



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

DISEÑO DE UN PROCESO PARA ELABORACIÓN DE CERVEZA

ARTESANAL A BASE DE ARROZ (*Oryza Sativa*) Y CHULCO

(*Oxalis PesCaprae*).

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: SOMMER CAROLINA PAREDES CUENCA

DIRECTOR: Ing. CESAR ARTURO PUENTE GUIJARRO, PhD.

Riobamba – Ecuador

2024

©2024, Sommer Carolina Paredes Cuenca

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Sommer Carolina Paredes Cuenca, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 23 de abril 2024

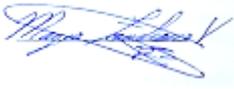


Sommer Carolina Paredes Cuenca

C.I: 060513460-0

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO DE UN PROCESO PARA ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL A BASE DE ARROZ (*Oryza Sativa*) Y CHULCO (*Oxalis PesCaprae*)**, realizado por la señorita: **SOMMER CAROLINA PAREDES CUENCA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Mayra Paola Zambrano Vinueza, Mgs. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 _____	2024-04-23
Dra. Cesar Arturo Punte Guijarro, PhD. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2024-04-23
Ing. Katherine Gissel Tixi Gallegos, MsC. ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2024-04-23

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico primeramente a Dios por su constante protección y amor infinito, que han sido mi fortaleza en cada desafío, a mis amados padres Gustavo Paredes y Gladys Cuenca a quienes les debo todo lo que soy y lo que seré, sus sacrificios y apoyo incondicional han sido mi fortaleza detrás de este logro, a mis hermanos Byron, Gabriela, mis compañeros de vida y risas, a mi adorado sobrino José David que con su sonrisa ilumina mi vida, y a mis queridos abuelitos por ser la raíz de nuestra familia y el ejemplo a seguir.

Sommer

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi agradecimiento a mi director el Ing. Cesar Puente por su orientación, paciencia y apoyo durante el desarrollo de este trabajo. A mi asesora Ing. Katherine Tixi por ayudarme a llevar a cabo una adecuada elaboración de mi trabajo.

Sommer

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1.	Planteamiento del problema.....	2
1.2.	Justificación.....	3
1.3.	Objetivos.....	4
1.3.1.	<i>Objetivo general</i>	4
1.3.2.	<i>Objetivos específicos</i>	4

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO.....	5
2.1.	Antecedentes de investigación.....	5
2.2.	Referencias teóricas.....	6
2.2.1.	<i>Cerveza</i>	6
2.2.2.	<i>Densidad de la cerveza</i>	7
2.2.3.	<i>El pH de la cerveza</i>	7
2.2.4.	<i>Tipos de cerveza</i>	7
2.2.5.	<i>Formas de producción de cerveza</i>	9
2.2.5.1.	<i>Cerveza artesanal</i>	9
2.2.5.2.	<i>Micro cervecería</i>	9
2.2.5.3.	<i>Cerveza industrial</i>	10
2.2.6.	<i>Materia prima</i>	10
2.2.6.1.	<i>Malta de cebada</i>	10
2.2.6.2.	<i>Lúpulo</i>	11
2.2.6.3.	<i>Levaduras</i>	12
2.2.6.4.	<i>Agua</i>	12

2.2.7.	<i>Ingredientes adicionales</i>	13
2.2.7.1.	<i>Arroz</i>	13
2.2.7.2.	<i>Chulco</i>	13
2.2.8.	<i>Proceso de producción de cerveza</i>	13
2.2.8.1.	<i>Molienda</i>	13
2.2.8.2.	<i>Maceración</i>	14
2.2.8.3.	<i>Filtrado y recirculado</i>	14
2.2.8.4.	<i>Lavado</i>	15
2.2.8.5.	<i>Cocción</i>	15
2.2.8.6.	<i>Enfriado</i>	15
2.2.8.7.	<i>Fermentación</i>	15
2.2.8.8.	<i>Maduración</i>	16
2.2.8.9.	<i>Carbonatación</i>	16
2.2.8.10.	<i>Envasado</i>	16
2.2.9.	<i>Variables que se deben controlar durante la producción de cerveza artesanal</i>	17
2.2.10.	<i>Medición de la concentración de alcohol en la cerveza</i>	17
2.2.11.	<i>Cálculo del rendimiento del proceso</i>	18
2.2.12.	<i>Evaluación sensorial de los alimentos</i>	18
2.2.13.	<i>Análisis descriptivo de perfiles sensoriales</i>	18
2.2.13.1.	<i>Cata de cerveza artesanal</i>	19

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	20
3.1.	Tipo de proyecto	20
3.2.	Metodología	20
3.3.	Métodos	20
3.3.1.	<i>Método deductivo</i>	20
3.3.2.	<i>Método inductivo</i>	21
3.3.3.	<i>Método experimental</i>	21
3.4.	Técnicas	21
3.4.1.	<i>Requisitos del arroz pilado e información nutricional del chulco</i>	21
3.4.2.	<i>Determinación mediante pruebas de aceptabilidad la mejor formulación para la producción de cerveza artesanal</i>	22
3.4.3.	<i>Aplicación de la evaluación sensorial</i>	23
3.5.	Materiales utilizados	23
3.5.1.	<i>Materia prima</i>	23

3.6.	Herramientas y máquinas	23
3.6.1.	<i>Materiales</i>	24
3.6.2.	<i>Equipos</i>	24
3.7.	Ingeniería del proyecto	24
3.7.1.	<i>Descripción del proceso</i>	24
3.7.2.	<i>Balance simultáneo de materia en la producción de cerveza artesanal</i>	30
3.7.3.	<i>Balance de energía en el proceso de la elaboración de cerveza artesanal (Qs)</i>	33
3.8.	Diseño Mermita	37
3.8.1.	<i>Material seleccionado para la construcción de la marmita</i>	37
3.8.1.1.	<i>Diseño del tanque</i>	38
3.8.1.2.	<i>Dimensiones del tanque</i>	38
3.8.1.3.	<i>Selección del espesor del tanque</i>	39
3.8.1.4.	<i>Camisa del tanque</i>	40
3.8.1.5.	<i>Vertido del fluido</i>	41
3.8.1.6.	<i>Cubierta del tanque</i>	41
3.8.1.7.	<i>Cálculo de fuerzas en el tanque</i>	42
3.8.1.8.	<i>Diseño de las palas planas</i>	43
3.8.1.9.	<i>Cálculos de la longitud de las palas</i>	43
3.8.2.	<i>Distancia entre el fondo y el rodete</i>	43
3.8.3.	<i>Diseño del eje agitador</i>	44
3.8.3.1.	<i>Datos de diseño bajo cargas estáticas</i>	45
3.8.4.	<i>Sistema de agitación</i>	45
3.8.4.1.	<i>Cálculo en la potencia del agitador</i>	46
3.8.5.	<i>Sistema del control del motor</i>	48
3.8.6.	<i>Diseño de la estructura de soporte</i>	48
3.8.7.	<i>Diseño del sistema de generación de calor</i>	49

CAPÍTULO IV

4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	51
4.1.	Obtención de la mejor formulación de elaboración de cerveza artesanal y prueba sensorial	51
4.1.1.	<i>Análisis global y comparativo de cada una de las formulaciones</i>	52
4.1.1.1.	<i>Análisis del “color” en todas las formulaciones</i>	52
4.1.1.2.	<i>Análisis del “olor” en todas las formulaciones</i>	52
4.1.1.3.	<i>Análisis del “sabor” en todas las formulaciones</i>	53
4.2.	Validación del proceso	53

4.3.	Proceso de validación técnica y económica	55
4.3.1.	<i>Factibilidad económica de la cerveza artesanal</i>	55
4.3.1.1.	<i>Inversión fija</i>	55
4.3.1.2.	<i>Trascendencia de gastos de producción</i>	55
4.3.1.3.	<i>Capital de trabajo</i>	56
4.3.1.4.	<i>Inversión total</i>	57
4.3.1.5.	<i>Costo de producción anual</i>	57
4.3.1.6.	<i>Precio de venta al público (PVP)</i>	58
4.3.1.7.	<i>Marcha del proyecto</i>	58
4.3.1.8.	<i>Punto de equilibrio</i>	59
4.3.1.9.	<i>Utilidad neta</i>	60
4.3.1.10.	<i>VAN (Valor actual neto)</i>	61
4.3.1.11.	<i>TIR (Tasa interna de retorno)</i>	62
4.3.1.12.	<i>Validación del TIR</i>	63
4.3.1.13.	<i>Ciclo de recuperación</i>	63
4.3.1.14.	<i>Beneficio del costo del proyecto técnico</i>	64

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
5.1.	Conclusiones	65
5.2.	Recomendaciones	68

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1:	Requisitos de arroz pilado.....	22
Tabla 3-2:	Información nutricional del chulco	22
Tabla 3-3:	Formulaciones estándar	26
Tabla 3-4:	Cantidad de materia prima a usar en la elaboración de cerveza artesanal.....	26
Tabla 3-5:	Calor sensible precalentamiento del agua llevar a 30°C.....	33
Tabla 3-6:	Calor sensible calentamiento del agua llevar a 65°C (Maceración)	34
Tabla 3-7:	Flujo de vapor precalentamiento y calentamiento	34
Tabla 3-8:	Calor sensible cocción del mosto llevar a 91°C (Cocción).....	35
Tabla 3-9:	Flujo de vapor (Calentamiento y cocción).....	35
Tabla 3-10:	Calor sensible enfriado del mosto llevar a 23°C (Enfriado)	36
Tabla 3-11:	Flujo de vapor enfriado.....	36
Tabla 3-12:	Calor sensible enfriado del mosto llevar a 21°C (fermentación y maduración) ..	37
Tabla 3-13:	Datos para diseño.....	38
Tabla 3-14:	Espesor del metal según el diámetro.....	39
Tabla 3-15:	Datos para el diseño de agitador	45
Tabla 3-16:	Valores de KT	47
Tabla 4-1:	Datos y resultados de la ficha de evaluación sensorial	51
Tabla 4-2:	Análisis global del criterio “Color”	52
Tabla 4-3:	Análisis global del criterio “olor”	53
Tabla 4-4:	Análisis global del criterio “sabor”	53
Tabla 4-5:	Análisis microbiológico de la cerveza artesanal	54
Tabla 4-6:	Resultados del análisis a los atributos de la cerveza	54
Tabla 4-7:	Análisis físico – químico de la cerveza artesanal.....	54
Tabla 4-8:	Inversión fija	55
Tabla 4-9:	Costos de materia prima e insumos.....	55
Tabla 4-10:	Costos de trabajadores en la empresa	56
Tabla 4-11:	Costos de servicios básicos	56
Tabla 4-12:	Capital de trabajo	57
Tabla 4-13:	Gastos mensuales de producción	57
Tabla 4-14:	Gastos mensuales de producción	57
Tabla 4-15:	Costos para la puesta en marcha del proyecto	58
Tabla 4-16:	Costos para la puesta en marcha del proyecto	60
Tabla 4-17:	Costos para la puesta en marcha del proyecto (VAN)	61
Tabla 4-18:	Costos para la puesta en marcha del proyecto	62

Tabla 4-19: Comprobación del TIR	63
Tabla 4-20: Ciclo de recuperación del proyecto.....	63

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Cebada malteada o malta	10
Ilustración 2-2: Lúpulo.....	11
Ilustración 3-1: Diagrama de flujo para la elaboración de cerveza artesanal	25
Ilustración 3-2: Dimensionado de la salida del fluido.....	41
Ilustración 3-3: Dimensionado de Tapa.....	42
Ilustración 3-4: Dimensiones de palas planas	43
Ilustración 3-5: Distancia entre las palas y el fondo del tanque	44
Ilustración 3-6: Agitador y palas	46
Ilustración 3-7: Estructura de soporte.....	49
Ilustración 3-8: Quemador radial atmosférico.....	50
Ilustración 4-1: Resultados organolépticos	51
Ilustración 4-2: Porcentaje de aceptación de cada formulación de cerveza artesanal	52

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: MATERIA PRIMA UTILIZADA EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA

ANEXO B: MOLIENDA, COCCIÓN Y FERMENTACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL

ANEXO C: EQUIPOS UTILIZADOS

ANEXO D: ENVASADO Y PRODUCTO FINAL

ANEXO E: DISEÑO DE MERMITA

ANEXO F: RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

RESUMEN

En los últimos años, las cervecerías artesanales han introducido una amplia gama de cervezas que se distinguen por su método de producción y diversidad de productos. A pesar de su popularidad, algunas cervezas industriales carecen de atributos distintivos como sabor, tonalidad y grado alcohólico, por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue investigar la viabilidad de elaborar cerveza artesanal utilizando arroz y chulco, y determinar si es posible alcanzar las características sensoriales requeridas por la normativa INEN 2262 para bebidas alcohólicas de cerveza. La metodología empleada en este estudio consistió en una investigación experimental, donde se diseñó y ejecutó un proceso de elaboración de cerveza artesanal utilizando arroz y chulco como ingredientes principales, se llevaron a cabo pruebas de laboratorio para determinar las propiedades físico-químicas de la cerveza resultante, además se realizaron análisis sensoriales para evaluar las características organolépticas de la cerveza y compararlas con los estándares establecidos, y se utilizó un enfoque cuantitativo para recopilar y analizar datos. Mediante esta metodología se logró determinar que es posible producir una cerveza artesanal utilizando arroz y chulco como ingredientes principales, las pruebas sensoriales revelaron que tiene el 80% de aceptabilidad, además los análisis físico-químicos como: pH (4.8), grado alcohólico (5%), carbonatación (2.6 CO₂) y análisis microbiológicos como: mohos, levaduras y microorganismos anaerobios (< 10 UFC/ml) demostraron que la cerveza cumple con los requisitos establecidos por la normativa. Se concluye que este estudio demostró la viabilidad de producir cerveza artesanal utilizando arroz y chulco y se aprovechó los recursos locales disponibles en Ecuador.

Palabras clave: <CERVEZA>, <MOLIENDA>, <COCCIÓN>, <FERMENTACIÓN>, <GRADOS ALCOHÓLICOS>.

