c = 0.2878 \cdot \frac{H_D}{Q_{D^2}} \quad (\text{IV.13})$$

Dónde:

$n_{(int)}$ = velocidad específica (rev/min)



Q_D = Caudal del diseño (m^3/h)

H_D = altura de diseño (m)

N_D = potencia de diseño de la bomba (kW)

Definimos la velocidad específica cómo;

$$n_s = 3.65 \frac{n\sqrt{Q}}{(H)^{\frac{3}{4}}} \quad (\text{IV.14})$$

Dónde:

n_s = velocidad específica; (m/s)

n = velocidad de la bomba; (rev/min)

H = altura de succión; (m)

Q = caudal; (m^3/h)

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. OBTENCIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS REOLÓGICO DEL JUGO DE CAÑA

Para desarrollar el análisis reológico se hizo uso de técnicas y materiales observados en la figura 14, con ello, los datos obtenidos se toman en función de la unidad de medida ($mPa*s$), es decir mili pascales por segundo. El análisis se realiza en función a la temperatura, tomando los datos en conjunto para obtener el gráfico de la viscosidad en función a la velocidad, así se muestra en la figura 28.

Se elije estos datos debido al comportamiento del fluido en base a la temperatura, con ello el rotor 2, anexo 22-b, es el más apto para el estudio del líquido cómo recomienda la herramienta, con esto queremos decir que el rotor es el más apto para obtener los datos más confiables.



Una vez con los datos se grafica en función a las revoluciones aplicadas, y graficamos a continuación:

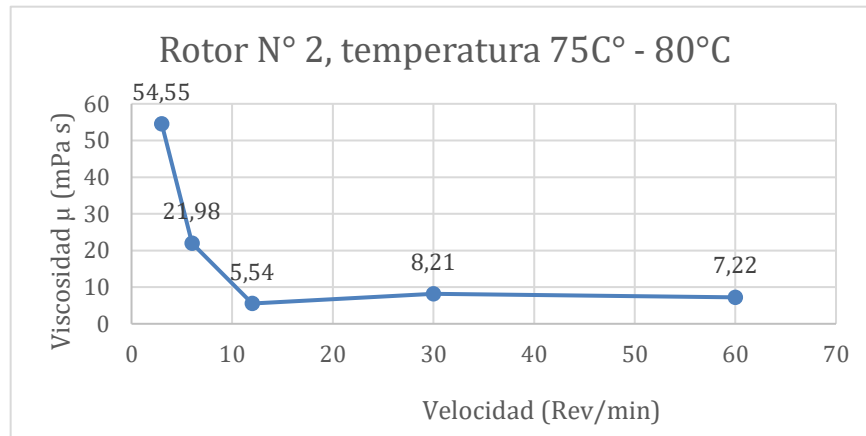


Figura 28. Gráfica de datos obtenidos conforme al estudio reológico de jugo de caña.

Para con ello determinar los datos necesarios para el dimensionamiento y haciendo caso a este concepto de fluidos vamos a hacer uso del valor más bajo de viscosidad que sería 5.54 mPa*s, debido a que este presenta el rango de error más bajo de la tabla, como se observa en el anexo 2.

Con este comportamiento identificamos al fluido como pseudoplástico que conociendo sus características se denomina como: “Son materiales que ven reducida su viscosidad al aumentar la velocidad de deformación. Muchos materiales muestran este tipo de comportamiento en mayor o menor grado y es el comportamiento más común” [50] que se observa en nuestro gráfico, y se identifica que el fluido representa una disminución de viscosidad conforme a que la velocidad aumenta, respetando el principio.

5.2. DISEÑO Y FABRICACIÓN DEL PORTA FILTRO

5.2.1. ANÁLISIS DE PRESIÓN DEL PORTA FILTRO

Es necesario crear un diseño de presión que nos permita demostrar que el acero 304 es capaz de soportar la presión requerida en nuestro estudio. En la figura 29 se muestra que el sistema trabaja de manera normal al aplicarse 40 kPa que es un valor de presión estimado para el estudio.

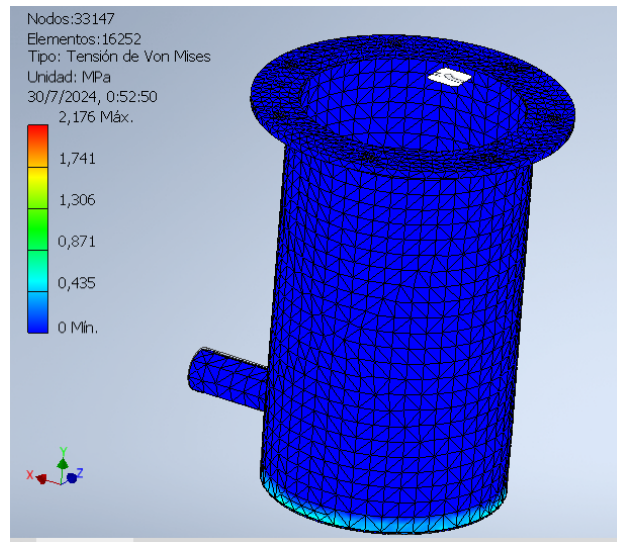


Figura 29. Mallado y simulación de presión del porta filtro en software CAD.

Entendemos así a la malla que cubre el cuerpo de la simulación, pero para entender la importancia de la malla y colores presentes en el documento, debemos entender la barra lateral izquierda, en dónde los colores se entienden así:

- **Naranja:** Nivel crítico de presión en la pieza.
- **Amarillo:** Nivel crítico medio de presión.
- **Verde:** Nivel medio e ideal de trabajo.
- **Celeste:** Tiene bajo nivel de criticidad de presión.
- **Azul:** No tiene niveles de criticidad de presión.

Otra caracterización bajo un criterio de eficiencia, se agrega goma de neopreno que se instala en la base y tapa del filtro para evitar la filtración innecesaria en el momento del trabajo.

5.2.2. FABRICACIÓN DEL PORTA FILTRO

Comenzamos analizando la tabla 14, que nos indica los materiales posibles para la construcción, en base a este diagnóstico seleccionamos como material principal el acero inoxidable 304 que: “Las propiedades de los aceros inoxidables son influenciados significativamente por su composición química, la que a su vez determina las características microestructurales de estas aleaciones [51]”. A continuación, ponemos a consideración datos técnicos que nos permiten conocer el acero inoxidable 304.

Tabla 13. Características técnicas del acero inoxidable 304 [52].

CARACTERÍSTICA	UNIDAD
Espesor	2mm
Resistencia a la tracción	515 – 725 MPa
Límite elástico	205 – 515 MPa
Coefficiente de rugosidad	0.011 – 0.015 Micras

Cada una de estas características hacen que el acero inoxidable 304 sea ideal para la aplicación del sector alimenticio, químico, entre otros [51] ya con esta caracterización se diseña los planos estructurales de estos accesorios del sistema como se muestra en la figura 30.



(a) Cuerpo del porta filtro fabricado.



(b) Tapa del porta filtro fabricado.

Figura 30. Porta filtro fabricado en acero inoxidable formada por su cuerpo y su tapa.

Conforme a la ISO 6446 - Compuestos de caucho - Determinación de la resistencia al ozono, fabricamos un empaque superior que cubre la superficie entre tapa y cuerpo del porta filtro con el fin de mejorar la compactación del sistema y evitar posibles fugas o pérdidas de presión inesperadas, figura 31. En este caso el neopreno es un caucho que cumplen con estándares de temperatura y compresión necesaria para el sistema.



Figura 31. Neopreno de empaque para unir las partes del sistema de filtrado.

5.3. COEFICIENTE DE PÉRDIDA LOCAL DEL FILTRO

Para dimensionamiento del sistema uno de los pasos más importantes es determinar las pérdidas en el elemento principal del sistema para poder dimensionarlo, es decir el filtro, en donde se concentra la mayor cantidad de pérdidas de carga. En este proceso no hay que despreciar ningún tipo de dato, debido a que, es importante para el estudio. Para ello las pérdidas de energía se clasifican en pérdidas mayores para las causadas por el rozamiento en la tubería y pérdidas menores, aquellas causadas por los accesorios tales como válvulas, codos, reducciones, entradas y salidas [53].

Este coeficiente está dado en función de los Reynolds y temperatura del fluido, ambos obtenidos previamente en el punto 4.5 de proceso experimental. En estos procesos el líquido tomó la temperatura de 55°C como su punto máximo y con este valor continuamos el estudio. Al tomar los datos obtenemos todos los datos necesarios del estudio como se muestra en la tabla 32 del líquido a mayor temperatura.

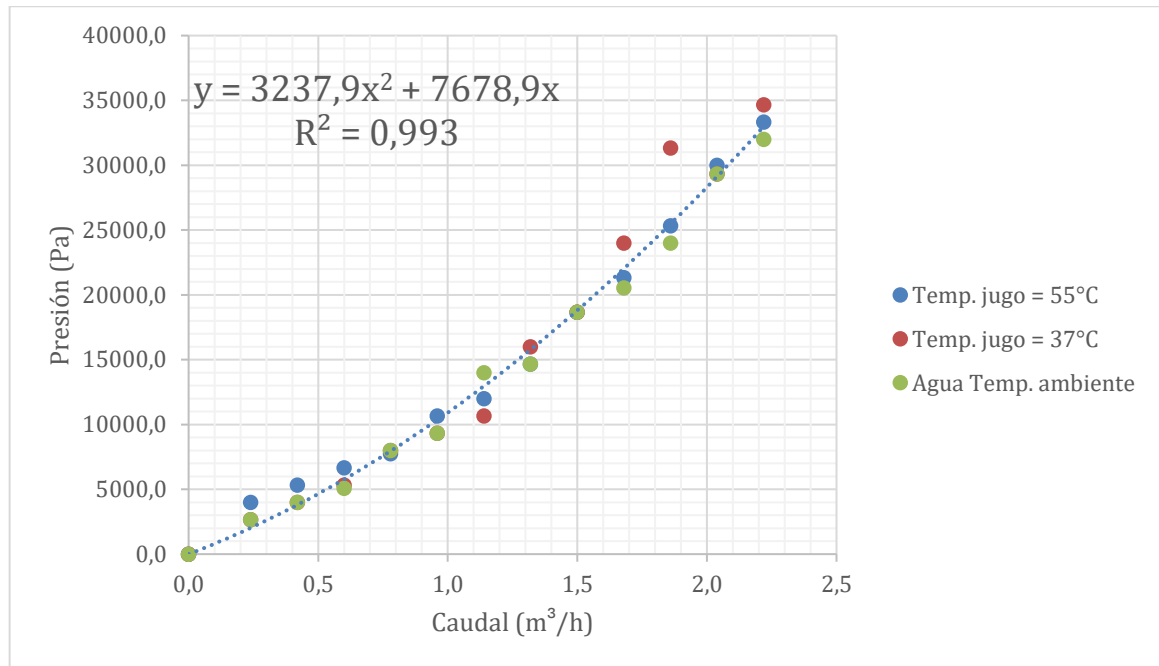


Figura 32. Datos de pérdida de presión en el proceso experimental. Obtención de la ecuación experimental.

Haciendo uso de la ecuación (IV.3) que especifica la velocidad del fluido, reemplazamos los datos obtenidos en una hoja de cálculo para determinar esta característica y una vez reemplazados los datos por el caudal obtenido y determinado en m^3/s y el diámetro del filtro que es de 11 centímetros aproximadamente, es decir 0.11 metros como muestra la tabla 10, cada uno de estos datos se observa en el anexo 3.