0520-DBRA-UPT-2024



ABSTRACT

In recent years, craft breweries have introduced a wide range of beers that are distinguished by their production method and product diversity. Despite their popularity, some industrial beers lack distinctive attributes such as flavor, tonality, and alcoholic strength. Therefore, the objective of this study was to investigate the feasibility of brewing craft beer using rice and chulco, and to determine whether it is possible to achieve the sensory characteristics required by INEN 2262 standards for beer alcoholic beverages. The methodology used in this study consisted of an experimental investigation, where a process for brewing craft beer using rice and chulco as main ingredients was designed and executed, laboratory tests were carried out to determine the physicochemical properties of the resulting beer, sensory analyses were also performed to evaluate the organoleptic characteristics of the beer and compare them with the established standards, and a quantitative approach was used to collect and analyze data. Through this methodology it was determined that it is possible to produce a craft beer using rice and chulco as main ingredients, the sensory tests revealed that it has 80% acceptability, also the physical-chemical analyses such as: pH (4.8), alcohol content (5%), carbonation (2.6 CO₂) and microbiological analyses such as: molds, yeasts and anaerobic microorganisms (< 10 CFU/ml) showed that the beer complies with the requirements established by the standards. It is concluded that this study demonstrated the feasibility of producing craft beer using rice and chulco and took advantage of the local resources available in Ecuador.

Key words: <BEER>, <MILLING>, <COOKING>, <FERMENTATION>, <ALCOHOLIC GRADES>.



Abg. Ana Gabriela Reinoso. Mgs.

Ced: 1103696132

INTRODUCCIÓN

La idea de este proyecto se fundamenta en la elaboración de cerveza artesanal a partir de arroz (*Oryza Sativa*) y chulco (*Oxalis PesCaprae*). Dichos elementos previamente mencionados proporcionan a la cerveza características singulares que permiten la obtención de diversas posibilidades con sabores, colores y aromas únicos (Install Beer, 2019, pág. 1).

La elaboración de cerveza se ha iniciado hace un largo tiempo, cuando se ha descubierto la fermentación a partir de cereales, frutas y extractos de ellas. Para llevar a cabo este proyecto, es necesario comprender de manera detallada el procedimiento para la elaboración de cerveza artesanal, los elementos fundamentales que la conforman, la clasificación de las cervezas, los principales elementos que la conforman, la materia prima, los equipos, materiales, los parámetros que deben ser cumplidos para ser consideradas cervezas, los parámetros que deben ser cumplidos para ser consideradas cervezas y todo lo relacionado con la fabricación.

El procedimiento se compone de ocho etapas fundamentales: molienda, maceración, filtración/recirculación, lavado, cocción, enfriado, fermentación y maduración. Es relevante destacar la inclusión del arroz en esta investigación, dado que constituye un elemento que ha sido objeto de numerosos estudios en el ámbito cervecero. Además, su ubicación geográfica en la extensa zona costera del Ecuador se aprovecha al máximo dada su abundancia en esta región.

Se llevó a cabo una investigación acerca del proceso general de la elaboración de cerveza artesanal, empleando la metodología establecida para alcanzar todos los objetivos planteados. Se determinó utilizar tres concentraciones diferentes de arroz y algunas partes del chulco para su adición durante el proceso de molienda y su posterior maceración. Asimismo, se llevó a cabo un test sensorial del producto final obtenido. A continuación, se examinaron las características físicas, químicas y microbiológicas de la cerveza mediante pruebas realizadas en laboratorio de acuerdo con la Norma NTE INEN 2262:2013, bebidas alcohólicas. Cerveza y finalmente se ejecutó un estudio de factibilidad.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

En los últimos años, se han presentado una amplia variedad de cervecerías artesanales que se diferencian de las cervezas industriales, tanto por su método de producción como por su diversidad en sus productos. Estos productos se presentan con distintos sabores, olores, colores, texturas y un nivel de alcohol distintivo. La cerveza de origen industrial es altamente popular y se encuentra siendo comercializada de manera constante en el mercado. No obstante, algunas de ellas carecen de una popularidad significativa, tales como su sabor, tonalidad y grado alcohólico. Se puede diferenciar en el envase y su marca de identificación (Expansión, 2010, pág.1).

En el territorio de Ecuador, no existe un ámbito de consumo de cerveza artesanal, ya sea debido a la falta de conocimiento de la misma o debido a la falta de existencia de fábricas dedicadas a su producción y distribución. La Superintendencia de Compañía, así como la Asociación de Cervezas del Ecuador, estiman que la producción artesanal representa un 0.52% en comparación con la tradicional, lo cual equivale al 99.48%. Pero actualmente hay un mercado que se está expandiendo y no está utilizando todas las materia prima disponibles en el país (Burini et al., 2021, págs. 359-377).

En el Ecuador, tales como Ríos y Guayas, se encuentran numerosas áreas de cultivo de arroz, las cuales en la actualidad han sido afectadas en gran parte por la disminución del precio. La presente situación ha llevado a los pequeños y medianos agricultores a comercializar sus cosechas a precios poco remunerados, lo que ha generado pérdidas en el sector arrocero (Checa y Jurado, 2013). No se encuentran numerosos subproductos del arroz, ya que no se observa en primer plano como materia prima de gran importancia para diversos procesos. Se puede encontrar en harinas o pastas, pero también puede ser utilizado como complemento en la elaboración de cerveza industrial, lo cual otorga un valor añadido a este grano en particular (Bigeon et al., 2017, pág.16).

La ingesta del chulco en las localidades de Tungurahua es habitual, ya que sus tallos, flores y hojas se consumen con frecuencia, y varios expertos señalan que la ingesta del chulco no ha causado problemas o afecciones, al contrario lo utilizan como planta medicinal y para el consumo en línea.

Los elementos fundamentales del proyecto incluyeron la elaboración de un proceso de elaboración de cerveza artesanal a partir de arroz (*Oryza sativa*) y chulco (*Oxalis pescaprae*).

¿Es posible elaborar la cerveza de manera artesanal a base de arroz (*Oryza sativa*) y chulco (*Oxalis pescaprae*) obteniendo las características sensoriales determinadas en la Norma INEN 1234: Bebidas alcohólicas de Cerveza?

1.2. Justificación

El cultivo de arroz es muy importante en el sistema económico y social de Ecuador. Su superficie es superior a la de cacao, banano y maíz. Hay alrededor de 400.000 hectáreas sembradas y se consume 115 gramos por persona cada día. Su producción es de 660.000 toneladas aproximadamente (Montaño, 2005, págs. 1-5).

El arroz, debido a su costo económico elevado, puede propiciar la creación de microempresas, transfiriendo la tecnología apropiada que permita la elaboración de cerveza artesanal, y a su vez, contribuir al aumento de fuentes de trabajo. Esto permite que los agricultores no compren y produzcan y vendan esta bebida, además evita que los agricultores emigren a otras ciudades.

El chulco, una planta andina en la provincia de Tungurahua, es un producto que posee propiedades nutricionales que pueden ser empleados como producto comestible para enriquecer las preparaciones culinarias. El chulco posee un valor nutricional en relación a proteínas, carbohidratos, grasa, fibra dietética, así como sabores fundamentales como dulce, salado, ácido y amargo. En consecuencia, esta planta es adecuada para el consumo humano y puede ser utilizada en recetas de platos, tanto como ingredientes para postres, vinagretas, salsas y cerveza (Omar, 2019, pág. 25). Por esta razón y debido al aroma que posee, el aporte que brinda a la cerveza corresponde a un aroma herbal.

El desarrollo de esta investigación consiste en dar un valor agregado al cultivo del arroz, diseñando un proceso para la elaboración de cerveza artesanal a base de arroz (*Oryza sativa*) y chulco (*Oxalis pescaprae*), la cual mediante diferentes formulaciones permitirá obtener similares o mejores características de cerveza artesanal a las existentes en el mercado local.

1.3. Objetivos

1.3.1. *Objetivo general*

- Diseñar un proceso para elaboración de cerveza artesanal a base de arroz (*Oryza sativa*) y chulco (*Oxalis pescaprae*).

1.3.2. *Objetivos específicos*

- Caracterizar los componentes y beneficios del arroz (*Oryza sativa*) y el chulco (*Oxalis pescaprae*) como materia prima para la elaboración de cerveza artesanal, mediante la norma NTE INEN 1234: Granos y Cereales, Arroz pilado.
- Identificar las variables, parámetros y las operaciones necesarias para efectuar los cálculos de diseño en el proceso de elaboración de cerveza artesanal.
- Realizar los cálculos de ingeniería para el diseño del proceso de elaboración de cerveza artesanal.
- Validar el proceso mediante una caracterización físico químico y microbiológico basada en la Norma INEN 2262: Bebidas alcohólicas Cerveza.
- Efectuar la validación económica del proyecto.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

Chamba y Ochoa (2021, págs. 31-49) hicieron una investigación para crear nuevas formas de usar malta de cebada por maltas de quinua (*Chenopodium quinoa*) y amaranto (*Amaranthus*) para hacer cerveza artesanal. Para ello, se llevó a cabo un diseño de mezclas mediante el software Statgraphics 5scherich, el cual determinó un total de 10 formulaciones cuyo efecto en la sustitución de malta de cebada oscila entre el 25 y el 66%. Se analizaron los parámetros físicos químicos como la densidad, la atenuación, el pH, la acidez total y el grado alcohólico mediante un análisis de varianza unifactorial. Las medias se compararon con la prueba de Tukey con un 95% de confianza. Los resultados no mostraron diferencias significativas en cuanto a los diferentes porcentajes de sustitución. El análisis sensorial de cada una de las formulaciones se realizó utilizando la prueba discriminativa dúo-trío y de ordenamiento para la preselección de las formulaciones, los resultados se analizaron mediante la tabla de Roessler y la tabla de Kramer correspondientemente. Se seleccionaron las formulaciones más adecuadas mediante la evaluación del perfil descriptivo cuantitativo y la aceptación sensorial mediante la escala hedónica para las mezclas preseleccionadas. Se evaluó el resultado utilizando una variación 5sche. Se escogió la formulación 1 que es la más adecuada, que presenta una sustitución del 25% de malta de cebada. En última instancia, se verificó que la formulación seleccionada cumple con las normas actuales.

Soria (2017, págs. 1-13) en su trabajo, se llevó a cabo una investigación exhaustiva acerca de la técnica de elaborar cerveza artesanal a partir de cebada y cacao fino de aroma (*Theobroma cacao*). Se determinó, en la etapa inicial, la técnica que permite la obtención de una cerveza con un sabor y un aroma agradable. Para hacer esto, se usó cacao en polvo, variando la cantidad (25% y 5%), y la etapa de proceso (maceración y cocción) en la que se incluye este ingrediente. Se determinó si el cacao tenía un sabor y aroma apropiados. En la segunda etapa, se elaboró un lote de 20 litros. Se añadió 50 gramos de cacao en polvo y se colocó en la etapa de cocción para mejorar la textura, cuerpo y aroma de la bebida. Después, se examinaron los parámetros físicos-químicos y microbiológicos del producto. La cantidad de alcohol, la carbonatación total, la saturación, la composición de hierro, cobre, zinc, arsénico y el plomo cumplen con los requisitos establecidos. Según estudios similares, la cantidad de residuos microbiológicos debido a la carbonatación es elevada. Se llevó a cabo un procedimiento para la ejecución de microcervecería, y se producirá una cantidad de 18,000 litros por año. Se recomienda llevar a cabo un análisis adecuado con el fin de optimizar la calidad del agua utilizada en el proceso de elaboración de la cerveza.

El trabajo realizado por Cisneros (2023, págs. 88-100) tuvo la finalidad de producir de una cerveza artesanal roja Irish Red Ale con mejores propiedades organolépticas que su homólogo comercial utilizando granadilla y varios cultivos de levaduras proveniente de la región costa (provincia de Manabí). La metodología implementada fue la siguiente: para la obtención de cultivos puros se utilizaron técnicas de laboratorio para el crecimiento y aislamiento de levaduras; para la elaboración de la cerveza se utilizó un kit cervecero, compuesto por tres tipos de maltas, un clarificante y una levadura comercial, adicional se agregó 5 cultivos de levaduras y la incorporación de la granadilla, el producto fue probado por 4 catadores expertos para su respectiva calificación. Los resultados indican que los cultivos de levaduras con más aceptación por parte del jurado fueron las cervezas B y la C obteniendo puntajes de 8,5 a 8,75 y en la escala de BJCP de 35 a 36 (muy buenos) cumpliendo así los parámetros deseados. La fabricación de una cerveza artesanal conlleva varios procesos biotecnológicos por lo que el uso de estas levaduras y algunas frutas mejoran las propiedades organolépticas que a futuro servirán para crear nuevas cervezas de este estilo.

2.2. Referencias teóricas

2.2.1. Cerveza

La cerveza es una bebida de bajo contenido alcohólico que se produce mediante una mezcla de levadura cervecera de un cultivo puro y un mosto con agua de características físicoquímicas y bacteriológicas apropiadas. Se utiliza cebada malteada sola o mezclada con adjuntos, y se agrega lúpulo y/o sus derivados (NTE INEN 2262, 2013).

Mientras que BOE (1967, pág. 114) define la cerveza como la bebida originada de la fermentación mediante levaduras seleccionadas, específicamente (*Saccharomyces cerevisiae*), el contenido de mosto proveniente de malta de cebada sola o mezclada con otros productos amiláceos y aromatizado con lúpulo.

La cerveza es un producto que está en constante evolución, básicamente su elaboración consta de un proceso de fermentación producido por levaduras presentes en el mosto obtenido a partir del malteado, al que se le agrega lúpulo (Burini et al., 2021, págs. 359-377).

2.2.2. Densidad de la cerveza

La densidad se refiere a la cantidad de azúcar en un volumen de líquido, y en el proceso de elaboración de cerveza artesanal se presentan dos densidades, la inicial y la final (Mundo Cervezas, 2019, pág. 1).

- La densidad inicial, también conocida como gravedad original (Original Gravity en inglés), se refiere a la medida tomada después del proceso de cocción
- La densidad final se define como la medida que se introduce una vez concluida la primera fermentación (Mundo Cervezas, 2019, pág. 1).

2.2.3. El pH de la cerveza

El valor del pH de una solución es una forma de expresar la alcalinidad o la acidez de esa solución y su concepto fue en origen por el químico danés Soren Sorensen, quien se dedica al estudio de la cervecería Carlsberg en Copenhague (Bible, 2007, pág.1).

La medida de pH mosto es la medida que se aplica una vez finalizado el esfuerzo en la elaboración de cerveza artesanal.

Los cerveceros controlan los parámetros importantes para todo el proceso. Desde cómo funcionan las enzimas en el macerado, cómo se utiliza el lúpulo en el hervor hasta cómo se coagulan las levaduras en una cerveza fermentada.

En general, para cualquier estilo de cerveza, se recomiendan los siguientes valores de pH.

- Será de un pH de 5,5 en la etapa inicial del macerado
- Será de un pH de 5,4 en la etapa final del macerado
- Será de un pH de 5,3 en la etapa inicial del hervor
- Será de un pH de 5,2 en la etapa final del hervor o mosto a fermentar
- Será de un pH de 4,4 en la cerveza cuando ya esté terminada

2.2.4. Tipos de cerveza

La cerveza según el tipo de levadura se clasifica en:

a) Cervezas de fermentación baja

Para Okafor (2007, págs. 4-55), las cervezas de baja fermentación se las conoce como cerveza lager debido a su almacenamiento en bodegas frías después de la fermentación y la maduración. Las cepas empleadas son cepas de *Saccharomycesuvarum*. Existen diversos tipos de cervezas lager. Pilsener, Dortmund y Munich. El 70% - 80% de cervezas en el mundo es del tipo Pilsener.

- Cerveza Pilsener: Es una cerveza pálida y presenta un sabor amargo y persistente. La cantidad de alcohol en su contenido es de 3,0 a 3,8% (v/v). Se almacena durante dos o tres meses, pero en cervecerías modernas, el tiempo de almacenamiento es de dos semanas. El agua para la cerveza Pilsener contiene una baja cantidad de iones calcio y magnesio (Okafor, 2007, págs. 4-55).
- Cerveza Dortmund: Esta cerveza es pálida, pero menos amarga que Pilsener, sin embargo, tiene un aroma más intenso. El agua de escaldado es resistente, siendo compuesta por una gran cantidad de carbonatos, sulfatos y cloruros (Okafor, 2007, págs. 4-55).
- Munich: Esta cerveza es oscura, aromática y tiene un aroma dulce. Tiene un contenido de alcohol de 2 a 5 por ciento. La presencia de agua de escaldado es elevada en carbonatos, aunque se encuentra en una baja tasa de otros iones (Okafor, 2007, págs. 4-55).

b) Cervezas de fermentación alta

A continuación se muestran las cepas de *Saccharomycescerevisiae* de este tipo de cervezas:

- Porter: La cerveza es de color marrón oscuro y tiene una fuerte formación de espuma hecha de maltas oscuras. Contiene una mayor cantidad de lúpulo y, por consiguiente, resulta más dulce. El alcohol tiene una cantidad de aproximadamente 5,0.% (Okafor, 2007, págs. 4-55).
- Ale: Es propia de Inglaterra. (Ale = pálido). Tiene un alto contenido de alcohol, que varía desde un 5,0% hasta un 8.0%. En consecuencia, es muy amarga y tiene un sabor ácido intenso y un aroma de vino debido a su elevada cantidad de éster (Okafor, 2007, págs. 4-55).
- Stout: La cerveza es una bebida vigorosa y placentera, y con un aroma intenso de malta. Se produce mediante la utilización de malta oscura o caramelizada. Se encuentra en un nivel de contenido comparativamente elevado de alcohol, equivalente a 5,0-6,5.% (Okafor, 2007, págs. 4-55).

2.2.5. Formas de producción de cerveza

En la elaboración de cerveza, se distinguen tres tipos de procedimientos en la elaboración de la cerveza: cerveza artesanal, micro cervecías y cervecía industrial.

2.2.5.1. Cerveza artesanal

La elaboración de cerveza se considera artesanal cuando se produce por artesanos. En su mayoría, los procedimientos son manuales y otros se llevan a cabo mediante la utilización de maquinaria adecuada, donde la práctica y el conocimiento del artesano son fundamentales en el proceso de elaboración (Soria, 2017, págs. 1-13).

La producción de cerveza artesanal no contiene ingredientes artificiales, y se realiza de forma manual desde la molienda hasta el envasado. Cada cerveza tiene un periodo de elaboración de acuerdo con las formulaciones e ingredientes utilizados por los distintos maestros cerveceros. Es por esto que hay colores, sabores y olores diferentes.

En la cerveza artesanal, su receta y método de fabricación es interpretado de diversas formas, al ser un proceso que no requiere de tanta automatización, con la posibilidad de agregar una infinidad de ingredientes que la hacen única, con la que logra un producto final de calidad y marca distintiva entre una cerveza fabricada en industria y una de tipo artesanal (Toledo et al., 2018, págs. 35-48).

2.2.5.2. Micro cervecía

Es difícil llegar a un consenso sobre las definiciones de estos términos, pero en general se acepta que una “micro-cervecía” es una cervecía que produce pequeñas cantidades de cerveza, normalmente mucho más pequeña que las grandes cervecías corporativas (macro o industriales), y que es (mayoritariamente) de propiedad independiente.

De acuerdo con la Asociación de Cerveceros Artesanales en Estados Unidos, el sector cervecero artesanal se caracteriza por una producción a pequeña escala con grandes posibilidades de innovación, debido a la baja capacidad de producción se facilita el desarrollo de nuevos productos, incluyendo ingredientes de tradición que fomentan el apoyo a las comunidades mediante la compra de sus productos. En Ecuador la fabricación de cerveza artesanal experimenta un proceso de expansión, la ciudad de Quito cuenta con 50 emprendimientos, más una ruta cervecera que se

extiende con su práctica a ciudades tales como Cuenca, Guayaquil, Loja, Machala y Manta (Merchán y Hinojosa, 2021, págs. 163-187).

2.2.5.3. *Cerveza industrial*

Las cervezas de industria se caracterizan por la limitada intervención de la mano de obra, debido a que el procesamiento es automatizado y también son sometidas a pasteurización que ocasiona la pérdida de algunas propiedades nutritivas y organolépticas, además integra conservantes y estabilizantes químicos que permite prolongar su tiempo de conservación, las recetas son básicas puesto que usan ingredientes y procesos viables económicamente, lo que faculta una reducción de costos, aumento en ventas y 10schericamiento de marca (Velasategui, 2023, págs. 88-100).

2.2.6. *Materia prima*

Para la elaboración de cerveza artesanal se requiere de cuatro ingredientes principales: malta de cebada, levadura, lúpulo y agua. En el proceso lo que varía es el proceso productivo de cada producto (Pozo, 2022, págs. 2003-2005).

2.2.6.1. *Malta de cebada*

Básicamente la malta es la cebada germinada, sometida a un proceso de secado denominado malteado y que permite la conservación de las características enzimáticas, además por ser fuente de azúcares, es empleada para fermentar bebidas como la cerveza, hidromiel y pan. Para la elaboración de cerveza la actividad de la amilasa es limitada, ya que solo se solubiliza del 15% al 18% del almidón del endospermo, mientras que del 11% al 12% hay una propagación al embrión, con la función de procesos biosintéticos y de respiración, y del 4% al 6% se convierte en azúcares simples y dextrinas (Chamba y Ochoa, 2021, págs. 31-49).



Ilustración 2-1: Cebada malteada o malta

Fuente: (Cerveceros, 2013).

Existen tres tipos de malta comúnmente usadas en cerveza (Yépes, 2021, págs. 1-29):

- Malta base: son maltas caracterizadas por ser claras por su secado a bajas temperaturas en un corto tiempo, de manera general se emplea un 85% este tipo de maltas.
- Malta caramel: es una malta que ha sido directamente sometida a una etapa de tostado finalizando su germinación a temperaturas de 65 °C a 70 °C posterior al tostado entre 100 °C y 160 °C en función del color y sabor requerido.
- Malta tostada: son maltas horneadas, generalmente secas a temperaturas superiores a los 170 °C, su tonalidad es entre oscura media y alta.

2.2.6.2. *Lúpulo*

Aporta un sabor de amargor característico con un aroma agradable, también mejora la espumabilidad y vida útil de la cerveza, a causa de que el lúpulo inhibe el crecimiento de bacterias como el *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* (Quesada 2019). Se puede mencionar que el lúpulo de manera general permite la precipitación de las proteínas del mosto, al igual que la conservación de la cerveza y formación de la espuma en la misma.



Ilustración 2-2: Lúpulo

Fuente: (Beerland, 2021).

El lúpulo es muy sensible a la degradación, por lo que recomienda que se conserve a bajas temperaturas (Chalco y Salazar, 2021, págs. 7-33). La fuente de lúpulo más utilizada es la de pellets, las cuales son obtenidas de flores de lúpulo trituradas que tienen una mayor conservación debido a que están comprimidas, existen dos tipos de pellets aromáticos y las que producen amargor, aunque el lúpulo es de utilidad en las grandes industrias es en forma de extracto (aceite). A pesar de que la técnica más pura del lúpulo en la elaboración de cerveza es incorporar las flores enteras, las cuales contribuyen de manera simultánea a la filtración de proteínas coaguladas del aguardente producido.

2.2.6.3. *Levaduras*

Las levaduras más utilizadas tradicionalmente para la fabricación de cervezas de fermentación tipo Lager son la *Saccharomyces pastorianus* o *Saccharomyces carlsbergensis*, caracterizadas por ser un híbrido entre la *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces eubayanus*, estas representan el 90% de la disponibilidad de cervezas del mercado internacional.

La composición de levaduras es un grupo de hongos microscópicos que participan en el proceso de fermentación, produciendo alcohol y CO₂ mediante el desdoblamiento de los azúcares procedentes de la malta, sin presencia de O₂ (García, 2015, págs. 1-69).

Hay disponible dos tipos en la producción de cerveza: alta o ale, que hace que se fermente rápidamente a temperatura alta (14 - 25 °C) y flote en la superficie.

Se trata de una cerveza de carácter corporal, que se compone de algunas notas a frutas y de un sabor más puro. La forma en que se compone esta es la más común y popular, y ha sido utilizada por mucho tiempo. "La levadura de fondo o Lager no produce esporas, se ajusta a la fermentación lenta a la temperatura baja y se deposita en el fondo del tanque al final de la fermentación" (García, 2015, págs. 1-69).

2.2.6.4. *Agua*

Uno de los compuestos primordiales para la elaboración de cerveza artesanal es el agua, cuyo valor equivalente al 85 al 90% se encuentra en el producto final. El proceso de cocción no es suficiente para obtener los datos de agua necesarios para cada estilo de cerveza. Se requiere un procedimiento de tratamiento de agua previo a la etapa de producción de cerveza artesanal. En general, el agua tiene ciertos parámetros que contribuyen cambios en el sabor de la cerveza artesanal, como los cloruros y los sulfatos, que hacen que el sabor sea seco (Aristeu et al., 2019 págs. 4-7).

El uso de agua para la producción de cerveza difiere al tipo de producto que se quiere producir, por ejemplo, para las cervezas tipo ale se aprovecha el agua con alto contenido de sulfato cálcico, para cervezas del tipo lager se usan aguas blandas, y para las cervezas oscuras como la Munich, Londres o Dublin se aprovecha el agua rica en bicarbonato de calcio (Pozo, 2022, págs. 2003-2005).

2.2.7. Ingredientes adicionales

2.2.7.1. Arroz

Es una semilla que se consume en gran parte del mundo por su único sabor, se caracteriza por ser ovalado, de color blanco semitransparente, de tamaño pequeño, mediano, largo o silvestre, con sabores diferentes dependiendo del área donde se cultive. Se caracteriza de otros cereales por ser utilizada para la elaboración de la cerveza, es libre de gluten lo cual beneficia a las personas celíacas (Alérgicas al gluten). La cerveza puede variar dependiendo del proceso que lleve, el tipo de arroz utilizado y la cantidad suministrada, su consumo debe ser inmediato para reducir la proliferación de bacterias que perjudiquen a las personas, o de lo contrario debe ser adicionado un conservante ácido para reducirlo (Ospina y Pinto, 2016, págs. 1689-1699).

2.2.7.2. Chulco

El chulco tiene un valor nutricional en cuanto a; proteínas, carbohidratos, grasa, fibra dietética, además de sabores básicos como dulce, salado, ácido, amargo, por tal razón esta planta es apta para el consumo humano y se puede utilizar en la cocina como en la decoración de platos o directamente como ingredientes para salsas, vinagretas, postres, cerveza (Omar, 2019, pág. 25). Por esta razón y debido al aroma que posee, el aporte que brinda a la cerveza corresponde a un aroma y herbal.

2.2.8. Proceso de producción de cerveza

A continuación, se presenta el proceso para la elaboración de cerveza a través de las distintas etapas de elaboración.

2.2.8.1. Molienda

La molienda desprende y rompe el grano para que la cascara se mantenga más intacta y funcione como filtro en la recirculación. El endospermo se rompe hasta alcanzar un tamaño de partícula de 0,15-0,6 mm. Es necesario efectuar una medida de granulometría adecuada con el fin de prevenir rendimientos altos durante este procedimiento, evitando la retención de almidón en el grano. La molienda de granos malteados tiene como propósito incrementar la superficie de contacto, lo cual contribuye a la acción de las enzimas y otros productos (Villamor, 2022).

La molienda es importante porque se puede extraer los azúcares de los granos mediante las enzimas que se utilizan en el proceso de maceración (Soria, 2017, págs. 1-13).

Una buena molienda debería tener aproximadamente la siguiente composición (Soria, 2017, págs. 1-13) :

- Cascara: 30%
- Grano grueso: 10- 20%
- Grano fino: 20 – 30%
- Harina: 20 – 30%

2.2.8.2. *Maceración*

La maceración tiene como finalidad extraer y formar dentro del mosto co-azúcares fermentables desde el almidón, péptidos y aminoácidos provenientes de las proteínas, que constituyen una fuente nitrogenada necesaria para el proceso fermentativo. En este proceso, la maltosa se aprovechada por la levadura, mientras que los péptidos son los que dan cuerpo a la cerveza (Gallardo et al., 2013, 6-74).

La etapa de maceración consiste en calentar agua a una temperatura de 62 a 65 grados Celsius, una vez que se alcanzan estos parámetros, se coloca la malta molida durante un período de 60 a 90 minutos con frecuentes movimientos en un intervalo de 10 minutos, con el fin de obtener la mayor cantidad de azúcares. A lo largo de este proceso se debe tener en cuenta que durante el tiempo de maceración la temperatura permanezca en el rango adecuado, con el fin de obtener la bebida deseada , ya que si llega a estar a menos de 62°C las enzimas no se activan, y en el caso de que se llegaran a sobrepasar una temperatura de 72°C las enzimas morirán (Soria, 2017, págs. 1-13).

2.2.8.3. *Filtrado y recirculado*

Una vez concluido el procedimiento de maceración, se procederá a filtrar con la asistencia de una malla previamente esterilizada, lo que permitirá separar el bagazo húmedo del mosto. Luego continúa la recirculación, lo cual permitirá clarificar el contenido del mosto. Para lograr tal fin, se procede a verter el mosto en el bagazo con el fin de recuperar las partículas más reducidas. El resultado será un líquido óptimo (Soria, 2017, págs. 1-13).

2.2.8.4. *Lavado*

Esta etapa hace para recolectar al máximo el azúcar en el grano. El agua debe estar a una temperatura de 75°C. Además el agua de lavado ayuda a recuperar el líquido que se pierde en la maceración, cocción y los restos de fermentación. (Soria, 2017, págs. 1-13).