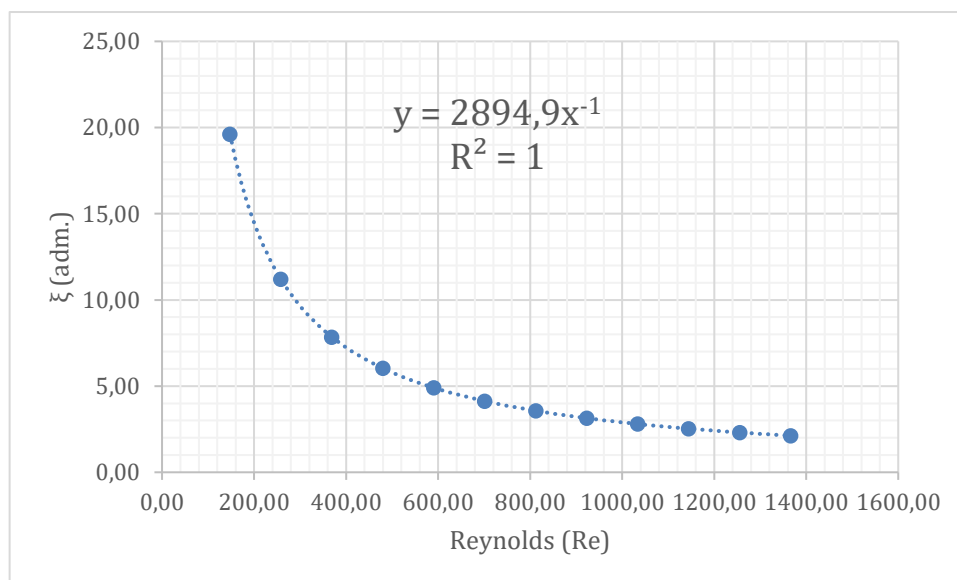


Figura 33. Obtención de la ecuación de pérdidas locales en el filtro en función a los Reynolds y su coeficiente de resistencia.

La ecuación de pérdida local del filtro en función a las pérdidas obtenidas en la etapa experimental se representa de la siguiente manera:

$$\xi(\text{Filtro}) = 2894.9 Re^{-1} \quad (\text{V.1})$$

Es importante determinar la ecuación de pérdida de carga en el filtro, debido a que, es donde se presenta las mayores pérdidas de energía.

5.4. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE FLUJO DE JUGO DE CAÑA

5.4.1. DIMENSIONAMIENTO DEL DIÁMETRO DE TUBERÍA

La tubería debe respetar el caudal del sistema para evitar pérdidas de caudal, conforme al caudal de diseño se calcula usando la ecuación (IV.9), en esta fórmula aplicamos los datos de Caudal $Q = 3 \text{ m}^3/\text{h}$ que es el requerido y de velocidad $V = 1.2 \text{ m/s}$ con ello, obtenemos un diámetro de:

$$D = 0.03 \text{ m}$$

Para ello, la tubería óptima para el sistema es la de 3 centímetros de diámetro.

5.4.2. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA

Una vez determinadas las pérdidas locales del filtro que se considera el más importante en el sistema, con ello, aplicamos los siguientes datos:

Tabla 14. Datos usados para dimensionamiento del sistema.

DATOS USADOS		
Densidad (ρ)	1060	kg/m ³
Coeficiente dinámico de viscosidad (μ)	0,00554	Pa*s
Altura de succión (ΔH)	0	m
Longitud succión 1	0,5	m
Diámetro de succión 1	0,03	m
Longitud de descarga 2	1,5	m
Diámetro de descarga 2	0,03	m
Perdidas Locales 1	5,28	
Perdidas Locales 2	4,38	

Caracterizamos la densidad en función al estudio del caudal básico de la producción de panela [54] en donde se obtiene este valor como valor Brix. La medida de coeficiente dinámico de viscosidad está dada en la figura 28 del estudio.

Pérdidas locales uno y dos se dan conforme a la sumatoria de los accesorios presentes donde identificamos los accesorios necesarios para el estudio, una vez identificadas tomamos datos de la figura 26 para obtener las pérdidas.

Una vez obtenidos estos datos, procedemos a la obtención de la curva de cabeza de carga en función al caudal del sistema, esto se muestra en la figura 34.

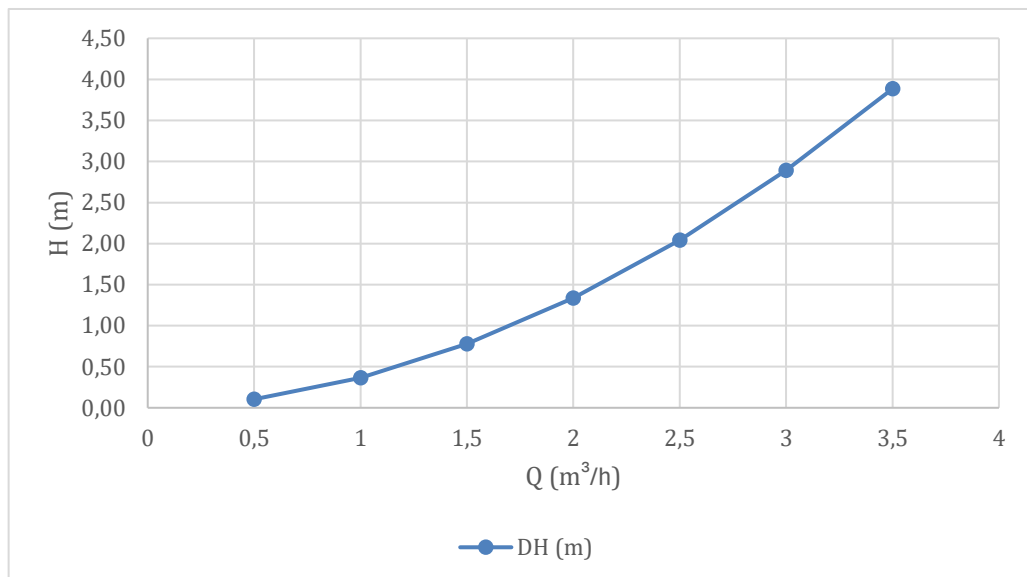


Figura 34. Cabeza de carga requerida del sistema.

Estos resultados son obtenidos a partir de la sumatoria de las resistencias totales del sistema, es decir de R1 y R2 como se muestra en el anexo 4, estas se obtienen aplicando la fórmula (IV.6) posterior la sumatoria de ambas.

De igual manera, es necesario obtener la curva de potencia requerida del sistema, aplicando la fórmula (IV.8) obtenemos la figura de la potencia del sistema necesaria para que el sistema funcione correctamente.

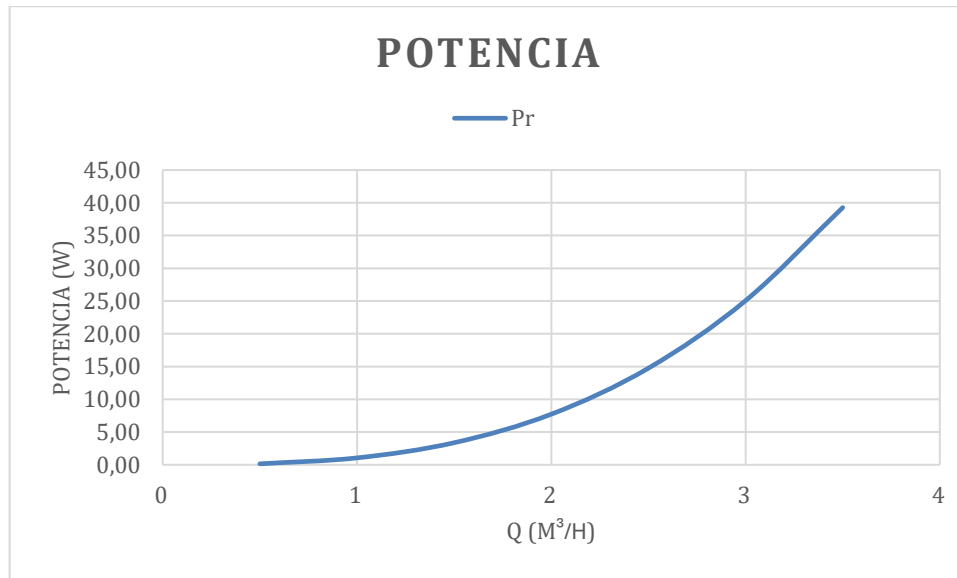


Figura 35. Potencia requerida del sistema de filtrado.

5.5. SELECCIÓN DE LA BOMBA

La selección de la bomba es el paso más importante del estudio, debido a esto, se procede a obtener la potencia requerida del sistema conforme a la ecuación (IV.8), dónde aplicamos los datos de caudal de $Q = 0.0083 \text{ m}^3/\text{s}$, densidad de $P = 1060 \text{ kg/m}^3$ y gravedad de $g = 9.81 \text{ m/s}^2$. Obtenemos el resultado de una potencia requerida de:

$$P = 25.06 \text{ w}$$

Este proceso se lleva a cabo con los datos de caudal, potencia y temperatura como los valores más importantes. La bomba seleccionada se muestra en la figura 36.



Figura 36. Bomba centrífuga de circulación seleccionada mediante el dimensionamiento.

Esta bomba cumple con los estándares de temperatura, caudal y potencia, sin embargo, este tipo de bomba adquirida no contiene las curvas características de funcionamiento, con lo cual se grafica.

Las características que acompañan a la bomba centrífuga de circulación son;

Tabla 15. Características de la bomba centrífuga de circulación RS15-6.

CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA	
Potencia Máxima	99 W
Caudal Máximo	37 L/min
Intensidad Máxima	0.99 A
Revoluciones - Minuto	1800 rev/min
Temperatura Máxima	100 °C
Presión máxima	3 bar
H max.	6.5 m

La curva característica de esta bomba en función a la cabeza de descarga no viene incluida en los datos de la bomba como se observa en la figura 36, por esta razón es necesario que grafiquemos la curva conforme a los datos obtenidos en la placa de la bomba.

5.5.1. GRÁFICA DE LA CURVA CARACTERÍSTICA DE LA BOMBA SELECCIONADA

Haciendo uso de los datos especificados en ficha técnica de la bomba mostrados en la tabla 15 se adapta las ecuaciones de la (IV.10) hasta la (IV.14) en conjunto a los valores. Con el análisis de velocidad específica tenemos el valor de velocidad específica es:

$$n_s = 102.18 \text{ m/s}$$

Con este resultado ubicamos a la bomba en el área de bomba normal conforme al anexo 19.

Consecutivamente se obtiene los datos de cabeza de carga conforme al caudal, en uso de las ecuaciones obtenemos la figura que muestra el resultado de cabeza de descarga de la bomba:

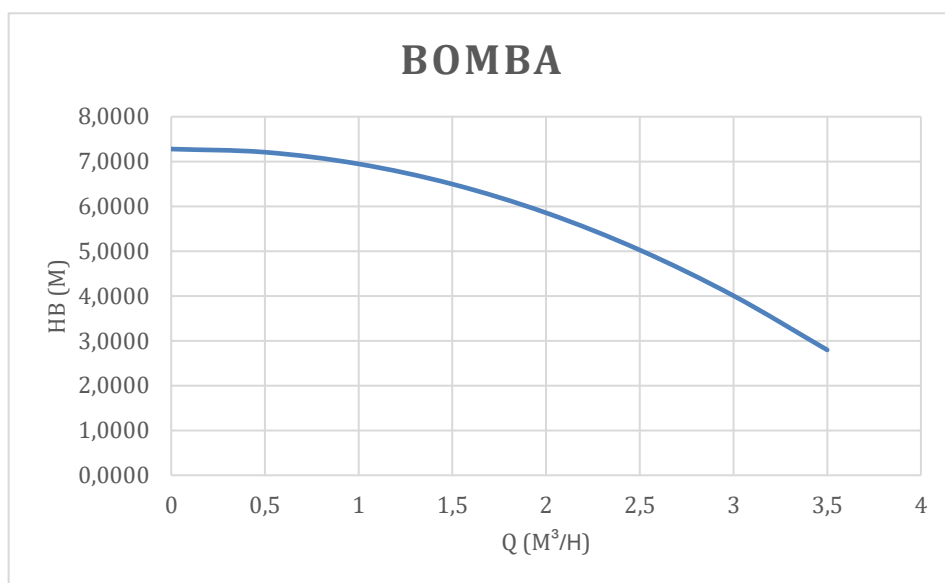


Figura 37. Cabeza de carga, gráfica de la bomba seleccionada.

Seguido de la curva de la bomba con los datos de caudal del sistema, graficamos la curva de potencia del sistema haciendo uso de la ecuación (IV.8) en función al caudal y como se muestra en la figura 38.

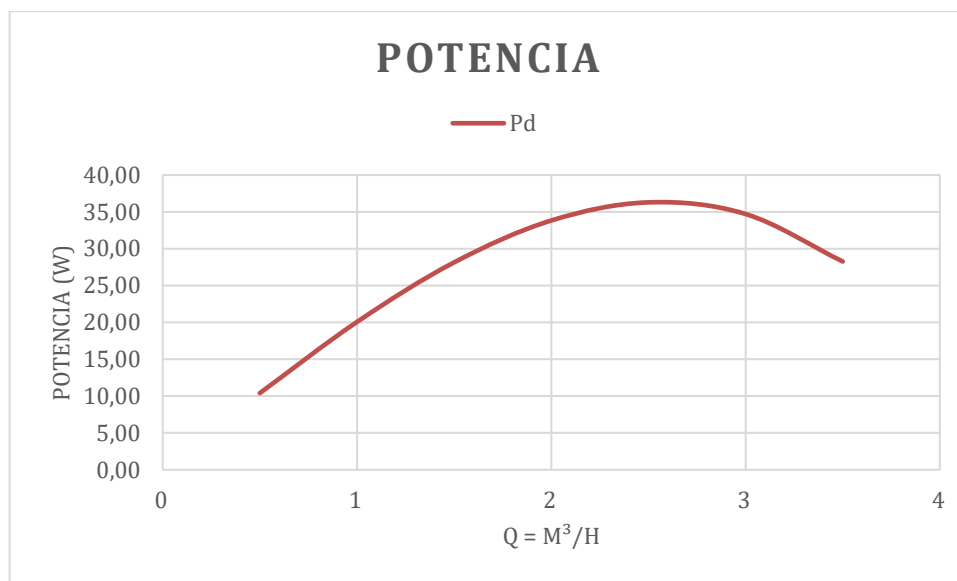


Figura 38. Curva de la potencia disponible en la bomba.

5.6. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA Y DE LA BOMBA SELECCIONADA

Una vez obtenidos todos los datos de la bomba encontramos los siguientes resultados mostrados en la figura 39, en el cual entendemos por desarrollo del sistema cuando las potencia y caudal requerido está dentro de la zona de trabajo conforme a la ecuación

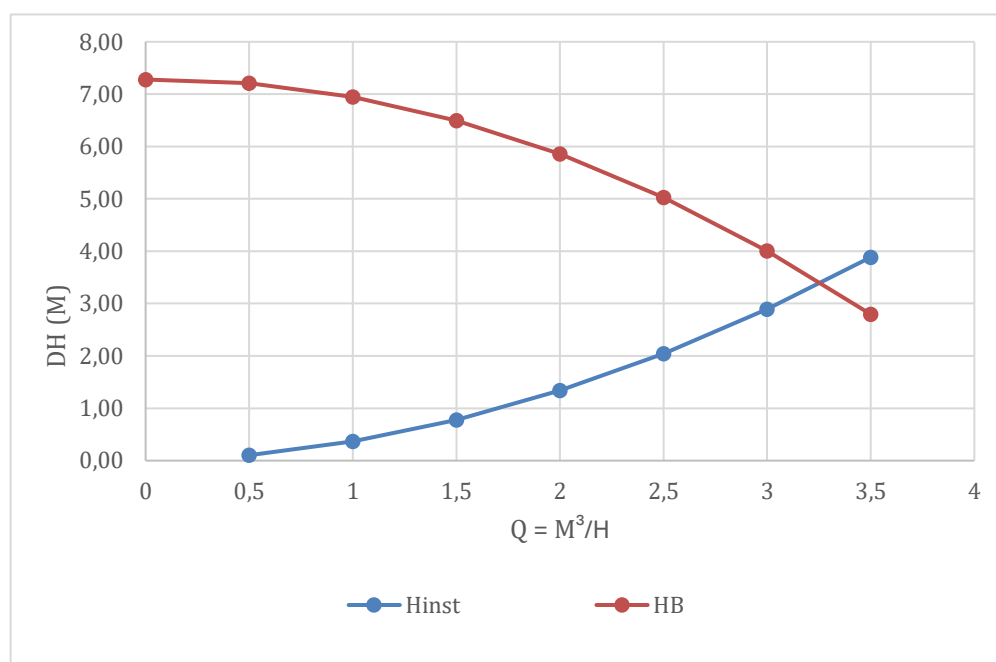


Figura 39. Gráfica de caudal en función de la cabeza de carga, ambos requeridos e instalados.



Las características del sistema en función a la cabeza de carga van de la mano de la potencia del sistema, en la figura se muestra el resultado de la potencia requerida y potencia instalada del sistema.

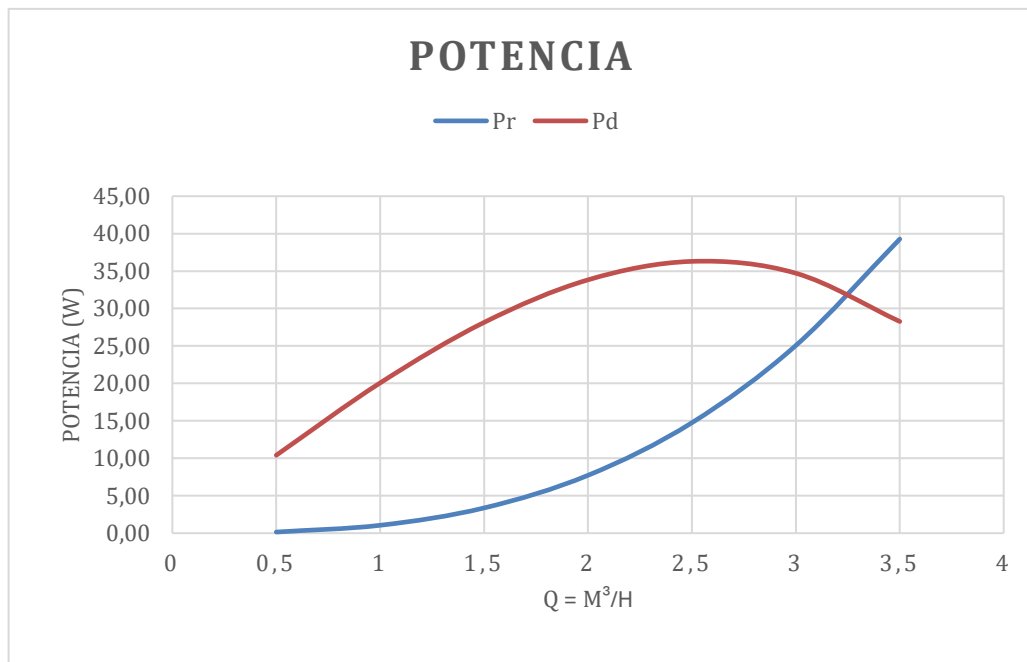


Figura 40. Análisis de la curva en función a las potencias, una del sistema y otra de la bomba.

Con esto determinamos el funcionamiento del sistema en función a los requerimientos de trabajo.

5.7. INSTALACIÓN DEL SISTEMA

Una vez obtenido los resultados estudiados se contempla la instalación en campo de los elementos adquiridos, una vez montado el prototipo se realiza la primera prueba en donde se coloca el equipo en funcionamiento con agua, para comprobar el funcionamiento, mirar el anexo 21 donde se muestra las partes de instalación.



Figura 41. Sistema de prueba del sistema de filtrado con agua.

Una vez montado el sistema se pone en marcha la primera prueba con el fin de comprobar el funcionamiento de la bomba instalada, en este caso el líquido a circular es agua. En base a las fotografías y toma de tiempo obtenemos los siguientes resultados;

Tabla 16. Datos obtenidos del funcionamiento de la bomba con agua en proceso de prueba.

VOLTAJE	INTENSIDAD	POTENCIA
110 V	0.72 A	79.2 w

Con estos datos identificamos la circulación del agua conforme al funcionamiento del agua, todos estos datos se observan en el anexo 21.

Posterior a estos datos probamos el sistema en la producción de panela, es decir a temperatura y flujo deseado, con ello obtenemos los siguientes resultados;

Tabla 17. Datos obtenidos en el funcionamiento de la bomba para un proceso real de producción de panela.

VOLTAJE	INTENSIDAD	POTENCIA
110 V	0.87 A	95.7 w

Conforme al anexo 21 nos muestra que el flujo de fluido se mantiene, pero su potencia aumenta debido a las propiedades del fluido, con estos datos estamos trabajando con la bomba a presión

máxima, es decir a su caudal definido en la tabla 17, así mismo su potencia e intensidad se compara a la requerida del sistema.

5.8.PROCESO DE FILTRADO

Una vez probado en el proceso de producción se procede a tomar una prueba del fluido antes de filtrar y otra a la salida del porta filtro para corroborar los datos.

Como mostramos en la figura 43 se nota claramente la diferencia de los tipos de muestras antes y después del sistema de filtrado.



(a) Muestra de jugo de caña antes del proceso de filtrado.



(b) Muestra de jugo de caña después del proceso del filtrado.

Figura 42. Toma de muestra del jugo de caña antes y después del proceso de filtración.

En base a estos resultados elaboramos una comparación que nos permita relacionar ambos resultados en función del tiempo de filtrado por el papel filtro.

El papel filtro usado tiene una retención de sólidos de grado 5, es decir de 8 – 12 μm , por lo tanto, la muestra es de 150 ml por cada parte, el tiempo de filtración completa de se extendió hasta quedar totalmente taponada por los residuos de cachaza y carbón, la segunda muestra, es decir, la figura 43-b se realizó en 2 horas de filtración.



(a) Muestra sin filtrar

(b) muestra filtrada.

Figura 43. Muestras de jugo de caña después del proceso de filtrado completo.

En la figura 44-a se muestra el papel filtro con el cual se tomó una muestra sin haber pasado por el sistema de filtrado, tarda más de 12 horas en filtrar a un 75% del total y la figura 44-b es el papel filtro del jugo de caña que tarda 2h30 en filtrar completamente, la velocidad de filtrado ubica al sistema en un 85% de filtración conforme a la eficiencia del sistema.