2.2.8.5. *Cocción*

Se emplea este procedimiento con el fin de esterilizar el mosto, destacar el tono y, en mayor medida, coagular las proteínas y taninos, lo que favorece la obtención de una cerveza más transparente. Además, se hace cuando se agrega el lúpulo. Para llevar a cabo la cocción adecuada, el mosto debería estar mantenido en ebullición de 100 °C hasta un máximo de 120 °C durante una hora. El lúpulo se añade aproximadamente 6 gramos por cada 10 litros de mosto. En caso de que se emplee lúpulo como fuente de amargor, será necesario incorporar al inicio de la cocción. Si se utiliza lúpulo aromático, se procederá de la siguiente manera: 3 g/l del amargo inicialmente y 3 g/l del aromático durante 5 minutos antes de finalizar la cocción. La presente regulación es específica y podría ser alterada en función de la pluralidad de estilos y otros criterios (Díaz, 2018, págs. 20-22).

2.2.8.6. *Enfriado*

Después del proceso de cocción, se obtiene un líquido, que debe pasar a una temperatura entre 25-30°C ayudando a que las levaduras no mueran, el enfriado debe ser rápido para no permitir el crecimiento de microorganismos que contaminen y coagulen las proteínas, generando turbidez en el producto final (Díaz, 2018, págs. 20-22).

2.2.8.7. *Fermentación*

La fermentación es uno de los métodos más antiguos empleados para conservar, modificar y generar alimentos o bebidas. Esta técnica implica la modificación de materias primas como frutas, verduras, cereales o carnes, entre otras, a través de la interacción con diversos microorganismos. Estos microorganismos, mediante procesos metabólicos, especialmente de los azúcares presentes en dichos alimentos, provocan la formación de ácidos orgánicos como el láctico, acético, propiónico y butírico, así como de varios alcoholes como el láctico y el etanol. Además, durante este proceso se observa la liberación de aminoácidos (Rodarte, 2014, págs. 2-14).

La fermentación ocurre cuando las levaduras actúan sobre los azúcares fermentables, que se obtienen durante la etapa de maceración. Durante esta fase, las levaduras utilizan el oxígeno presente en el mosto para su reproducción. Una vez que el oxígeno se agota, las levaduras comienzan a consumir los azúcares y generan alcohol etílico como producto final (Soria, 2017, págs. 1-13).

La fase de fermentación de la cerveza generalmente requiere alrededor de 7 a 10 días y se lleva a cabo a una temperatura fresca, idealmente alrededor de 20 °C. Sin embargo, este rango de temperatura puede variar dependiendo del tipo de levadura empleada y del estilo de cerveza que se esté elaborando (González, 2017, pág. 27).

2.2.8.8. *Maduración*

La maduración de la cerveza, también conocida como "lagering", es crucial ya que contribuye al desarrollo de las características distintivas de cada estilo. Durante este proceso, se emplean diversos compuestos como el sulfuro de hidrógeno y el diacetilo para lograr un equilibrio adecuado en cuanto a sabor, aroma y textura. Además, un periodo adecuado de maduración permite la eliminación de sustancias no deseadas, lo que mejora la calidad final del producto (González, 2017, pág. 27).

2.2.8.9. *Carbonatación*

Una vez finalizada la fase de fermentación, la cerveza tiende a perder una cantidad significativa del gas que produce, por lo que es necesario volver a carbonatarla para que tenga la espuma característica. Los cerveceros artesanales utilizan principalmente dos métodos tradicionales para carbonatar sus productos. El primero es conocido como "Priming" y consiste en inducir una fermentación adicional en la botella agregando azúcar. Este azúcar puede añadirse al lote completo antes de embotellarlo de inmediato, o bien ser agregado a cada botella individual durante el proceso de llenado. Es importante realizar cualquiera de estos métodos en frío, ya que la retención de CO₂ es mejor a temperaturas bajas. El segundo método, llamado "Kegging", es más complicado y técnico, ya que implica disolver CO₂ directamente en la cerveza mediante cilindros presurizados (González, 2017, pág. 27).

2.2.8.10. *Envasado*

El propósito del envasado es mantener el gas dentro de la botella hasta que se abra para consumirla, también facilita que la cerveza desarrolle completamente sus sabores antes de estar

lista para disfrutarse. Las cervezas se embotellan considerando estándares de calidad para evitar la entrada de aire y se clasifican según su calidad, composición de ingredientes y técnicas de elaboración empleadas (Chamba y Ochoa, 2021, págs. 31-49).

2.2.9. Variables que se deben controlar durante la producción de cerveza artesanal

En el proceso de elaboración de cerveza artesanal se encuentran tres variables fundamentales: tiempo, temperatura y pH.

- **Tiempo:** Hay que controlar los procesos de cocción en las dos fases, ya que el intervalo de tiempo recomendado es de 60 a 90 minutos para cada una. Exceder estos tiempos provocará la evaporación del líquido y aumentará el amargor de la cerveza. Cuanto más tiempo se cocine, más amarga será la cerveza (Soria, 2017, págs. 1-13).
- **Temperatura:** En la fase de maceración, es crucial mantener la temperatura dentro del intervalo de 62 a 72°C. Si la temperatura de la malta supera los 62°C, las enzimas en la malta no se activarían, por lo contrario, si supera la temperatura de 72°C, estas enzimas se mueren. En el proceso de lavado de grano, la temperatura debe ser a 75°C para aprovechar al máximo la extracción de los azúcares, aunque se encuentren presentes en los cereales. En la etapa del enfriado, la temperatura debe reducirse hasta el 20 por ciento (Soria, 2017, págs. 1-13).
- **El pH:** Se trata de uno de los factores más relevantes a tener en cuenta durante la elaboración de una cerveza de calidad, Dado que los niveles de temperatura en la fase de maceración influirán en diversos aspectos de todo el proceso, como el potencial de extracción de la malta, el color de la cerveza, la estabilidad de la espuma, la extracción de los aceites de lúpulo, el nivel de amargor y la capacidad de realizar un filtrado efectivo (Bible, 2007, pág.1).

2.2.10. Medición de la concentración de alcohol en la cerveza

Para determinar los grados de alcohol presentes en la cerveza, es necesario emplear la fórmula que se indica a continuación:

$$\% \text{ ABV} = (\text{OG} - \text{FG}) \times 131 \quad \text{Ecuación (2-1)}$$

Donde:

% ABV: grado alcohólico de la cerveza

OG: gravedad original a 20°C

FG: gravedad final a 20°C

(García, 2015, págs. 1-69).

2.2.11. Cálculo del rendimiento del proceso

Según Aveiga (2022, págs. 36-41) menciona que para calcular el rendimiento en un proceso de elaboración de cerveza artesanal se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$\% \text{ rendimiento} = \frac{\text{Cerveza producida}}{\text{mosto del hervor}} \times 100 \% \quad \text{Ecuación (2-2)}$$

2.2.12. Evaluación sensorial de los alimentos

La disciplina científica se enfoca en la evocación, evaluación, análisis e interpretación de las reacciones hacia las características de los alimentos. Cuando comes algo, se estimulan diferentes sentidos.

- Vista: La percepción de forma, color y brillo de alimentos.
- Se perciben características grasosas, harinosas, fibrosas, grumosas, jugosas, geles, rugosas, suaves, ásperas, líquidos, entre otras.
- El olfato permite la identificación si el producto está en descomposición o no; mediante el aroma, el cual puede ser ácido, fetídico, etcétera
- Estímulos auditivos: crujientes o burbujeante.
- Los estilos gustativos son percibidos por las papilas gustativas, tales como dulce, ácido, agrio y salado.

La evaluación sensorial proporciona información sobre las expectativas de aceptabilidad de los clientes en cuanto a la calidad de los alimentos analizados (Espinoza, 2021, pág. 41-52).

2.2.13. Análisis descriptivo de perfiles sensoriales

El análisis descriptivo es un enfoque en el análisis sensorial que consiste en identificar y cuantificar las características de un producto alimenticio mediante la participación de un panel de jueces. Este análisis puede abarcar todos los aspectos del producto o enfocarse en áreas específicas como el sabor, aroma o textura (Espinoza, 2021, pág. 41-52). Se emplean diversos métodos para la elaboración de perfiles sensoriales, los cuales describen de forma detallada y cuantitativa las características de los productos.

2.2.13.1. *Cata de cerveza artesanal*

En la degustación de cerveza artesanal se pueden apreciar las siguientes características organolépticas que son: sabor, aroma, amargor, color, gasificación, cuerpo y frescor.

- **Color:** Es necesario sujetar el vaso con mirada a la luz y evaluar si el tono del vaso es claramente o más bien turbio. El color puede oscilar entre blanco y negro, seguido de rojizo o tostado/caramelo.
- **Aroma:** el aroma de la cerveza artesanal puede tener los siguientes aromas (a cereal, malta o trigo o a lúpulo, aroma frutales y aroma a alcohol) que se ajustan a los ingredientes empleados en la elaboración de la misma.
- **Sabor:** se inicia el proceso con un primer sorbo de cerveza para activar las papilas gustativas y provocar sensaciones gustativas. Es en el siguiente sorbo donde se pueden identificar las notas de sabor. La clasificación de estas notas será similar a la fase olfativa, distinguiendo entre notas a cereal, malta o trigo, y notas a lúpulo, así como aromas frutales y a alcohol.
- **Textura:** se habla de la textura de la cerveza o su semblante físico, tales como la presencia de una sensación física en la boca, tales como la espumosa, compacta, ligera, tupida y la vivacidad que emana (gas disuelto). El cuerpo de la cerveza se ve influenciado por el contenido de azúcar residual y el nivel de alcohol.
- **El amargor:** se determina por la cantidad de lúpulo utilizado en la cerveza y el lapso de adición en la cocción. En la cata de cerveza, el gusto del amargor se determinará por el consumidor, independientemente de su preferencia por una cerveza amarga o prefiere una cerveza más ligera (Guerberoff et al. 2020).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de proyecto

El desarrollo del proceso industrial para la elaboración de cerveza artesanal utilizando arroz y chulco fue abordado como un proyecto de naturaleza técnica e investigativa. En este proyecto se emplearon métodos deductivos, inductivos y experimentales con el objetivo de producir un producto que presentara excelentes características fisicoquímicas y organolépticas, satisfaciendo así las necesidades del consumidor.

3.2. Metodología

Para producir una cerveza artesanal con arroz y chulco que satisficiera los estándares de calidad requeridos por las normativas y fuera bien recibida por los consumidores, se implementó un proceso de producción meticuloso y cuidadosamente controlado. Se inició el proceso general de elaboración de la cerveza, abarcando cada una de las etapas implicadas y los ensayos necesarios para integrar el chulco como un adjunto cervecero. Se identificaron las variables y parámetros que podrían afectar el resultado final del producto.

Para llevar a cabo este proyecto técnico e investigativo, fue esencial considerar el arroz y el chulco, comprendiendo sus propiedades y características organolépticas. En este sentido, se realizaron diversos estudios y pruebas para desarrollar tres formulaciones con sus respectivas consideraciones. Estas formulaciones fueron aplicadas en una micro cervecería para determinar los factores e indicadores necesarios para controlar eficientemente el proceso en una escala industrial. El producto final obtenido se sometió a una caracterización fisicoquímica y microbiológica conforme a la Norma INEN 2262: Bebidas alcohólicas. Cerveza.

3.3. Métodos

3.3.1. *Método deductivo*

Para satisfacer las expectativas del consumidor y elaborar una cerveza artesanal con cualidades distintivas, fue crucial definir las operaciones, variables y condiciones necesarias mediante la recopilación de datos y la realización de ensayos experimentales.

3.3.2. *Método inductivo*

Este proyecto se centra en la producción de cerveza artesanal utilizando arroz y chulco, y explora cómo aprovechar este último ingrediente. Se llevó a cabo un análisis exhaustivo tanto fisicoquímico como microbiológico del producto final. Además, se investigó la formulación óptima para su posible aplicación en procesos de manufactura a escala media o grande, asegurándose de que el producto final cumpliera con las normativas ecuatorianas para la cerveza.

3.3.3. *Método experimental*

A través de ensayos experimentales específicos, se recopilaron datos relevantes relacionados con los parámetros de control, la identificación de indicadores y las variables pertinentes que pudieran influir en el proceso o el producto final. Es importante destacar que en el desarrollo de este proyecto se emplearon equipos, materiales, técnicas y herramientas que facilitaron la elaboración de una cerveza apta para el consumo.

3.4. Técnicas

Para la elaboración de esta bebida, se siguió la Norma NTE INEN 2262: Bebidas alcohólicas. Cerveza. Los análisis microbiológicos y fisicoquímicos se llevaron a cabo en los laboratorios externos SAQMIC y LASA para validar los datos obtenidos y compararlos con los parámetros establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana mencionada anteriormente. El objetivo fue garantizar que la bebida cumpliera con las condiciones óptimas para el consumo humano.

3.4.1. *Requisitos del arroz pilado e información nutricional del chulco*

La calidad e higiene del arroz se aseguró conforme a la norma NTE INEN 1234:2013, que establece varios parámetros de calidad detallados en la tabla 3-1. Esto garantizó que el arroz fuera adecuado para la elaboración de cerveza artesanal, contribuyendo así a la seguridad alimentaria.

Tabla 3-1: Requisitos de arroz pilado

Grado	Semillas objetables en 100 g	Impurezas %	Granos dañados por calor %	Grano dañado por insectos, hongos y otras causas %	Granos rojos %	Granos yesosos %	Granos partidos %
1	0	0,1	1,0	1,0	0,2	3,0	5
2	1	0,1	2	2	0,5	5,0	10
3	2	0,2	2,5	2,5	1,0	8,0	12
4	3	0,2	3,0	3,0	2,0	8,0	15

Fuente: (NTE 2014).

Realizado por: Paredes, S., 2024.

Tabla 3-2: Información nutricional del chulco

Información nutricional	Contenido
Vitaminas	Vitamina C
Carbohidratos	1,8 %
Proteínas	1,21 %
Ácido	Ácido Oxálico
Fibra dietética	5,1 %
Grasa	0,24%
Azúcar	1,53%
Minerales	Calcio Hierro Magnesio Fósforo

Fuente: (Omar, 2019, pág. 25)

Realizado por: Paredes, S., 2024.

3.4.2. *Determinación mediante pruebas de aceptabilidad la mejor formulación para la producción de cerveza artesanal*

La degustación de cerveza artesanal va más allá de una simple experiencia de sabor; implica evaluar diversos aspectos como sus características organolépticas, que abarcan el color, sabor, aroma, amargor, cuerpo, frescura y nivel de gasificación. Estos elementos son fundamentales para comprender y apreciar plenamente la calidad y complejidad de este tipo de cerveza (Carvajal y Insuasti, 2010, págs. 315-319).

Para determinar el test de aceptabilidad, se llevó a cabo un análisis descriptivo de perfiles sensoriales. De acuerdo con Yepes (2021, págs. 1-29), para realizar dicho análisis de aceptabilidad, se requería un mínimo de 10 panelistas.

Una vez obtenida la cerveza con cada una de las tres concentraciones diferentes de arroz, malta y chulco, se procedió a realizar pruebas organolépticas. Estas pruebas se llevaron a cabo mediante una encuesta realizada a un total de 100 consumidores habituales de esta bebida, con el fin de identificar cuál variante sería ideal para la producción y comercialización de cerveza artesanal.

3.4.3. *Aplicación de la evaluación sensorial*

Para obtener el proceso de elaboración de cerveza artesanal a base de arroz y chulco, se emplearon las tres formulaciones en una evaluación sensorial. Esta evaluación se realizó con personas de diferentes edades y procedencias geográficas, lo que proporcionó una diversidad de perspectivas sobre el producto en todo el país. La muestra total consistió en 100 participantes seleccionados al azar como posibles consumidores. Después de degustar el producto, completaron una evaluación sensorial que permitió recopilar los datos necesarios para su análisis, tabulación y posterior emisión de resultados.

En la ficha de evaluación sensorial, se designaron nombres de muestra como Formulación 1, Formulación 2 y Formulación 3. La Formulación 1 consistió en una cerveza elaborada con malta, arroz y hojas de chulco; la Formulación 2, con malta, arroz y flor de chulco; y la Formulación 3, con malta, arroz, hojas, flores y tallo de chulco. Durante la evaluación, se solicitó a los participantes que indicaran su preferencia. Los datos recopilados mostraron que la muestra más aceptada fue aquella que exhibía una mayor coincidencia con las características organolépticas deseadas.

3.5. Materiales utilizados

3.5.1. *Materia prima*

- Cebada (Malta)
- Lúpulo
- Agua
- Levadura
- Adjuntos cerveceros: Arroz, Chulco

3.6. Herramientas y máquinas

En esta sección, se describen los materiales y equipos utilizados en la microcervecería.

3.6.1. *Materiales*

- Baldes de plástico de uso alimenticio
- Botellas ámbar (Uso cervecero)
- Buretas
- Cepillo plástico para limpieza de botellas
- Coladores
- Hidrómetro
- Tapadora manual de botellas
- Tapas corona
- Termómetro

3.6.2. *Equipos*

- Molino
- Olla de macerado
- Olla de hervido
- Fermentador
- Equipo de carbonatación
- Congelador
- Refractómetro
- Refrigerador

3.7. Ingeniería del proyecto

3.7.1. *Descripción del proceso*

De acuerdo a (Cofepris, 2016) el proceso de elaboración de cerveza artesanal no incluye ningún aditivo tóxico, su procesamiento es manual desde la trituración de los granos hasta el embotellado. Cada cerveza tiene su tiempo de elaboración de acuerdo con las formulaciones e ingredientes que poseen los diferentes maestros de la cerveza, por tal razón existen distintos olores, colores y sabores de la cerveza.

Es esencial disponer de una cerveza artesanal que despierte el interés de los clientes y cumpla con los estándares de la Norma NTE INEN 2262:2013. En este estudio, se exploraron dos concentraciones diferentes de arroz y diversas partes del chulco (hojas, flor, tallo), manteniendo

la misma concentración de levadura en cada tratamiento. Esto permitió analizar las propiedades organolépticas de la cerveza artesanal y evaluar el impacto de la concentración de ingredientes adicionales. Es importante tener en cuenta que estos pueden incluir una variedad de cereales o granos, malteados o no, así como frutas, entre otros elementos.

A continuación, se presenta el diagrama de bloque que describe el proceso de elaboración de cerveza artesanal.

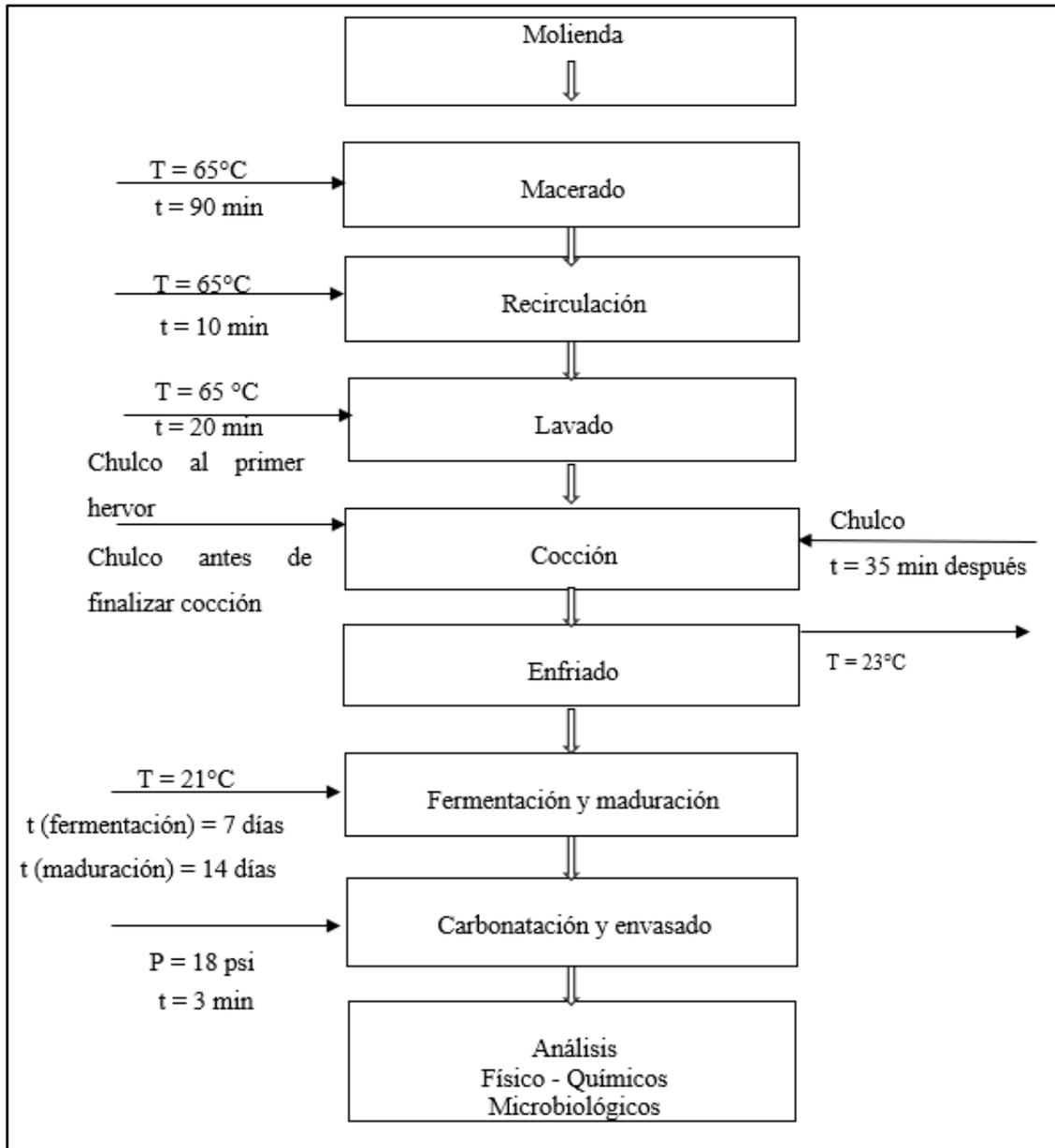


Ilustración 3-1: Diagrama de flujo para la elaboración de cerveza artesanal

Realizado por: Paredes, S., 2024.

1. **Molienda:** Durante 30 minutos, se trituran la malta y el arroz con el objetivo de romper los granos, manteniendo la integridad de la cáscara para que funcione como filtro durante la recirculación.
2. **Maceración:** Se mezcla la malta y el arroz triturado con agua a una temperatura de 65°C durante 90 minutos. Este proceso permite extraer y convertir los almidones en el mosto en azúcares fermentables.
3. **Cocción:** El mosto resultante se cocina a 91°C durante 90 minutos. Durante la cocción, se agregan hojas de chulco en tres etapas: 50 gramos al inicio, 60 gramos a los 35 minutos y finalmente 80 gramos al completar los 90 minutos.
4. **Fermentación y Maduración:** Después de la cocción, se enfría el mosto a 23°C durante 15 minutos y se añaden 11 gramos de levadura Safale S-05. La fermentación se lleva a cabo durante 7 días a 21°C en el fermentador. Al finalizar los 7 días, se retira 1 kg del residuo contenido. Posteriormente, la cerveza se madura durante 10 días a 21°C.
5. **Embotellado:** Las botellas se pasteurizan durante 30 minutos a 62°C para eliminar microorganismos no deseados. Luego, se trasvasa la cerveza artesanal a las botellas, donde continuará su proceso de maduración y carbonatación antes de estar lista para ser consumida

Tabla 3-3: Formulaciones estándar

Formulación 1	Cerveza a base de malta + Malta de arroz + hojas de chulco
Formulación 2	Cerveza a base de malta + Malta de arroz + flor de chulco
Formulación 3	Cerveza a base de malta base + Malta de arroz + hojas + flores + tallo de chulco
Nota: Por cada kg de malta se utilizara 4 litros de agua, se utilizo 5 kg de malta para producir 20 litros.	

Realizado por: Paredes, S., 2024.

Tabla 3-4: Cantidad de materia prima a usar en la elaboración de cerveza artesanal

<p>Formulación 1 Cerveza a base de malta + arroz + hojas de chulco</p>	<p>Ingredientes</p> <p>Malta Base: 2,5 kg</p> <p>Malta de Arroz: 2,5 kg</p> <p>Hojas de chulco 50 g al primer hervor</p> <p>Hojas de chulco 60 g a los 35 min</p> <p>Hojas de chulco 80 g a los 60 min</p> <p>Levadura Safale S-05</p> <p>Proceso:</p>
---	--

	<p>Molienda Triturar la malta y el arroz por 30 min.</p> <p>Maceración Mezclar la malta, y arroz triturado con agua a una temperatura de 65°C por un tiempo de 90 min.</p> <p>Cocción Cocinar el mosto de la mezcla de la materia prima a una temperatura de 91°C por 90 min.</p> <p>Agregar 50 gramos de hojas de chulco al primer hervor del mosto. Luego a los 35 min agregar 60 gramos de hojas de chulco.</p> <p>Para finalizar los 90 min de la cocción agregar los últimos 80 gramos de las hojas de chulco.</p> <p>Fermentación y Maduración Reducir la temperatura del mosto a 23°C por 15 min.</p> <p>Añadir 11 gramos de levadura Safale S-05.</p> <p>Fermentar por 7 días a 21°C en el fermentador, al pasar los 7 días de fermentación, retirar el residuo contenido de 1 kg.</p> <p>Se realiza la maduración por 10 días a 21°C.</p> <p>Embotellado Se pasteuriza botellas por 30 min a una temperatura de 62°C</p> <p>Transferir la cerveza artesanal a las botellas .</p>
Formulación 2	Ingredientes

<p>Cerveza a base de malta + arroz + flor de chulco</p>	<p>Malta: 2 kg Malta de Arroz: 3 kg Flor de chulco 50 g a los 10 min Flor de chulco 60 g a los 35 min Flor de chulco 80 g a los 60 min Levadura Safale S-05</p> <p>Proceso:</p> <p>Molienda Triturar la malta y el arroz por 30 min.</p> <p>Maceración Mezclar la malta, y arroz triturado con agua a una temperatura de 65°C por un tiempo de 90 min.</p> <p>Cocción Cocinar el mosto de la mezcla de la materia prima a una temperatura de 91°C por 90 min.</p> <p>Agregar 50 gramos de hojas de chulco al primer hervor del mosto. Luego a los 35 min agregar 60 gramos de hojas de chulco.</p> <p>Para finalizar los 90 min de la cocción agregar los últimos 80 gramos de las hojas de chulco.</p> <p>Fermentación y Maduración Reducir la temperatura del mosto a 23°C por 15 min. Añadir 11 gramos de levadura Safale S-05.</p> <p>Fermentar por 7 días a 21°C en el fermentador, al pasar los 7 días de fermentación, retirar el residuo contenido de 1 kg.</p>
---	---

	<p>Se realiza la maduración por 10 días a 21°C.</p> <p>Embotellado</p> <p>Se pasteuriza botellas por 30 min a una temperatura de 62°C.</p> <p>Transferir la cerveza artesanal a las botellas.</p>
<p style="text-align: center;">Formulación 3 Cerveza a base malta + arroz + hojas + flores + tallo de chulco</p>	<p>Ingredientes</p> <p>Malta de Arroz: 5 kg</p> <p>Hoja, flor y tallo de chulco 50 g a los 10 min</p> <p>Hoja, flor y tallo de chulco 60 g a los 35 min</p> <p>Hoja, flor y tallo de chulco 80 g a los 60 min</p> <p>Levadura Safale S-05</p> <p>Proceso:</p> <p>Molienda</p> <p>Triturar el arroz por 30 min.</p> <p>Maceración</p> <p>Mezclar el arroz triturado con agua a una temperatura de 65°C por un tiempo de 90 min.</p> <p>Cocción</p> <p>Cocinar el mosto de la mezcla de la materia prima a una temperatura de 91°C por 90 min</p> <p>Agregar 50 gramos de hojas de chulco al primer hervor del mosto.</p> <p>Luego a los 35 min agregar 60 gramos de hojas de chulco.</p> <p>Para finalizar los 90 min de la cocción agregar los últimos 80 gramos de las hojas de chulco.</p>

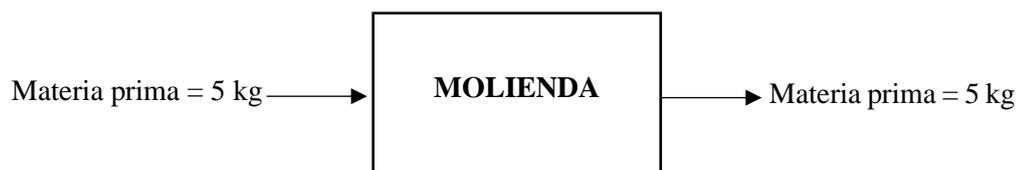
	<p>Fermentación y Maduración</p> <p>Reducir la temperatura del mosto a 23°C por 15 min.</p> <p>Añadir 11 gramos de levadura Safale S-05.</p> <p>Fermentar por 7 días a 21°C en el fermentador, al pasar los 7 días de fermentación, retirar el residuo contenido de 1 kg.</p> <p>Se realiza la maduración por 10 días a 21°C.</p> <p>Embotellado</p> <p>Se pasteuriza botellas por 30 min a una temperatura de 62°C.</p> <p>Transferir la cerveza artesanal a las botellas</p> <p>Almacenar las botellas a una temperatura constante para mejorar el sabor</p>
--	--

Realizado por: Paredes, S., 2024.