5.9. ANÁLISIS ECONÓMICO

Este análisis parte de todos los factores económicos que influyen en la investigación y está a disposición de los socios de la fundación.

Tabla 18. Presupuesto del proyecto.

MATERIALES			
Cantidad	Nombre	Precio	Total
1	Bomba de circulación	\$ 50,00	\$ 50,00
1	Fabricación del portafiltro	\$ 150,00	\$ 150,00
1	Filtro hidráulico	\$ 15,00	\$ 15,00
4	Válvulas de bola de 1"	\$ 8,10	\$ 32,40
1	Manómetro 60 psi	\$ 5,00	\$ 5,00
3	Tee 1"	\$ 3,35	\$ 10,05
2	Codos 1"	\$ 3,65	\$ 7,30
2	Reducciones 1" a 3/4"	\$ 3,00	\$ 6,00
3	Neplos 1" x 6"	\$ 5,60	\$ 16,80
4	Neplos 1" x 4"	\$ 5,20	\$ 20,80
4	Neplos 1" x 3"	\$ 4,50	\$ 18,00
1	Estructura de soporte	\$ 30,00	\$ 30,00



Tabla 18. Continuación...

2	Teflón	\$ 0,30	\$ 0,60
3	Uniones Universales 1"	\$ 7,00	\$ 21,00
TERCEROS			
1	Transporte	\$ 100,00	\$ 100,00
1	Comida	\$ 50,00	\$ 50,00
1	Imprevistos	\$ 100,00	\$ 100,00
MANO DE OBRA			
1	Ingeniería e Instalación	\$ 1000,00	\$ 1000,00
TOTAL DEL PROYECTO			\$ 1632,95

El presupuesto total del proyecto es de 1632.95\$ indicando que esta opción es una propuesta viable para el desarrollo de la producción de panela, enfocada a la mejora de la calidad. Sin embargo, el proyecto puede ser usado por cada uno de los productores de panela pertenecientes a la fundación Maquita de la asociación Flor de Caña.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- A partir del estudio reológico se determinó las características del jugo de caña para bajas revoluciones desde 0.6 rev/min hasta 60 rev/min, a partir de la cual se escoge una viscosidad promedio de 5.54 mPa*s, ajustándose a las velocidades del sistema de bombeo y ubicando al fluido como pseudoplástico. La selección de la viscosidad se ve influenciada por la variación de temperatura aplicada y analizada para la temperatura de 60 °C hasta 90 °C.
- Para el diseño del prototipo del filtro se determinó el coeficiente de pérdidas del filtro en función del Reynold, que facilitó el diseño del sistema de filtrado para un valor máximo de 40 litros/minuto, a lo cual se le incluye todas las pérdidas locales y de tuberías para la selección de la bomba. La bomba seleccionada tiene un caudal máximo de 37 litros/minuto, potencia de 99W y temperatura de 90°C. El sistema tiene un costo total de 1632.95\$.
- Al circular el fluido por el sistema de filtrado se determinó que la curva de la bomba está dentro de la zona de trabajo, junto con una filtración exitosa de un 85% de retención de partículas con una temperatura de 90°C. La bomba trabaja con una potencia de 91W y no se vio superada por la potencia de trabajo del sistema calculado.

6.2. RECOMENDACIONES

- Debido a la alta corrosión del jugo de caña es necesario que el filtro sea lavado por completo después de cada producción, evitando la concentración del jugo por largos periodos dentro del sistema, evitando así el cambio repentino del filtro.
- Conforme a la alta temperatura del sistema y trabajo de la bomba, es necesario cumplir con ciclos de trabajo del sistema de bombeo, es decir cumplir un ciclo de 65-35 por hora, con ello trabajar la bomba durante 40 minutos consecutivos y descansar 20 minutos.
- Evitar desmontar el sistema durante el proceso de producción, debido a que, la concentración del jugo a presión puede conllevar consecuencias de quemaduras u otros consecuentes.

7. REFERENCIAS

- [1] Instituto de Estadística de la UNESCO, Campos de educación y capacitación 2013 de la CINE (ISCED-F 2013): Manual que acompaña la Clasificación Internacional Normalizada de la Educación 2011. Instituto de Estadística de la UNESCO, 2014. doi: 10.15220/978-92-9189-157-3-sp.
- [2] «Inen Garantiza Seguridad de Productos – Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN». Accedido: 23 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/inen-garantiza-seguridad-de-productos/>
- [3] Q. W. Francisco, Q. T. W. David, y M. B. F. Antonio, «Agroindustria Panelera: Alternativa para su Intensificación», KnE Eng., pp. 19-27, feb. 2018, doi: 10.18502/keg.v3i1.1409.
- [4] Z. Roa, G. Rodríguez, R. Rosales Álvarez, y D. Requier-Desjardins, «Estimación de la disposición a pagar por panela ecológica desde el enfoque del consumo sostenible», Apunt. Rev. Cienc. Soc., n.º 54, pp. 59-87, 2004, doi: 10.21678/apuntes.54.538.
- [5] C. Montufar, «estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación»».
- [6] F. Web, «Reglamento de Buenas Prácticas de Almacenamiento, Distribución y Transporte para Establecimientos Farmacéuticos», 2013.
- [7] «Nomenclatura internacional de UNESCO para los campos de Ciencia y Tecnología», París, 2012. Accedido: 25 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.epn.edu.ec/wp-content/uploads/2017/03/codigos_unesco.pdf
- [8] R. B. Rosario Abramo «Prácticas sostenibles en caña de azúcar para pequeños productores», Solidaridad Latam. Accedido: 24 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://solidaridadlatam.org/news/prácticas-sostenibles-en-caña-de-azúcar-para-pequeños-productores/>
- [9] Nasly Torcoroma Duarte Durán, C. A. F. Guerrero, Stefany Yoled Vera López, y B. L. V. Carrascal, «Potencial Exportador del Sector Panelero Colombiano», 2023, Unpublished. doi: 10.13140/RG.2.2.28122.52167.
- [10] J. A. Q. Hernandez, F. C. Marques, y C. P. Z. Salazar, «Caña, campesinos y panela, emergencia del territorio dulce en el oriente antioqueño», Eutopía Rev. Desarro. Económico Territ., n.º 15, Art. n.º 15, jun. 2019, doi: 10.17141/eutopia.15.2019.3876.
- [11] G. Sigchos «Gobierno Autónomo Descentralizado de Sigchos - 2022». Accedido: 25 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.gadmsigchos.gob.ec/new/index.php?option=com_content&view=article&id=366&Itemid=649
- [12] C. C. E. Huber, «Declaratoria de Autenticidad del Asesor».
- [13] E. A. García-Rodríguez, «Sistema de sedimentación para la recuperación de aguas residuales del proceso de lavado de áridos en la UEB del Jobo», Cienc. Futuro, vol. 4, n.º 4, pp. 22-41, 2014.
- [14] «CASETA De PVC para bomba y filtro», Tankes. Accedido: 4 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://tankes.com.uy/producto/caseta-pvc-bomba-filtro/>
- [15] «Operaciones Básicas en el Laboratorio de Química. Filtración». Accedido: 25 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.ub.edu/oblq/oblq%20castellano/filtracio.html>

- [16] D. Tec, «Filtros: tipos, función y eficiencia.», Proveedor Industrial Panamericana. Accedido: 23 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://pipsa.com.mx/filtros-funcion-eficiencia-hepa/>
- [17] R.D. Rosario «Encuentra Las Bombas De Agua Que Necesitas Aquí». Accedido: 23 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.remavisa.com/bombas-de-agua-electrobombas/encuentra-las-bombas-de-agua-que-necesitas-aqui/>
- [18] V. Venkatesan, «Control Steam System Energy Costs, Part I», Chemical Processing. Accedido: 23 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.chemicalprocessing.com/utilities-energy/energy-efficiency/article/11337939/control-steam-system-energy-costs-part-i-chemical-processing>
- [19] «[Hot Item] Sistema de filtro de purificación de agua Industrial 6000gpd 1000lph Reverse Osmosis RO Planta de agua potable», Made-in-China.com. Accedido: 23 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://es.made-in-china.com/co_wxewatertreatment/product_Industrial-6000gpd-1000lph-Reverse-Osmosis-RO-Water-Purifier-Filter-System-Plant-for-Drinking-Water_uoiiruuniu.html
- [20] «Filtros de cartucho | UMAT - Agua y Tecnología». Accedido: 23 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://aguatratamiento.com.mx/productos/filtros-de-cartucho/>
- [21] «IMA- Filtros de arena para tratamiento de agua». Accedido: 23 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.plantasdeosmosis.com/productos/filtros-de-agua-industriales/12/filtros-de-arena-industriales/>
- [22] «Filtros Hidráulicos | Sicar». Accedido: 23 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.sicar.cl/filtros-hidraulicos/>
- [23] «Qué es un sistema hidráulico, para qué sirve y cómo funciona». Accedido: 26 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-sistema-hidraulico/>
- [24] «Bomba de engranajes. Mecanismo de bombeo: vector de stock (libre de regalías) 1327367036», Shutterstock. Accedido: 27 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.shutterstock.com/es/image-vector/gear-pump-mechanism-pumping-fluid-vector-1327367036>
- [25] «Automatización Industrial: Bombas Hidráulicas (2): Bombas de Engranajes y Bombas de Paletas», Automatización Industrial. Accedido: 27 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://industrial-automatica.blogspot.com/2011/08/bombas-hidraulicas-2-bombas-de.html>
- [26] «Pumps! That's what it's about». Accedido: 27 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.pumpfundamentals.com/>
- [27] 2020 ASHRAE handbook: heating, ventilating, and air-conditioning systems and equipment, Inch-Pound edition. Atlanta, GA: ASHRAE, 2020.
- [28] «[No title found]», Int. J. Adv. Nat. Sci. Eng. Res..
- [29] «Importancia de la velocidad de la bomba de circulación en calefacción». Accedido: 27 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://blog.suner.es/velocidad-bomba-circulacion-calefaccion>
- [30] L. Moreno, L. Medina-Torres, y de Materiales, «La sangre humana desde el punto de vista de la reología».
- [31] «Reología y propiedades reológicas - Infinitia Research». Accedido: 28 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.infinitiaresearch.com/noticias/reologia-y-propiedades-reologicas-de-los-materiales/>