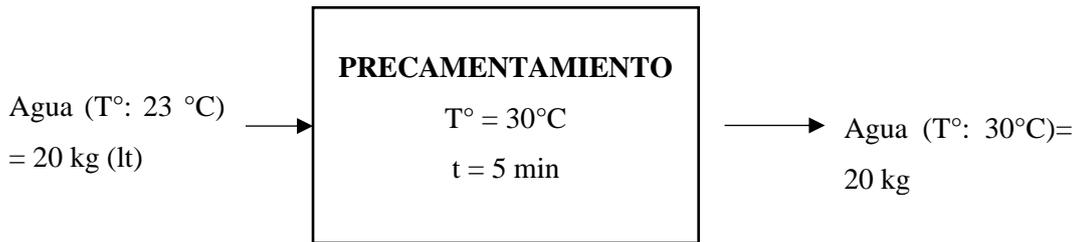
3.7.2. Balance simultáneo de materia en la producción de cerveza artesanal

A continuación, se detallan los balances de materia correspondientes a cada etapa del proceso de elaboración de cerveza artesanal, destacando la entrada y salida de los diferentes ingredientes y productos en cada fase.

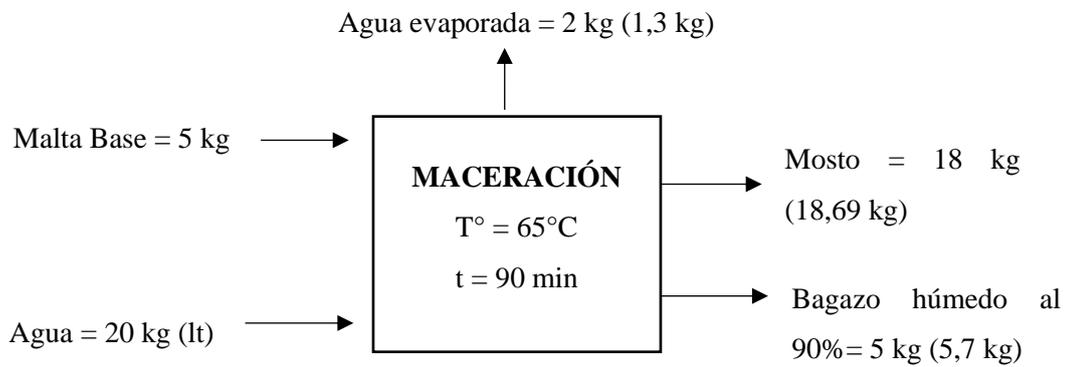
Balance de masa para el proceso de molienda



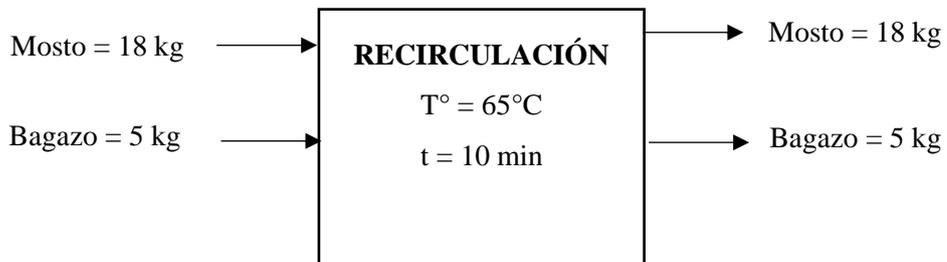
Balance de masa para el proceso de precalentamiento (30°C)



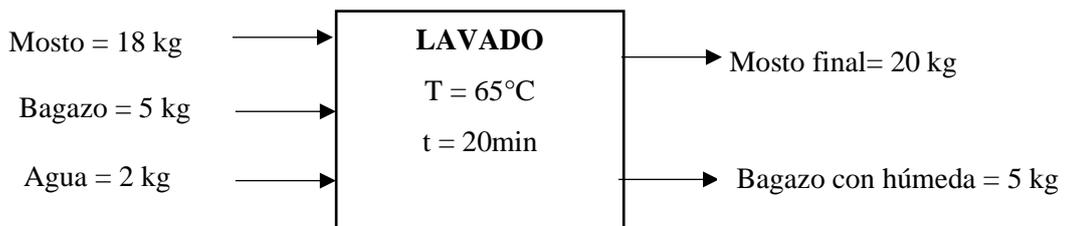
Balance de masa para el proceso de maceración (65°C)



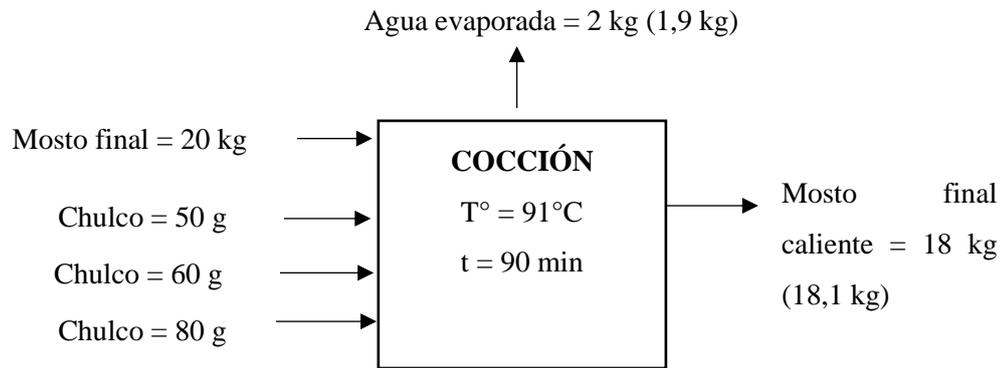
Balance de masa para el proceso de recirculación (65°C)



Balance de masa para el proceso de lavado (recuperación de líquido) (65°)



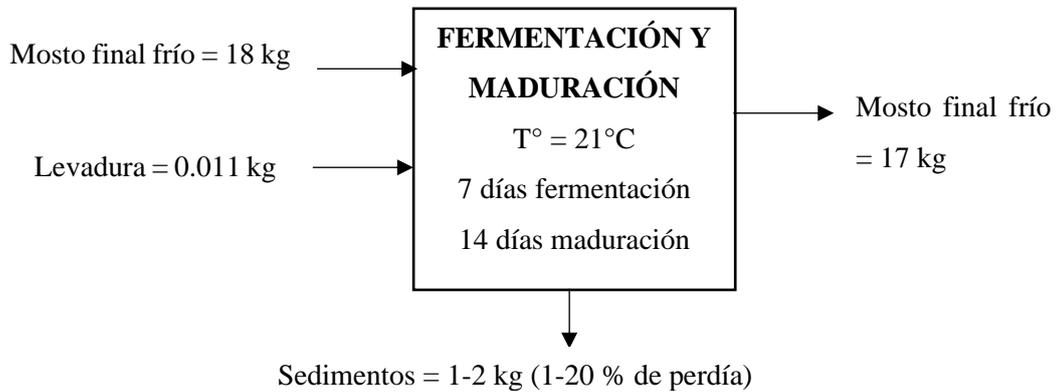
Balance de masa para el proceso de cocción (91°)



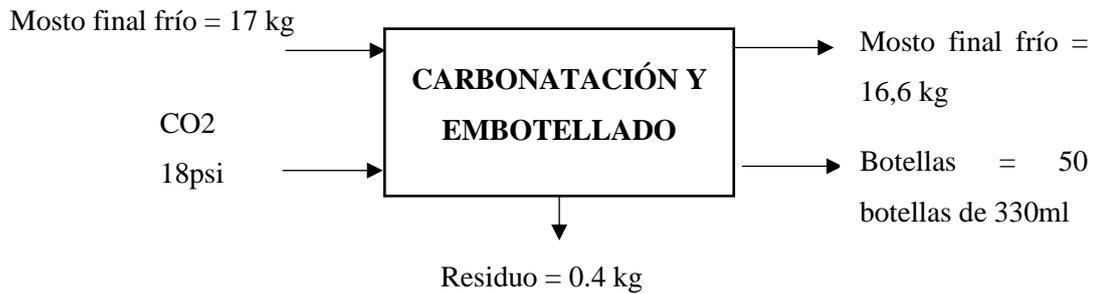
Balance de masa para el proceso de enfriado (23°C)



Balance de masa para el proceso de fermentación y maduración



Balance de masa para el proceso de carbonatación y embotellado



3.7.3. Balance de energía en el proceso de la elaboración de cerveza artesanal (Q_s)

$$Q_s = m \times C_p \times \Delta T$$

Donde:

Q_s : es el calor sensible (en kJ)

M : es la masa de agua (en kg)

C_p : Es el calor específico del agua (en kJ/kgK)

ΔT : Es la diferencia de temperatura (en K)

Etapa de Maceración (Pre calentamiento)

Tabla 3-5: Calor sensible pre calentamiento del agua llevar a 30°C

Calor sensible pre calentamiento del agua llevar a 30°C			
	Símbolo	Datos	Unidades
T° inicial	Ti	296,15	k
T° final	Tf	303,15	k
diferencia de T°	dT	7	k
Calor específico	Cp	4,22	kJ/kgK
Pérdida de calor	Pd	0	No aplica
Calor Sensible	Qs	590,8	KJ
Calor Total	Qt	3079,3	KJ

Realizado por: Paredes, S., 2024.

Se obtuvo un calor sensible de 590,8 kJ. el análisis de estos datos indica que se necesita una cantidad significativa de energía en forma de calor sensible para precalentar el agua durante la etapa de maceración en el proceso de producción de cerveza artesanal.

Etapa de Calentamiento

Tabla 3-6: Calor sensible calentamiento del agua llevar a 65°C (Maceración)

Calor sensible calentamiento del agua llevar a 65°C (Maceración)			
	Simbolo	Datos	Unidades
T° inicial	Ti	303,15	k
T° final	Tf	338,15	k
diferencia de T°	dT	35	k
Calor especifico	Cp	3,95	kJ/kgK
Pérdida de calor	Pd	0	No aplica
Calor Sensible	Qs	2488,5	KJ
Calor Total	Qt	3079,3	KJ

Realizado por: Paredes, S., 2024.

El calor sensible calculado para esta etapa es de 2488,5 kJ. Esto representa la cantidad total de energía necesaria para aumentar la temperatura del agua de la temperatura inicial a la temperatura final. Estos datos muestran la cantidad de energía requerida en forma de calor sensible para llevar el agua a una temperatura de 65°C durante la etapa de maceración en el proceso de producción de cerveza artesanal.

Flujo de vapor en el proceso de maceración (evaporación)

$$m_v * \lambda = Q_s \text{Precalentamiento} + Q_s \text{Calentamiento}$$

$$m_v = \frac{Q_s \text{Precalentamiento} + Q_s \text{Calentamiento}}{\lambda}$$

Tabla 3-7: Flujo de vapor precalentamiento y calentamiento

Detalle	Dato	Unidad
λ de condensación (65°)	2346,2	kJ/Kg
Suma Qs (Pre y Calentamiento)	3079,3	kJ/Kg
Flujo de calor a 65°C (Agua evaporada)	1,31	kg

Realizado por: Paredes, S., 2024.

La pérdida de agua en el proceso de maceración fue de 1,3 kg. Esto significa que el agua evaporada absorbe aproximadamente 3073,022 kJ de energía durante el proceso de evaporación a 65°C.

Etapa de cocción

Tabla 3-8: Calor sensible cocción del mosto llevar a 91°C (Cocción)

Calor sensible cocción del mosto llevar a 91°C (Cocción)			
	Símbolo	Datos	Unidades
T° inicial	Ti	338,15	k
T° final	Tf	364,15	k
diferencia de T°	dT	26	k
Calor específico	Cp	3,95	kJ/kgK
Pérdida de calor	Pd	0	No aplica
Calor Sensible	Qs	1848,6	KJ
Calor Total	Qt	4337,1	KJ

Realizado por: Paredes, S., 2024.

El calor sensible calculado para esta etapa es de 1848,6 kJ. Esto representa la cantidad total de energía necesaria para aumentar la temperatura del mosto de la temperatura inicial a la temperatura final, considerando únicamente el calor sensible. Estos datos indican la cantidad de energía requerida en forma de calor sensible para llevar el mosto a una temperatura de 91°C durante la etapa de cocción en el proceso de producción de cerveza artesanal

Etapa de flujo de vapor en el proceso de la cocción (evaporación)

Tabla 3-9: Flujo de vapor (Calentamiento y cocción)

Detalle	Dato	Unidad
λ de condensación (91°)	2283,20	kJ/Kg
Suma Qs (Calentamiento y cocción)	4337,1	kJ/Kg
Flujo de calor a 91°C (Mosto evaporado)	1,90	kg

Realizado por: Paredes, S., 2024.

En la etapa de cocción se evaporo 1,9 kg, indicando que durante la condensación del vapor de mosto, se liberan aproximadamente 4333,1 kJ de energía.

Etapa de enfriado

Tabla 3-10: Calor sensible enfriado del mosto llevar a 23°C (Enfriado)

Calor sensible enfriado del mosto llevar a 23°C (Enfriado)			
	Simbolo	Datos	Unidades
T° inicial	Ti	364,15	k
T° final	Tf	296,15	k
diferencia de T°	dT	-68	k
Calor especifico	Cp	3,95	kJ/kgK
Pérdida de calor	Pd	0	No aplica
Calor Sensible	Qs	-4834,8	KJ
Calor Total	Qt	-2986,2	KJ

Realizado por: Paredes, S., 2024.

El calor sensible calculado para esta etapa es de -4834,8 kJ. El valor negativo indica que se está liberando energía durante el enfriamiento del mosto. Esto es coherente con la disminución de temperatura observada. Mientras que el calor total fue -2986,2 kJ. Al igual que el calor sensible, este valor es negativo, lo que indica una pérdida neta de energía durante el proceso de enfriamiento. Estos datos indican que se está enfriando el mosto desde una temperatura inicial de 364,15 K a una temperatura final de 296,15 K, con una pérdida neta de energía durante el proceso.

- Flujo de pérdida en el enfriado

Tabla 3-11: Flujo de vapor enfriado

Detalle	Dato	Unidad
λ de condensación (23°)	2442,30	kJ/Kg
Suma Qs (Cocción y enfriado)	-2986,2	kJ/Kg
Flujo de calor a 23°C	-1,22	kg

Realizado por: Paredes, S., 2024.