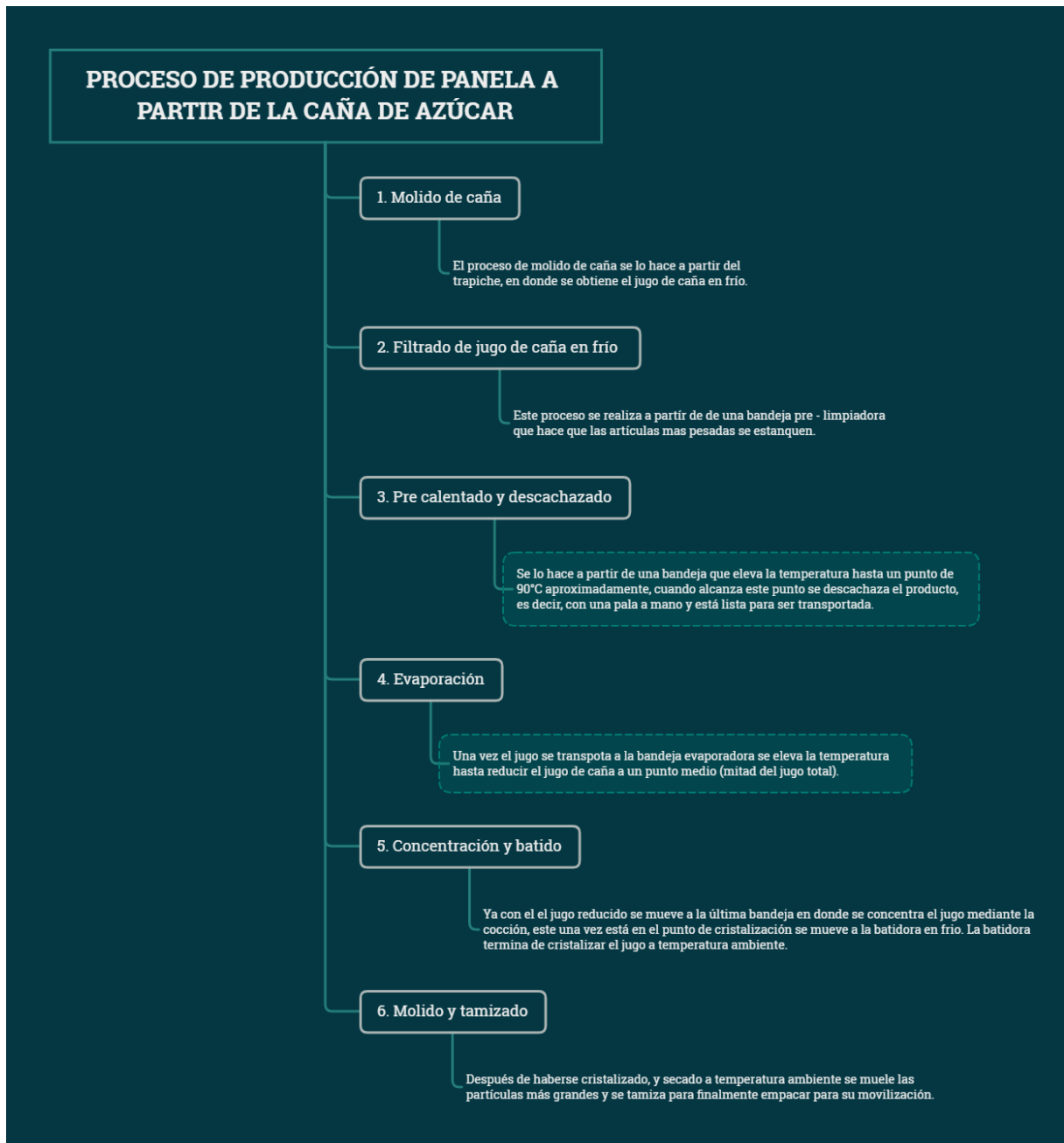
- [32] J. Casals, «Procedimiento para prácticas de laboratorio en la asignatura Mecánica de los Fluidos», Héctor Laurencio Hernández Tutor Trab. Diploma Inst. Super. Min. Met. Moa, 2015, Accedido: 12 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://scholar.google.com/scholar?cluster=17614189128739695831&hl=en&oi=scholar>
- [33] H. L. Laurencio-Alfonso, Y. Retirado-Mediaceja, E. Torres-Tamayo, H. L. Laurencio-Alfonso, Y. Retirado-Mediaceja, y E. Torres-Tamayo, «Efecto de la concentración de sólidos en la reología de las hidromezclas de arcillas cerámicas en el proceso de lavado», Min. Geol., vol. 39, n.º 1, pp. 30-43, mar. 2023.
- [34] A. F. Méndez-Sánchez, L. Pérez-Trejo, y A. M. P. Mercado, «Determinación de la viscosidad de fluidos newtonianos y no newtonianos (una revisión del viscosímetro de Couette)», vol. 4, n.º 1, 2010.
- [35] «Clasificación de los fluidos - thefinitelement.com». Accedido: 23 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.thefinitelement.com/diagrama-de-fase-binario-al-ni-ejercicios-resueltos/12-materials-science>
- [36] S. B. Dergal, «Química de los alimentos».
- [37] «Viscosímetro rotacional NDJ-5S, pantalla digital, prueba de viscosidad, pintura - AliExpress 1420», aliexpress. Accedido: 23 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://es.aliexpress.com/item/1005003771684322.html?src=ibdm_d03p0558e02r02&sk=&aff_platform=&aff_trace_key=&af=&cv=&cn=&dp=
- [38] C. Piezométrica, «Fuerza Resultante Sobre Un Área Plana Sumergida».
- [39] J. V. Belaño Rubio y C. O. Lascano Fiallos, «Diseño de un sistema SCADA para la adquisición de datos en medición de pérdidas primarias y secundarias en un sistema de flujo.», bachelorThesis, Ecuador : Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC), 2022. Accedido: 28 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://localhost/handle/27000/9292>
- [40] «Análisis de las pérdidas de carga en flujo turbulento en un laboratorio universitario de mecánica de fluidos». Accedido: 28 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642021000400003
- [41] «Acero Inoxidable AISI316», AUSA Special Steels. Accedido: 28 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.ausasteel.com/aceros/aceros-especiales/aceros-inoxidables/acero-inoxidable-aisi316/>
- [42] E. E. Espinoza Freire, «Las variables y su operacionalización en la investigación educativa. Parte I», Conrado, vol. 14, pp. 39-49, dic. 2018.
- [43] «NDJ-8S Lab Digital Rotary Viscometer Viscosity Tester Meter Fluidimeter 100-240V», eBay. Accedido: 28 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.ebay.com/itm/154542543644?_ul=EC
- [44] «An Instruction Manual», 2022.
- [45] «Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN – Ecuador». Accedido: 28 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/>
- [46] H. L. Laurencio-Alfonso, Y. Retirado-Mediaceja, J. A. Falcón-Hernández, y O. Pérez-Maliuk, «Modelo para cálculo de pérdidas de presión en tuberías conductoras de petróleo pesado (11º API)», Min. Geol., vol. 28, n.º 3, Art. n.º 3, oct. 2012.
- [47] H. Laurencio Alfonso, A. Gilbert Hernández, Y. Retirado Mediaceja, H. Laurencio Alfonso, A. Gilbert Hernández, y Y. Retirado Mediaceja, «Modelado de la viscosidad aparente de un petróleo crudo de 11ºAPI con comportamiento no newtoniano», Ingeniare



- Rev. Chil. Ing., vol. 25, n.º 4, pp. 674-680, dic. 2017, doi: 10.4067/S0718-33052017000400674.
- [48] H. L. Laurencio Alfonso et al., «Modelo para simulación de la potencia de flujo en tuberías conductoras de petróleo pesado con comportamientoseudoplástico», *Ingeniare Rev. Chil. Ing.*, vol. 30, n.º 1, pp. 171-179, mar. 2022, doi: 10.4067/S0718-33052022000100171.
- [49] J. R. Mestizo Cerón y F. Santos García, «Determinación de los coeficientes de carga y capacidad para bombas centrífugas que manipulan fluidos con propiedades diferentes a las del agua», *Cienc. -Sum*, vol. 11, n.º 1, pp. 65-70, 2004.
- [50] G. Quesada y J. Carlos, «Tema 2. Fluidos Viscosos», ene. 2008, Accedido: 29 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/3623>
- [51] E. D. Padilla, «Aplicaciones de los aceros inoxidables», *Rev. Inst. Investig. Fac. Minas Metal. Cienc. Geográficas*, vol. 2, n.º 3, Art. n.º 3, jul. 1999, doi: 10.15381/iigeo.v2i3.2114.
- [52] «UNE-EN 10088-1:2015 Aceros inoxidables. Parte 1: Relación de a...» Accedido: 30 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0054603>
- [53] G. M. D. Patricio y J. Q. H. David, «DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO».
- [54] K. M. GmbH, «Medida de grados Brix y caudal másico en la producción de azúcar», Spain. Accedido: 8 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.krohne.com/es/aplicaciones-reales/medida-de-grados-brix-y-caudal-masico-en-la-produccion-de-azucar>
- [55] F. M. White, *Fluid mechanics*, 5th ed. Boston: McGraw-Hill, 2003.

ANEXOS

Anexo 1. Proceso de obtención de la panela a partir de la caña de azúcar.





Anexo 2. Datos de reología obtenidos.

Temp liquido		N rotor	Velocidad rpm	mpa.s	%
45 - 50		1	60	6,99	7
			30	6,42	3
			12	4,07	1
			6	8,06	1
			3	11,17	1
75 - 80		1	60	5,72	6
			30	6,51	3
			12	4,07	1
			6	8,06	1
			3	11,17	1
45 - 50		2	60	10,32	2
			30	8,21	1
			12	5,54	0
			6	43,97	1
			3	109,1	1
15		2	60	17,54	4
			30	16,41	2
			12	16,62	1
			6	32,98	1
			3	109,1	1
15		1	60	15,4	15
			30	15,6	8
			12	11,18	2
			6	14,11	1
			3	22,33	1
30 - 35		1	60	10,17	10
			30	9,64	5
			12	7,12	1
			6	8,06	1
			3	11,17	1
75 - 80		2	60	7,22	1
			30	8,21	1



			12	5,54	0
			6	21,98	0
			3	54,55	1

30 - 35		2	60	13,41	3
			30	12,31	1
			12	11,08	0
			6	21,98	0
			3	54,55	1

Anexo 3. Datos del proceso experimental obtenidos a 55°C de jugo de caña y convertidos a los necesarios.

55 °C						
	CAUDAL L/min	mmHg	Psi	Cudal M3/s	PASCAL	m3/h
1	0	0	0,0	0,00000000	0,0	0,0
2	4	30	0,58	0,00006667	3999,7	0,2
3	7	40	0,77	0,00011667	5332,9	0,4
4	10	50	0,97	0,00016667	6666,1	0,6
5	13	58	1,12	0,00021667	7732,7	0,8
6	16	80	1,55	0,00026667	10665,8	1,0
7	19	90	1,74	0,00031667	11999,0	1,1
8	22	110	2,13	0,00036667	14665,4	1,3
9	25	140	2,71	0,00041667	18665,1	1,5
10	28	160	3,09	0,00046667	21331,6	1,7
11	31	190	3,67	0,00051667	25331,2	1,9
12	34	225	4,35	0,00056667	29997,5	2,0
13	37	250	4,83	0,00061667	33330,6	2,2



Anexo 4. Datos del proceso experimental obtenidos a 37°C de jugo de caña y convertidos a los necesarios.

37 °C						
	CAUDAL L/min	mmHg	Psi	Cudal M3/s	PASCAL	m3/h
1	0	0	0	0,00000000	0,0	0,0
2	4	20	0,39	0,00006667	2666,4	0,2
3	7	30	0,58	0,00011667	3999,7	0,4
4	10	40	0,77	0,00016667	5332,9	0,6
5	13	60	1,16	0,00021667	7999,3	0,8
6	16	70	1,35	0,00026667	9332,6	1,0
7	19	80	1,55	0,00031667	10665,8	1,1
8	22	120	2,32	0,00036667	15998,7	1,3
9	25	140	2,71	0,00041667	18665,1	1,5
10	28	180	3,48	0,00046667	23998,0	1,7
11	31	235	4,54	0,00051667	31330,7	1,9
12	34	220	4,25	0,00056667	29330,9	2,0
13	37	260	5,03	0,00061667	34663,8	2,2

Anexo 5. Datos del proceso experimental obtenidos del agua a temperatura ambiente y convertidos a los necesarios.

Agua temperatura ambiente						
	CAUDAL L/min	mmHg	Psi	Cudal M3/s	PASCAL	m3/h
1	0	0	0	0,00000000	0	0,0
2	4	20	0,39	0,00006667	2666,4	0,2
3	7	30	0,58	0,00011667	3999,7	0,4
4	10	38	0,73	0,00016667	5066,2	0,6
5	13	60	1,16	0,00021667	7999,3	0,8
6	16	70	1,35	0,00026667	9332,6	1,0
7	19	105	2,03	0,00031667	13998,8	1,1
8	22	110	2,13	0,00036667	14665,4	1,3
9	25	140	2,71	0,00041667	18665,1	1,5
10	28	154	2,98	0,00046667	20531,6	1,7
11	31	180	3,48	0,00051667	23998,0	1,9
12	34	220	4,25	0,00056667	29330,9	2,0
13	37	240	4,64	0,00061667	31997,3	2,2

Anexo 6. Datos obtenidos de pérdidas en función a los datos obtenidos.

Diam. Filtro	
0,11	m

Densidad	
1060	kg/m ³

coef dinam de visc.	
0,00554	

Q (m ³ /s)	v (m/s)	Δp (Pa)	ξ (adm.)	Re
0,000000	0	0,0	0	0
0,000067	0,007	0,5	19,61	147,72
0,000117	0,012	0,9	11,20	258,51
0,000167	0,018	1,3	7,84	369,30
0,000217	0,023	1,7	6,03	480,09
0,000267	0,028	2,0	4,90	590,88
0,000317	0,033	2,4	4,13	701,68
0,000367	0,039	2,8	3,57	812,47
0,000417	0,044	3,2	3,14	923,26
0,000467	0,049	3,6	2,80	1034,05
0,000517	0,054	4,0	2,53	1144,84
0,000567	0,060	4,4	2,31	1255,63
0,000617	0,065	4,7	2,12	1366,42



Anexo 7. Equipos de producción de panela.



Anexo 8. Materiales y herramientas del montaje de banco de prueba.



Anexo 9. Suma de pérdidas locales conforme al sistema.

Pérdidas locales 1

N codos	2	1,5		3
N tees	2	0,9		1,8
N válvulas	1	0,24		0,24
uniones	1	0,24		0,24

TOTAL 5,28

Pérdidas locales 1

N codos	2	1,5		3
N tees	1	0,9		0,9
N válvulas	1	0,24		0,24
uniones	1	0,24		0,24

TOTAL 4,38



Anexo 10. Cálculo de la curva de la bomba.

VELOCIDAD ESPECÍFICA

Ns =	102,18
------	--------

n =	1800
Q =	0,0006167
H =	6,5

Q =	2,22 m ³ /h
-----	------------------------

CURVA DE LA BOMBA

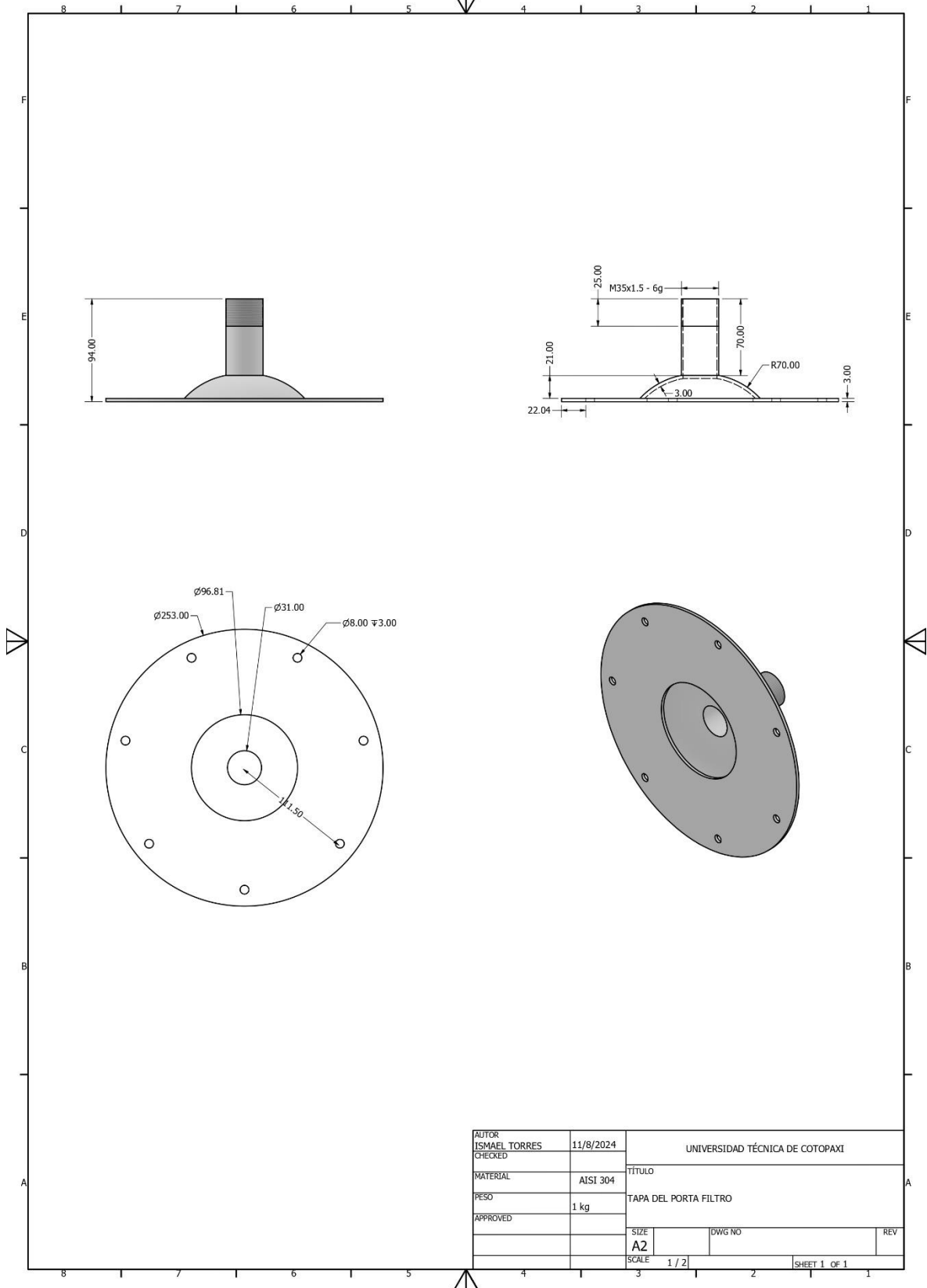
n (int)	102,18
Q D	2,22
H D	6,5
ND	0,099

a =	7,27883801
b =	0,04771017
c =	0,37957552

Caudal Q	Altura H
0	7,2788
0,5	7,2078
1	6,9470
1,5	6,4964
2	5,8560
2,5	5,0258
3	4,0058
3,5	2,7960

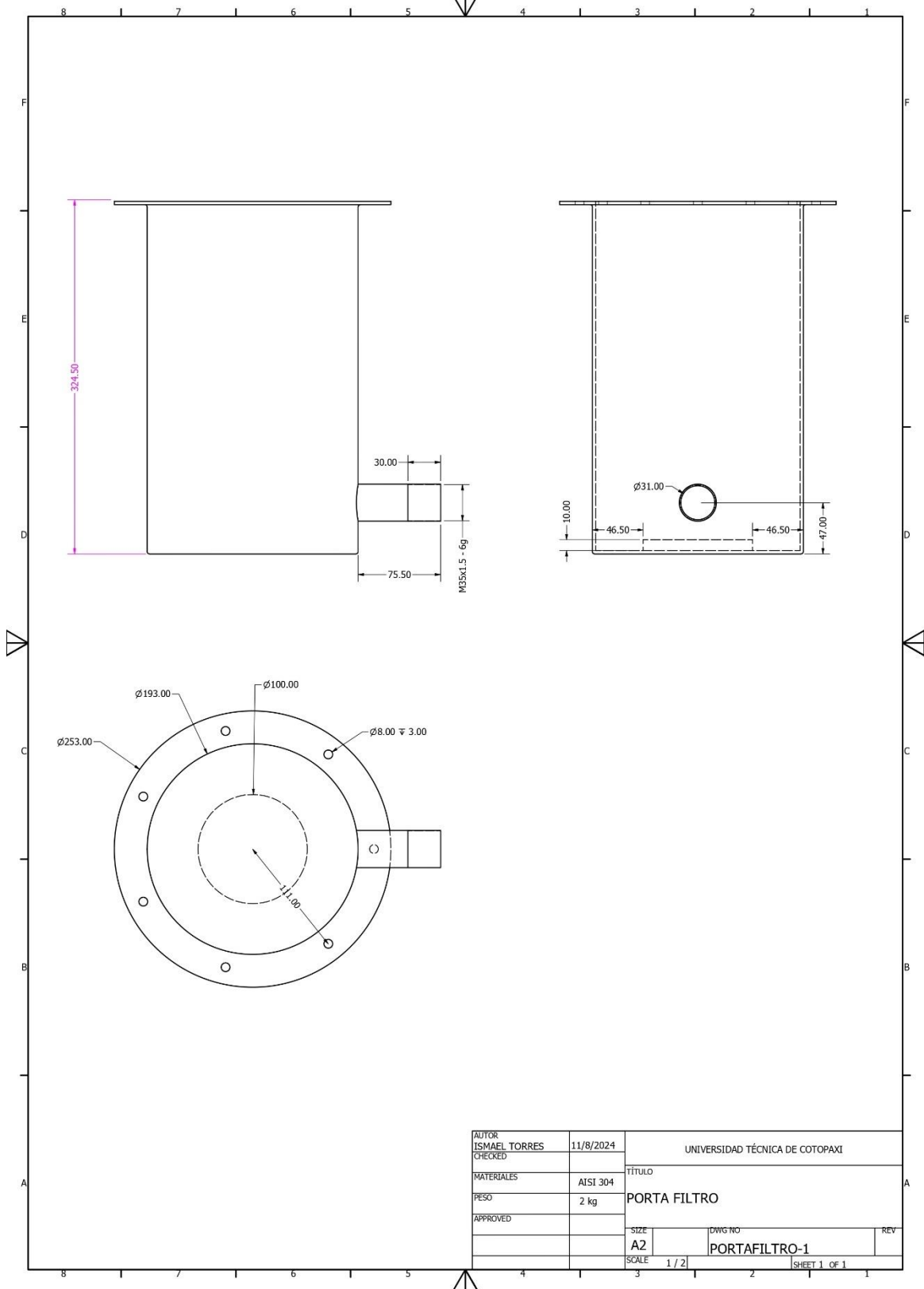


Anexo 11. Plano de construcción de la tapa del porta filtro.









Anexo 12. Plano de construcción del cuerpo del porta filtro.



Anexo 13. Materiales usados en el proceso experimental de obtención de pérdidas locales.