El flujo de calor indica la cantidad de masa de vapor de mosto que se ha condensado durante el proceso de enfriamiento. Esta condensación ocurre a una temperatura de 23°C. Cuando el vapor de mosto se condensa, libera una cantidad de calor llamada calor latente de condensación, que es proporcionado por el λ . Dado que el λ de condensación es de 2442,30 kJ/kg, esto significa que cada kilogramo de vapor de mosto que se condensa libera 2442,30 kJ de energía.

El valor negativo indica que durante la condensación del vapor de mosto, se libera aproximadamente 2986,2 kJ de energía. Este análisis resalta la importancia del λ de condensación

en el proceso y la cantidad significativa de energía asociada con la condensación del vapor de mosto.

Etapa de fermentación y maduración

Tabla 3-12: Calor sensible enfriado del mosto llevar a 21°C (fermentación y maduración)

Calor sensible enfriado del mosto llevar a 21°C (fermentación y maduración)			
	Símbolo	Datos	Unidades
T° inicial	Ti	296,15	k
T° final	Tf	294,15	k
diferencia de T°	dT	-2	k
Calor específico	Cp	3,95	kJ/kgK
Pérdida de calor	Pd	0	No aplica
Calor Sensible	Qs	-134,3	KJ
Calor Total	Qt	-4969,1	KJ

Realizado por: Paredes, S., 2024.

El calor sensible calculado para esta etapa es de -134,3 kJ. El valor negativo indica que se está liberando energía durante el proceso de enfriado. Esto es coherente con la disminución de temperatura observada. Este análisis muestra que durante el proceso de enfriado del mosto, se libera una cantidad pequeña de energía en forma de calor sensible. La energía liberada es suficiente para reducir la temperatura del mosto de la inicial a la final. Esto resalta la importancia de controlar la temperatura durante la fermentación y maduración para garantizar la calidad del producto final.

3.8. Diseño Mermita

Se describen las consideraciones tomadas en cuenta durante la fase de diseño preliminar, detallando las dimensiones necesarias para alcanzar la capacidad de volumen deseada del tanque.

3.8.1. Material seleccionado para la construcción de la marmita

Se empleará acero AISI 304 para la fabricación del tanque, los tubos de soporte y los componentes que componen la marmita debido a su facilidad para ser mecanizado.

3.8.1.1. Diseño del tanque

Tabla 3-13: Datos para diseño

Datos	Parámetros
Fluido de trabajo	Cerveza
Volumen de diseño	25 lt
Temperatura de operación	61-91 °C
Forma del tanque	Cilíndrico

3.8.1.2. Dimensiones del tanque

Antes de dimensionar el depósito, es importante considerar la capacidad volumétrica necesaria y la altura requerida para almacenar 25 litros de cerveza. Para evitar desbordamientos, se sugiere multiplicar el volumen del diseño por un factor de seguridad de 0.15. También se ha añadido un margen adicional de 5 litros como precaución para el producto.

Datos:

$$V_{real} = 25 \text{ lt} = 0,025 \text{ m}^3$$

Factor de seguridad por desborde x: 0,15

$$\begin{aligned}V_{real} &= V_{real} + (V_{real} * X) \\V_{real} &= 0,025 \text{ m}^3 + (0,025 \text{ m}^3 * 0,15) \\V_{real} &= 0,02875 \text{ m}^3 \\V_{real} &= 28,27 \text{ lt}\end{aligned}$$

La ubicación de la superficie de la marmita se establecería a una altura de 1.20 metros, tomando en cuenta esta medida para minimizar los riesgos ergonómicos para el operador al verter líquido en el tanque y comenzar el proceso térmico. Por esta razón, se realiza el cálculo siguiente.

$$h = 0,90 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}V_{Diseño} &= \pi * r^2 * h \\r_{Interior} &= \sqrt{\frac{v}{\pi * h}} \\r_{interior} &= 0,101 \text{ m} \\Diametro_{interior} &= 0,2016 \text{ m}\end{aligned}$$

Antes de llevar a cabo los cálculos, se establece la magnitud física que representará la fuerza perpendicular, es decir, la presión de la cerveza dentro del tanque, la cual se determina utilizando la siguiente ecuación.

$$P = \rho * h$$

Se toma en cuenta una altura del 85 % (0,77 m) del total de la altura del tanque debido al factor de desbordamiento considerado, y esta será la altura que la cerveza ocupará en el tanque. Al realizar el cálculo, se obtiene lo siguiente.

$$P = 1005 \frac{Kg}{m^3} * 0,77 m$$

$$P = 773,85 \frac{Kg}{m^2}$$

3.8.1.3. Selección del espesor del tanque

Para determinar el grosor requerido para la pared de la marmita, se realiza la selección según las directrices de la normativa AISI Sección VIII y la norma API 650 (Restrepo, 2019, pág. 13). Estas normativas indican que el espesor del tanque no puede ser menor que su diámetro para garantizar la resistencia a la presión, como se ilustra en la siguiente tabla.

Tabla 3-14: Espesor del metal según el diámetro

Diámetro (m)	Espesor min (mm)
< 15,24	1,5-4,76
15,24 – 36,76	6,35
> 60,96	9,52

Se elige un grosor de 2 mm, ya que el diámetro del tanque es de 0,2016 m y esto cumple con los requisitos de diseño establecidos por la normativa.

El grosor del fondo será el mismo, y esto se verificará utilizando la fórmula de presión de aplastamiento.

$$W_c = K * E \left(\frac{t}{D} \right)^3$$

Donde:

K: se obtiene de la grafica

E: Modulo de elasticidad del acero 304

T: Espesor

T: Espesor

$$W_c = 10,5 * (29 * 10^6 \text{ psi}) \left(\frac{0,002 \text{ m}}{0,2016 \text{ m}} \right)^3$$

$$W_c = 297,30 \text{ psi}$$

$$W_c = 209022 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

Se puede decir que una lámina de acero 304 con un grosor de 2 mm es adecuada para resistir la presión dentro de la marmita. Esto se debe a que, según el cálculo previo, el valor obtenido está significativamente por debajo de esta especificación de diseño. Además, se sabe que la presión ejercida en el tanque es de 773.85 kg/m², lo cual es mucho menor que la presión admitida para el tanque.

3.8.1.4. Camisa del tanque

Es fundamental garantizar una óptima transferencia de calor entre el tanque y el fluido que circula en su interior, por lo que se implementará una camisa que servirá como envoltura del recipiente. Esta camisa constituirá un espacio anular donde se alojará el fluido de calefacción. La separación entre el diámetro externo de la camisa y el diámetro interno de la marmita será de 0.05 metros (5 cm). La camisa estará fabricada con una lámina de acero inoxidable 304 de 2.5 mm de espesor, lo que resultará en un diámetro de camisa de:

$$\text{Diametro camisa}_{camisa} = 0,2016 \text{ m} + 0,10 \text{ m} = 0,3016 \text{ m}$$

Con el diámetro se obtiene el volumen de agua que tendrá entre la camisa y el tanque:

$$\text{Volumen}_{camisa} = \pi * r^2 * h$$

$$\text{Volumen}_{camisa} = \pi * (0,1508 \text{ m})^2 * 0,90 \text{ m}$$

$$\text{Volumen}_{camisa} = 0,064 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen}_{\text{Entre camisa y diseño}} = 0,064 \text{ m}^3 - 0,02875 \text{ m}^3$$

$$Volumen_{Entre\ camisa\ y\ diseño} = 0,03525\ m^3 = 35,25\ lt$$

Para la entrada y salida del fluido de calefacción en la camisa del tanque, se emplea un diámetro de 1/2 pulgada, lo que permite utilizar válvulas de bola y neplós con la misma medida. Además, se requiere la instalación de dos termómetros bimetálicos: uno para monitorear la temperatura de la materia prima y otro para supervisar la temperatura del fluido de calefacción.

El termómetro se utiliza para supervisar los intervalos de temperatura en los que opera la marmita. Para la su cocción, se requiere un rango de temperatura de 71 °C a 91 °C. Por lo tanto, se opta por un termómetro con vástago de acero inoxidable, capaz de medir temperaturas desde 0 °C hasta +120 °C, con una rosca de conexión de 1/2 pulgada. Las especificaciones detalladas se encuentran en el catálogo general de termómetros (Gesa, 2022, pág. 1).

3.8.1.5. Vertido del fluido

Para el drenaje del fluido, se instalará una salida de 2 pulgadas, la cual estará regulada por una válvula de bola del mismo tamaño. La medida de la salida del tanque se representa en el diagrama del dimensionado de la salida del fluido, donde 50.80 mm equivale a 2 pulgadas.

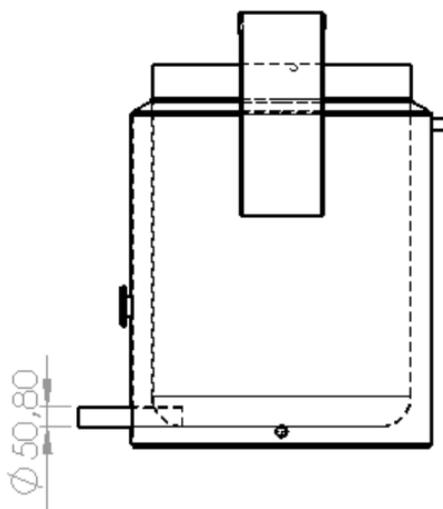


Ilustración 3-2: Dimensionado de la salida del fluido

3.8.1.6. Cubierta del tanque

En la parte superior del tanque se empleará una tapa con un grosor de 2 mm, según se muestra en el diagrama adjunto. Esta tapa tiene una apertura y cierre en la mitad, la cual será removible

mediante tornillos para asegurar su sujeción y evitar cualquier desplazamiento lateral. Además, la tapa está equipada con una perforación central de 1 1/4 pulgadas por la que pasará el eje que sostendrá los agitadores.

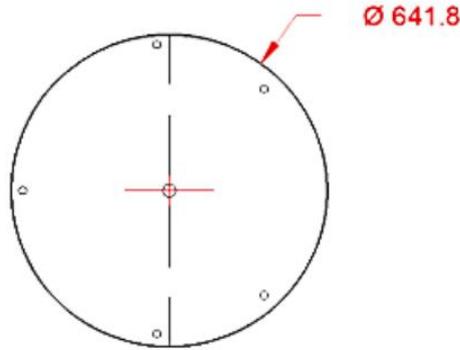


Ilustración 3-3: Dimensionado de Tapa

3.8.1.7. Cálculo de fuerzas en el tanque

Debido a que el tanque experimenta fuerzas hidrostáticas originadas por la materia prima, las cuales poseen componentes tanto horizontales como verticales, se emplea la siguiente fórmula para calcular la fuerza hidrostática vertical que actúa sobre el fondo del tanque:

$$\begin{aligned}
 FH_{vertical} &= P * A_{fondo} \\
 FH_{vertical} &= (\rho * g * h) * (\pi * r^2) \\
 FH_{vertical} &= \left(1005 \frac{Kg}{m^3} * 9,81 \frac{m}{s^2} * 0,9 m \right) * (\pi * 0,1508 m^2) \\
 FH_{vertical} &= 633,91 N
 \end{aligned}$$

Para determinar la fuerza horizontal, se considera su efecto sobre las paredes del tanque, por lo que se utiliza una superficie cilíndrica para su cálculo, utilizando la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned}
 FH_{horizontal} &= P * A_{proy cilindrico} \\
 FH_{horizontal} &= (\rho * g * h) * (2r * h) \\
 FH_{horizontal} &= \left(1005 \frac{Kg}{m^3} * 9,81 \frac{m}{s^2} * 0,9 m \right) * (2(0,1508 m) * 0,9 m) \\
 FH_{horizontal} &= 2408,53 N
 \end{aligned}$$

3.8.1.8. *Diseño de las palas planas*

Las palas ilustradas facilitan la agitación del fluido al estar conectadas al eje, lo que posibilita el movimiento de la cerveza a través del tanque.

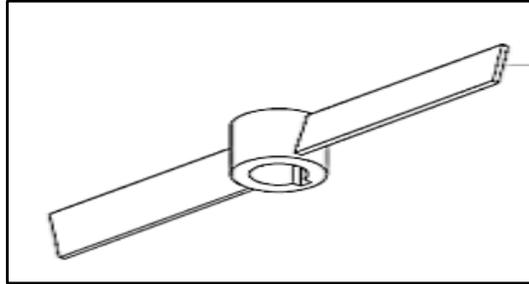


Ilustración 3-4: Dimensiones de palas planas

3.8.1.9. *Cálculos de la longitud de las palas*

La medida del brazo de la pala se determina mediante la siguiente expresión:

$$L_B = \frac{5}{8} * Diámetro_1$$

$$L_B = \frac{5}{8} * 201,8 \text{ mm}$$

$$L_B = 126 \text{ mm}$$

- Ancho de las palas

$$E_r = \frac{1}{10} * L_B$$

$$E_r = \frac{1}{10} * 126 \text{ mm}$$

$$E_r = 12,6 \text{ mm}$$

3.8.2. *Distancia entre el fondo y el rodete*

La separación entre el fondo del tanque interior de la marmita y las palas, como se muestra en el diagrama adjunto, es crucial ya que influye en el cálculo de la potencia requerida para el eje agitador, y también permite una mezcla efectiva del líquido.

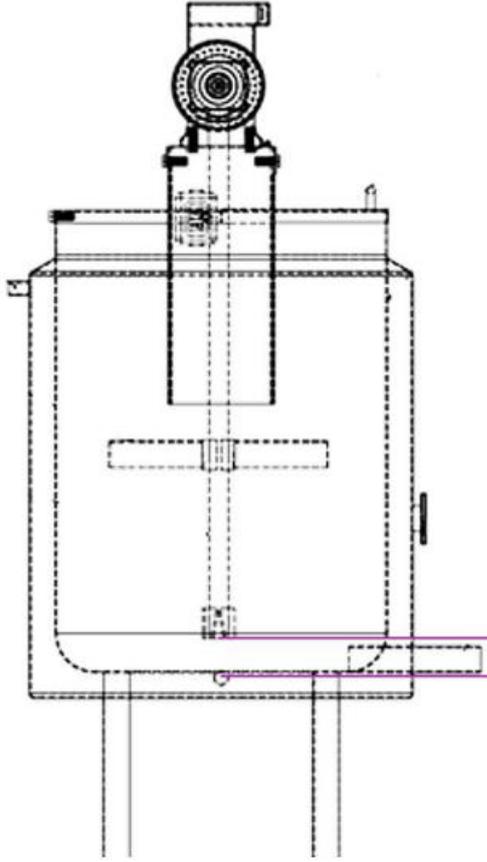


Ilustración 3-5: Distancia entre las palas y el fondo del tanque

$$X = h - L_B$$

$$X = 0,77 \text{ m} - 12,6$$

$$X = 0,64 \text{ m}$$

3.8.3. *Diseño del eje agitador*

Es esencial mantener un equilibrio en el gradiente de temperatura entre el fluido en la camisa de la máquina y la materia prima. Para lograr esto, se emplean dos agitadores rotativos que generan fuerzas rotacionales a través del eje, el cual recibe el movimiento de un impulsor.

$$P = 1005 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} * 0,7\text{m}$$

$$P = 703,5 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

3.8.3.1. Datos de diseño bajo cargas estáticas

Para diseñar el agitador destinado a la cerveza, es esencial tener en cuenta los datos especificados en la lista de la tabla, ya que estos proporcionarán información crucial para seleccionar el eje adecuado.