FOTOGRAFÍA	NOMBRE	CARACTERÍSTICA
	Porta filtro	<ul style="list-style-type: none"> • Tubería de 1”. • Acero inoxidable. • Desmontable.
	Bomba tipo torbellino ANGELO	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo: AUTO STP-60 • Voltaje: 115/230 v • Frecuencia: 60 Hz • Rpm: 3400 • Potencia: 0.37 kW • Caballos de fuerza: ½ H • Flujo máximo: 42 L/min
	Sensor de flujo	<ul style="list-style-type: none"> • Flujo: 1-60 l/min • Diam. Interior: 0,81 in • Voltaje de func. mínimo: DC 4.5-5V-24V • Voltaje de funcionam.: 5-18 V CC • Temp. de funcionamiento: 80 °C
	Manómetro de mmHg	<ul style="list-style-type: none"> • Precisión: ± 5 mmHg • Temperatura: 80°C • Aplicaciones: gas, líquidos o presión.
	Lector de sensor de flujo	<ul style="list-style-type: none"> • Recargable. • Lectura de flujo en L/min. • Lectura de presión con accesorio adicional.
	Termómetro	<ul style="list-style-type: none"> • De aguja para mayor precisión. • ±5 de error. • A batería.



Anexo 14. Coeficiente de pérdida para válvulas, codos y tees [55].

	Diámetro nominal, in									
	Roscado					Acoplado				
	1/2	1	2	4	1	2	4	8	20	
Válvulas (abiertas):										
Globo	14	8,2	6,9	5,7	13	8,5	6,0	5,8	5,5	
Compuerta	0,30	0,24	0,16	0,11	0,80	0,35	0,16	0,07	0,03	
De retención	5,1	2,9	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	
De ángulo	9,0	4,7	2,0	1,0	4,5	2,4	2,0	2,0	2,0	
Codos:										
45° normal	0,39	0,32	0,30	0,29						
45° suave					0,21	0,20	0,19	0,16	0,14	
90° normal	2,0	1,5	0,95	0,64	0,50	0,39	0,30	0,26	0,21	
90° suave	1,0	0,72	0,41	0,23	0,40	0,30	0,19	0,15	0,10	
180° normal	2,0	1,5	0,95	0,64	0,41	0,35	0,30	0,25	0,20	
180° suave					0,40	0,30	0,21	0,15	0,10	
«Tees»:										
Flujo directo	0,90	0,90	0,90	0,90	0,24	0,19	0,14	0,10	0,07	
Flujo lateral	2,4	1,8	1,4	1,1	1,0	0,80	0,64	0,58	0,41	

Anexo 15. Características del reómetro en función al manual de instrucciones.

3. Main Technical Indicators

Model	NDJ-5S	NDJ-8S
measuring range	1-1x10 ⁶ mpa.s	1-2x10 ⁷ mpa.s
Rotor specifications	12, 3, 4 rotors (0 rotors can measure the viscosity to less than 0.10 mpa.s)	0.3, 0.6, 1.5, 3, 6, 12 transfer/score
Rotor speed	612, 30, 60 rpm/min	0.3, 0.6, 1.5, 3, 6, 12 transfer/score
Single measurement automation	When the measurement results are stable, the rotor stops automatically.	
measurement accuracy	±2% (Newtonian liquid)	
Temperature Sensor Interface	✓	✓
pc interface	✓	✓
Printer interface	✓	✓
Power supply	AC 110-24 OV 50/60 HZ DC12V	
work environment:	The relative temperature is not more than 80% when the temperature is between 5 and 35 degrees centigrade.	
Outline size	380x320x390	
Net weight	4.6Kg	

Model	NDJ-9S	NDJ-99
measuring range	1-1x10 ⁶ mpa.s	1-2x10 ⁷ mpa.s
Rotor specifications	12, 3 and 4 rotors (0 rotors can measure viscosity to 0.10 mpa.s)	0.3, 0.6, 1.5, 3, 6, 12, 30, transfer/score
Rotor speed	612, 30, 60 rpm/min	0.3, 0.6, 1.5, 3, 6, 12, 30, transfer/score
Single measurement automation	When the measurement results are stable, the rotor stops automatically.	
measurement accuracy	±2% (Newtonian liquid)	
Temperature Sensor Interface	✓	✓
pc interface	✓	✓
Printer interface	✓	✓
Power supply	AC 110-24 OV 50/60 HZ DC12V	
work environment:	The relative temperature is not more than 80% when the temperature is between 5 and 35 degrees centigrade.	
Outline size	380x320x390	
Net weight	4.6Kg	

Anexo 16. Tabla del dimensionamiento del sistema primera parte.

Q (m ³ /h)	Q (m ³ /s)	V1 (m/s)	V2 (m/s)	Re 1	Re 2	Coef perd local filtro	λ 1	λ 2
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,5	0,00014	0,19649	0,19649	1127,9	1127,9	2,5667	0,05460	0,05460
1	0,00028	0,39299	0,39299	2255,8	2255,8	1,2833	0,04591	0,04591
1,5	0,00042	0,58948	0,58948	3383,7	3383,7	0,8556	0,04148	0,04148
2	0,00056	0,78597	0,78597	4511,5	4511,5	0,6417	0,03861	0,03861
2,5	0,00069	0,98247	0,98247	5639,4	5639,4	0,5133	0,03651	0,03651
3	0,00083	1,17896	1,17896	6767,3	6767,3	0,4278	0,03488	0,03488
3,5	0,00097	1,37545	1,37545	7895,2	7895,2	0,3667	0,03357	0,03357

Anexo 17. Tabla del dimensionamiento del sistema parte 2.

R 1 (s ² /m ⁵)	R 2 (s ² /m ⁵)	R T (s ² /m ⁵)	DH (m)	NPSHd (m)	HB (m)	PB
1692126,47	1403695,82	3095822,29	0,00	6,7004	7,2788	0
1983746,80	3392736,40	5376483,20	0,10	6,6621	7,2078	10,41
1937348,96	2795865,41	4733214,38	0,37	6,5509	6,9470	20,07
1913710,01	2564216,38	4477926,39	0,78	6,3682	6,4964	28,15
1898333,19	2434162,49	4332495,68	1,34	6,1145	5,8560	33,83
1887144,74	2348280,75	4235425,49	2,04	5,7903	5,0258	36,29
1878455,27	2286104,23	4164559,50	2,89	5,3959	4,0058	34,71
1871411,20	2238343,19	4109754,39	3,88	4,9315	2,7960	28,27

Anexo 18. Potencia de la bomba requerida y potencia disponible de la bomba.

Q	POTENCIA Req.	POTENCIA Disp.
0,5	0,15 w	10,41 w
1	1,05 w	20,07 w
1,5	3,37 w	28,15 w
2	7,72 w	33,83 w
2,5	14,75 w	36,29 w
3	25,06 w	34,71 w
3,5	39,27 w	28,27 w

Anexo 19. Clasificación de la bomba conforme a su velocidad específica calculada.

Clasificación de las Bombas según el criterio de velocidad específica

n_s (rev/min)	<40	40÷80	80÷150	150÷300	300÷600	600÷1200
D_2 / D_1		2,2÷3,5	1,8÷2,2	1,3÷1,8	1,1÷1,3	1
Denominación	Volumétricas Rotativas o de Émbolo	Lenta	Normal	Rápida	Diagona l y Mixta	Axial



Anexo 20. Facturas de compras de materiales y accesorios.



CHILUISA MORENO ELIZABETH ALEXANDRA

MECATEC ACEROS

Dirección Matriz: Barrio: ARANJUEZ Calle: ANTONIO CLAVIJO Numero: 445 Interseccion: ANTONIO JOSE DE SUCRE

Dirección Sucursal: Barrio: ARANJUEZ Calle: ANTONIO CLAVIJO Numero: 445 Interseccion: ANTONIO JOSE DE SUCRE

OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD NO

CONTRIBUYENTE RÉGIMEN RIMPE

R.U.C.: 0502508237001

FACTURA

No. 001-100-000002829

NÚMERO DE AUTORIZACIÓN

020820240105025082370012001100000028292881600611

FECHA Y HORA DE AUTORIZACIÓN: 02/08/2024 12:35:51

AMBIENTE: PRODUCCIÓN

EMISIÓN: NORMAL

CLAVE DE ACCESO

020820240105025082370012001100000028292881600611

Razón Social / Nombres y Apellidos: TORRES NUÑEZ VICTOR ISMAEL

Identificación: 1850044239

Fecha: 02/08/2024 Placa / Matrícula: Guía

Dirección: LATACUNGA

Cod. Principal	Cod. Auxiliar	Cantidad	Descripción	Detalle Adicional	Precio Unitario	Subsidio	Precio sin Subsidio	Descuento	Precio Total	
2711		1.00	UNIVERSAL 150 NPT 304 1"		6.26	0.00	0.00	0.00	6.26	
103030		1.00	TEFLON CINTA AMARILLA 12MM		0.27	0.00	0.00	0.00	0.27	
57		1.00	ADAPTADOR 150 NPT 304 1" X 1" MANG.		3.08	0.00	0.00	0.00	3.08	
Información Adicional						SUBTOTAL 15%				9.61
Email: ismael.vtn@gmail.com						SUBTOTAL 0%				0.00
Forma de pago						SUBTOTAL NO OBJETO DE IVA				0.00
01 - SIN UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO						SUBTOTAL EXENTO DE IVA				0.00
						SUBTOTAL SIN IMPUESTOS				9.61
						TOTAL DESCUENTO				0.00
						ICE				0.00
						IVA 15%				1.44
						TOTAL DEVOLUCION IVA				0.00
						IRBPNR				0.00
						PROPINA				0.00
						VALOR TOTAL				11.05
						VALOR TOTAL SIN SUBSIDIO				0.00
						AHORRO POR SUBSIDIO: (Incluye IVA cuando corresponda)				0.00



CHILUISA MORENO ELIZABETH ALEXANDRA

MECATEC ACEROS

Dirección Matriz: Barrio: ARANJUEZ Calle: ANTONIO CLAVIJO Numero: 445 Interseccion: ANTONIO JOSE DE SUCRE

Dirección Sucursal: Barrio: ARANJUEZ Calle: ANTONIO CLAVIJO Numero: 445 Interseccion: ANTONIO JOSE DE SUCRE

OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD NO

CONTRIBUYENTE RÉGIMEN RIMPE

R.U.C.: 0502508237001

FACTURA

No. 001-100-000002828

NÚMERO DE AUTORIZACIÓN

0108202401050250823700120011000000028288316306218

FECHA Y HORA DE AUTORIZACIÓN: 01/08/2024 18:48:29

AMBIENTE: PRODUCCIÓN

EMISIÓN: NORMAL

CLAVE DE ACCESO

0108202401050250823700120011000000028288316306218

Razón Social / Nombres y Apellidos: TORRES NUÑEZ VICTOR ISMAEL

Identificación: 1850044239

Fecha: 01/08/2024 Placa / Matrícula: Guía

Dirección: LATACUNGA

Cod. Principal	Cod. Auxiliar	Cantidad	Descripción	Detalle Adicional	Precio Unitario	Subsidio	Precio sin Subsidio	Descuento	Precio Total
102051		2.00	NEPLO SCH 40 NPT 304 1" X 6"		5.00	0.00	0.00	0.50	9.50
6438		2.00	REDUCCION 150 NPT 304 1" X 3/4"		2.70	0.00	0.00	0.00	5.40
101050		5.00	NEPLO SCH 40 NPT 304 1" X 3"		2.92	0.00	0.00	1.00	13.60
101590		5.00	NEPLO SCH 40 NPT 304 1" X 5"		3.00	0.00	0.00	1.00	14.00
517		1.00	MANOMETRO RADIAL PEQ NPT 0-60 PSI		3.58	0.00	0.00	0.00	3.58
7807		2.00	COD 90° 150 NTP 304 1"		3.25	0.00	0.00	0.40	6.10



CHILUISA MORENO ELIZABETH ALEXANDRA

MECATEC ACEROS

Dirección Matriz: Barrio: ARANJUEZ Calle: ANTONIO CLAVIJO Numero: 445 Interseccion: ANTONIO JOSE DE SUCRE

Dirección Sucursal: Barrio: ARANJUEZ Calle: ANTONIO CLAVIJO Numero: 445 Interseccion: ANTONIO JOSE DE SUCRE

OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD NO

CONTRIBUYENTE RÉGIMEN RIMPE

R.U.C.: 0502508237001

FACTURA

No. 001-100-000002828

NÚMERO DE AUTORIZACIÓN

0108202401050250823700120011000000028288316306218

FECHA Y HORA DE AUTORIZACIÓN: 01/08/2024 18:48:29

AMBIENTE: PRODUCCIÓN

EMISIÓN: NORMAL

CLAVE DE ACCESO

0108202401050250823700120011000000028288316306218

Razón Social / Nombres y Apellidos: TORRES NUÑEZ VICTOR ISMAEL

Identificación: 1850044239

Fecha: 01/08/2024 Placa / Matrícula: Guía

Dirección: LATACUNGA

Cod. Principal	Cod. Auxiliar	Cantidad	Descripción	Detalle Adicional	Precio Unitario	Subsidio	Precio sin Subsidio	Descuento	Precio Total
102051		2.00	NEPLO SCH 40 NPT 304 1" X 6"		5.00	0.00	0.00	0.50	9.50
6438		2.00	REDUCCION 150 NPT 304 1" X 3/4"		2.70	0.00	0.00	0.00	5.40
101050		5.00	NEPLO SCH 40 NPT 304 1" X 3"		2.92	0.00	0.00	1.00	13.60
101590		5.00	NEPLO SCH 40 NPT 304 1" X 5"		3.00	0.00	0.00	1.00	14.00
517		1.00	MANOMETRO RADIAL PEQ NPT 0-60 PSI		3.58	0.00	0.00	0.00	3.58
7807		2.00	COD 90° 150 NTP 304 1"		3.25	0.00	0.00	0.40	6.10



Información Adicional	
Email: ismael.vtn@gmail.com	
Forma de pago	Valor
20 - OTROS CON UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	60.01

SUBTOTAL 15%	52.18
SUBTOTAL 0%	0.00
SUBTOTAL NO OBJETO DE IVA	0.00
SUBTOTAL EXENTO DE IVA	0.00
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS	52.18
TOTAL DESCUENTO	2.90
ICE	0.00
IVA 15%	7.83
TOTAL DEVOLUCION IVA	0.00
IRBPNR	0.00
PROPINA	0.00
VALOR TOTAL	60.01
VALOR TOTAL SIN SUBSIDIO	0.00
AHORRO POR SUBSIDIO: (Incluye IVA cuando corresponda)	0.00

Información Adicional	
Email: ismael.vtn@gmail.com	
Forma de pago	Valor
20 - OTROS CON UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	60.01

SUBTOTAL 15%	52.18
SUBTOTAL 0%	0.00
SUBTOTAL NO OBJETO DE IVA	0.00
SUBTOTAL EXENTO DE IVA	0.00
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS	52.18
TOTAL DESCUENTO	2.90
ICE	0.00
IVA 15%	7.83
TOTAL DEVOLUCION IVA	0.00
IRBPNR	0.00
PROPINA	0.00
VALOR TOTAL	60.01
VALOR TOTAL SIN SUBSIDIO	0.00
AHORRO POR SUBSIDIO: (Incluye IVA cuando corresponda)	0.00



QUIROZ NARVAEZ EVELYN ALICIA
Dirección Matriz: LUIGUI RIPALDA Y HERMANOS
CRISTIANOS
Teléfono 1: 0985850538 Teléfono 2: 0981178416 Celular:
0998559976
Correo: evy_q@hotmail.com
Obligado a Llevar Contabilidad: NO

RUC.: 1718054768001
FACTURA N. 002-200-000001053
FECHA AUTORIZACION :
AMBIENTE: PRODUCCION
EMISION: NORMAL
NUMERO DE AUTORIZACION:
0508202401171805476800120022000000010531234567812
CLAVE DE ACCESO:

0508202401171805476800120022000000010531234567812

Nombres: TORRES NUÑEZ VICTOR ISMAEL
Direccion: LATACUNGA
RUC: 1850044239 Fecha Emision: 05/08/2024 Vence: 05/08/2024 Telefono: -

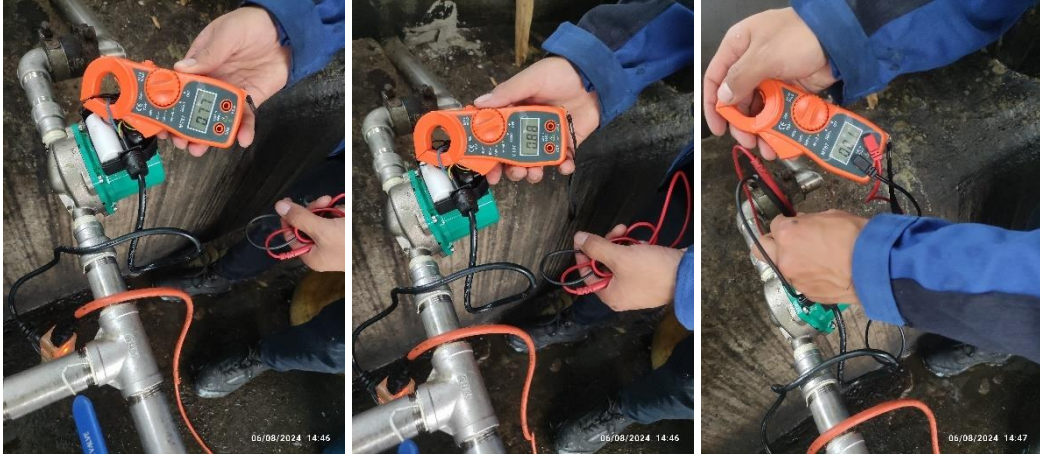
Código	Descripción	Med.	Cantidad	Precio Unitario	Desc.	Total	
176	SS-Valvula bola 1" 2C	Unidad	2,000	7,234067	5,00	13,74 *	
202	SS-Union 150 NPT 1" LISA	Unidad	2,000	2,551500	5,00	4,85 *	
254	SS-Tee 150 NPT 1"	Unidad	1,000	2,972979	5,00	2,82 *	
355	SS-Neplo SCH-40 1" X 3"	Unidad	2,000	2,077698	5,00	3,95 *	
Forma Pago Sin Utilización Del Sistema Financiero 29,17 Con Vencimiento a 0 DIAS						Subtotal:	26,70
INFORMACIÓN ADICIONAL vendedor : Vendedor ciudad : QUITO observación : Venta						Descuento:	1,33
						Subtotal Neto:	25,36
						Subtotal 5%:	0,00
						Subtotal 15 %:	25,36
						Subtotal Impuestos 0%:	0,00
						Subtotal No Objeto IVA:	0,00
						Subtotal Exento IVA :	0,00
						ICE:	0,00
						IVA 5%:	0,00
						IVA 15 %:	3,80
						Propina:	0,00
						VALOR TOTAL	29,17

Debo y pagaré incondicionalmente a la orden de Evelyn Alicia Quiroz Narváez el valor indicado en esta factura, en el plazo y fecha estipulados, por concepto de los productos que aquí se detallan recibidos a mi entera satisfacción en esta fecha.

Por favor sírvase realizar su depósito o transferencia a:
Banco del Pichincha, Cta. Ahorro: 4713172900
Banco de Guayaquil, Cta. Ahorro: 12030775
A: EVELYN QUIROZ NARVAEZ
CI.1718054768



Anexo 21. Instalación del sistema y toma de datos.





Anexo 22. Viscosímetro digital con sus accesorios y funcionamiento.



(a) Configuración del viscosímetro para cada rotor.



(b) Rotores incorporados en el viscosímetro digital.

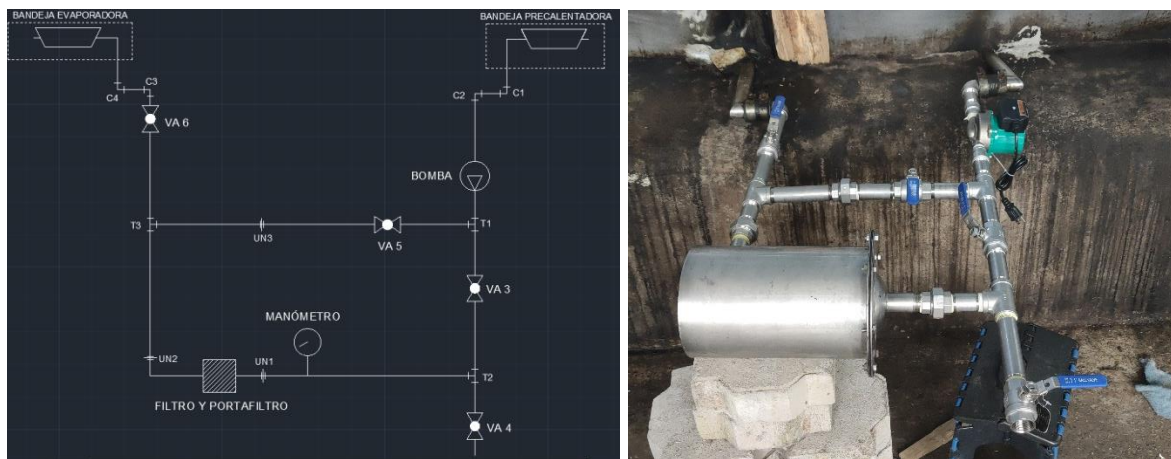
Anexo 23. Manual de operaciones.

El sistema de filtrado de jugo de caña necesita ser operado de manera correcta para evitar accidentes y daños inoportunos de sus partes, a continuación, presentamos la forma de uso dentro de la producción:

PROCESO DE PRODUCCIÓN

Paso 1. Abrir válvulas

Para el proceso de producción debemos abrir solamente las válvulas 3 y 6, mientras las válvulas 4 y 5 deben permanecer cerradas.



Paso 2. Energizar la bomba.

Una vez abiertas las válvulas, energizamos el sistema, para ello, es importante que el nivel del jugo de caña esté por encima del nivel de la bomba.

NOTA: Cumplir con el ciclo de trabajo para evitar recalentamientos de la bomba.

PROCESO DE AUTOLAVADO

Paso 1. Vaciar la bandeja y apagar la bomba.

Una vez terminada la producción se vacía todo el jugo y posterior apagamos la bomba.

Paso 2. Llenar de agua la bandeja.

Debemos vaciar la bandeja de agua y debemos cerrar las válvulas 3 y 6, posterior debemos abrir las válvulas 4 y 5.

Paso 3. Energizar la bomba.

Cuando está llena la bandeja de agua, energizamos la bomba con todos los requerimientos y vemos los resultados.

CAMBIO DE FILTRO

Paso 1. Quitar las uniones universales.

Se quitan las uniones universales 1 y 2 presentes en la entrada y salida del filtro para extraer el sistema de filtro.

Paso 2. Quitar la tapa y el filtro.

Se quita las 7 tuercas con una llave 10 mm y se extrae el filtro.

Paso 3. Colocar el nuevo filtro.

Una vez desmontado repetimos el proceso a la inversa, montando el filtro nuevamente.

NOTA: Este proceso de cambio de filtro se debe hacer una vez este el sistema frío sin producción.