Tabla 3-15: Datos para el diseño de agitador

Datos	Descripción
Fluido a agitar	Cerveza Artesanal
Densidad	1005 kg/m ²
Viscosidad dinámica del fluido	0.0013 Ns/m ² : 1,3 Cp
Diámetro del tanque	Diámetro total= 0,3016 m Diámetro intereno= 0,2016 m
Altura del tanque	0,90 m
Volumen de llenado	25 lt

La ecuación siguiente se emplea para calcular el área donde se localiza el punto donde actúa la presión, conocida como área de la aleta:

$$\begin{aligned}A_{aleta} &= largo * Ancho \\A_{aleta} &= 126 \text{ mm} * 13 \text{ mm} \\A_{aleta} &= 1638 \text{ mm}^2 = 0,001638 \text{ m}^2\end{aligned}$$

En este caso usaremos 4 aletas (criterio) = 0,006552 m²

La fuerza ejercida es

$$\begin{aligned}F &= P * A_{total} \\F &= 703,5 \frac{Kg}{m^2} * 0,006552 \text{ m}^2 \\F &= 4,609 \text{ Kg} = 5 \text{ Kg}\end{aligned}$$

El motor adecuado para esta aplicación podría tener una potencia que oscile entre ½ y ¼ caballos de fuerza, dependiendo del resultado obtenido para la fuerza requerida.

3.8.4. Sistema de agitación

Con el fin de asegurar un movimiento óptimo de la cerveza, se diseñarán dos impulsores tipo palas con una inclinación de 90°. Esta configuración se emplea para romper la inercia del líquido,

generando un flujo que mejora el proceso térmico desde los muros internos del recipiente hacia el fluido.

Las palas del impulsor tendrán un grosor de 5 milímetros y se conectarán a un eje de 1 1/4 pulgadas, el cual tendrá una velocidad de rotación de 90 rpm. Las especificaciones del eje serán en acero 304.

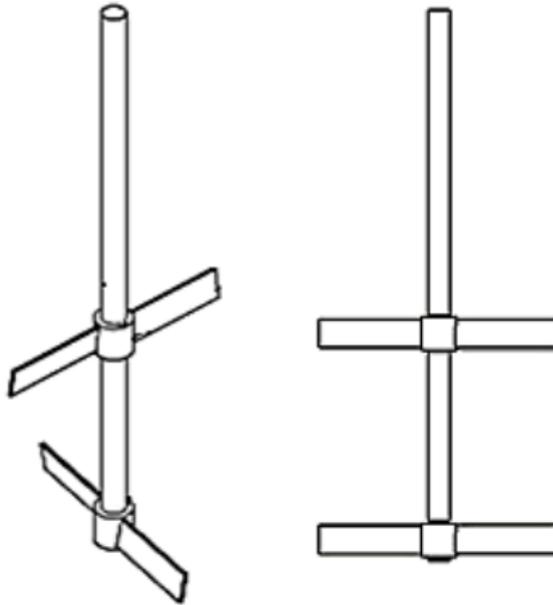


Ilustración 3-6: Agitador y palas

3.8.4.1. Cálculo en la potencia del agitador

Es necesario dirigir el volumen hacia las zonas más distantes del tanque para lograr una agitación eficiente, donde la turbulencia y la velocidad de movimiento son factores críticos que influyen en su efectividad. Para evaluar el consumo de potencia de un agitador, se utilizan números adimensionales, como el número de Reynolds, y especialmente relevante, el número de potencia (Warren et al, 2013, pág. 1689-1699).

$$Re = \frac{N * d^2 * \rho}{\mu}$$

N: Velocidad de rotación= 90 RPM (1,5 Hz)

d: Diámetro del agitador= 0.20 m

ρ : 1005 kg/m²

μ : 0,0013 kg/m*s

$$Re = \frac{1,5 * 0,2^2 * 1005}{0,0013}$$

$$Re = 46384,61$$

Para valores de Reynolds superiores a 10,000, la potencia requerida no está influenciada por Reynolds y la viscosidad no afecta en el cálculo de la potencia consumida, por lo tanto:

$$N_p = K_T$$

De la cual,

$$P = K_T * N^3 * d^5 * \rho$$

Los valores de K_T se detallan en la tabla a continuación

Tabla 3-16: Valores de K_T

Impulsor	K_T
Tipo hélice de 2 palas	
Marcha 1.0	0,32
Marcha 1.5	0,87
Turbina	
Disco 6 palas	5,75
6 inclinadas	1,63
4 inclinadas	1,27
Palas planas, 2 palas	4,70

Al emplear la constante de diseño con la ecuación (P), se determina como resultado la potencia de las palas que

$$P_{eje} = K_T * N^3 * d^5 * \rho$$

$$P_{eje} = 4,70 * 1,5^3 * 0,2^5 * 1005 \text{ kg/m}^3$$

$$P_{eje} = 5,10 \text{ watts}$$

$$P_{eje} = 0,006 \text{ HP}$$

Después, se establece la potencia del motor teniendo en cuenta una eficiencia del 50 % de un motor de ½ HP mediante la siguiente ecuación:

$$P_{motor} = \frac{P_{eje}}{Eficiencia}$$

$$P_{motor} = \frac{0,006 \text{ HP}}{0,50}$$

$$P_{motor} = 0,012 \text{ HP}$$

Tras revisar el resultado, se determina que el motor seleccionado, con una potencia de ½ a ¼ HP, es adecuado para las condiciones de trabajo requeridas y es suficiente para ser integrado al equipo.

3.8.5. Sistema del control del motor

Todo motor, sin importar su potencia o tamaño, necesita un regulador de control que modifique una variable de salida basándose en el análisis de una variable de entrada. Determinar la tarea específica que debe llevar a cabo el motor es el primer paso en el diseño del sistema de control; para proyectos de mayor complejidad, se necesitan controles más elaborados (Oshean, 2022, pág. 6).

La función que desempeñará el motor en la marmita consiste en llevar a cabo el proceso de agitación del fluido durante la maceración y la cocción. Esta tarea se considera sencilla, ya que debe completarse al final del proceso. Por esta razón, se optó por conectar un interruptor al motor para establecer un control ON/OFF, conocido como todo o nada.

El dispositivo que se conectará al motor es una botonera de tipo todo o nada de potencia industrial Ecoled, que incluye un componente eléctrico fabricado en cobre para mejorar la conductividad. Además, presenta un actuador plástico altamente duradero, con una capacidad de tensión de 500 V y una capacidad de corriente de 30 A.

3.8.6. Diseño de la estructura de soporte

La estructura de soporte consiste en cuatro tubos que se soldarán directamente al tanque principal y atravesarán la camisa, donde también estarán soldados. Estas cuatro patas, cada una con una longitud de 30 cm, están fabricadas con tubos de 2 pulgadas de diámetro y un espesor de 3 mm. Además, el extremo opuesto de estos soportes estará asegurado al suelo mediante una platina de 70x70 mm con cuatro perforaciones de 8 mm, como se muestra en la ilustración.

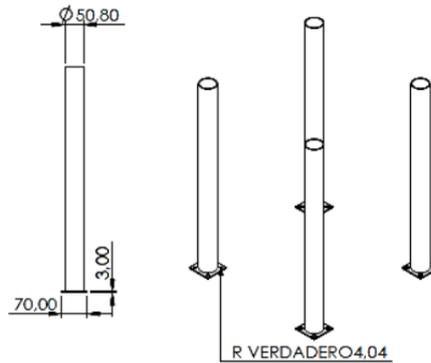


Ilustración 3-7: Estructura de soporte

3.8.7. *Diseño del sistema de generación de calor*

Hay varias opciones de fuentes de calor para generar la energía térmica requerida a una temperatura específica, como el vapor, la electricidad o los combustibles. Al seleccionar la fuente de calor adecuada, es importante considerar la disponibilidad de recursos energéticos, optando, por ejemplo, por el combustible en ausencia de una caldera debido al alto costo del kW/h. Además, si el país receptor ofrece subsidios, se pueden reducir los costos y maximizar los beneficios.

Se decidió emplear un quemador radial de gas butano en el sistema de calentamiento de las marmitas debido a sus características sobresalientes, que incluyen un alto poder calorífico, facilidad de montaje, mantenimiento sencillo, combustión estable y baja retroceso para una eficiencia óptima. Fabricado en hierro fundido para resistir las elevadas temperaturas de trabajo y garantizar una larga vida útil, este quemador cuenta con rejillas de ventilación de aluminio fundido que no requieren entrada de aire adicional, lo que contribuye a reducir los costos de producción (Landivar, 2013, pág. 1).

El quemador elegido, representado en la ilustración, se instalará sobre una estructura móvil compuesta por tubos cuadrados de 20x20x2 mm, con esquinas de 20x20x3 mm, diseñada para simplificar el transporte y la limpieza.



Ilustración 3-8: Quemador radial atmosférico

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Obtención de la mejor formulación de elaboración de cerveza artesanal y prueba sensorial

A continuación se proporciona el número de personas que mostraron preferencia por la formulación basada en el parámetro que fue analizado

Tabla 4-1: Datos y resultados de la ficha de evaluación sensorial

PARÁMETRO	FORMULACIÓN 1	FORMULACIÓN 2	FORMULACIÓN 3
Olor	40%	15%	20%
Color	35%	45%	30%
Sabor	25%	40%	50%

Realizado por: Paredes, S., 2024.

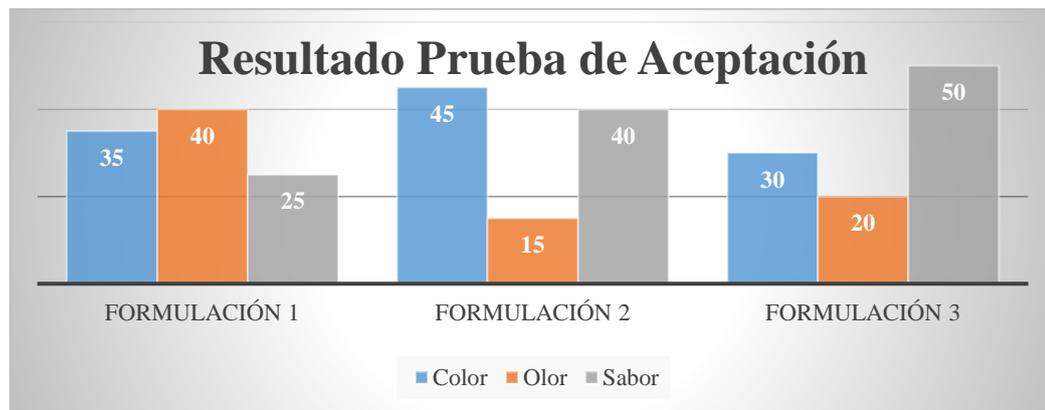


Ilustración 4-1: Resultados organolépticos

Realizado por: Paredes, S., 2024.

La formulación 3 (Cerveza a base de malta + arroz + hojas + flores + tallo de chulco), es la preferida por la mayoría de las personas encuestadas, con un 80% de preferencia. La formulación 2 (Cerveza a base de malta + arroz + flor de chulco) es la segunda opción, con un 15 % de preferencia. Y en el caso de la formulación 1 (Cerveza a base de malta + arroz + hojas de chulco) es la menos preferida con solo un 5% de preferencia, esto se debe principalmente al sabor, una vez ya obtenidos los resultados para la producción de la cerveza artesanal se trabajará con la formulación 3, siendo esta la que contó con el mayor grado de aceptación en comparación con las otras formulaciones.

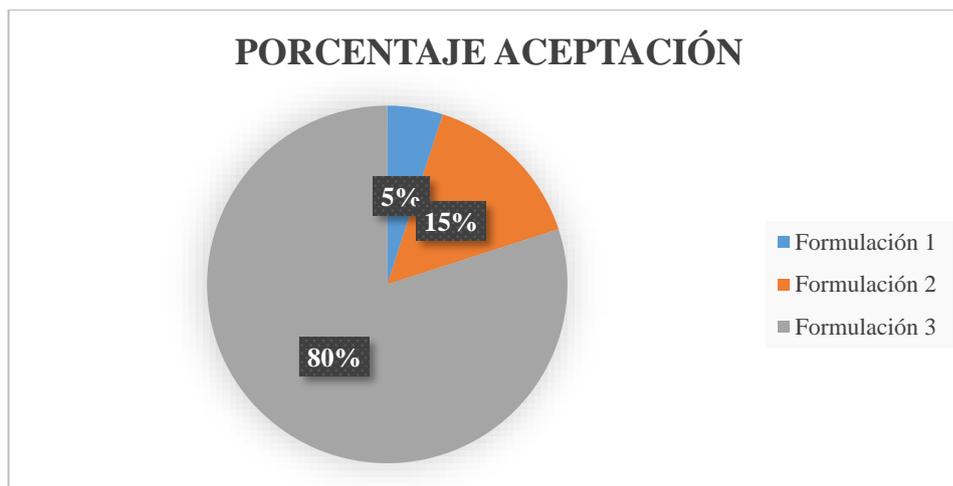


Ilustración 4-2: Porcentaje de aceptación de cada formulación de cerveza artesanal

Realizado por: Paredes, S., 2024.

En el **Ilustración 4-2**, se detalla los porcentajes de la evaluación sensorial, en donde la formulación 3, representa el 80% de aceptación, en el caso de la formulación 2 el 15%, Y finalmente la formulación 1 que cuenta con el 5%.

4.1.1. *Análisis global y comparativo de cada una de las formulaciones*

4.1.1.1. *Análisis del “color” en todas las formulaciones*

En la **Tabla 4-2**, se detalla los porcentajes del criterio “color”, dentro de la cual se observa que la formulación 3, predominaron el 88% de agradable, y un 3% en la consideración de nada agradable. A continuación, se presenta los datos y resultados obtenidos.

Tabla 4-2: Análisis global del criterio “Color”

COLOR			
Formulación	Agradable	Poco agradable	Nada agradable
Formulación 1	34%	47%	19%
Formulación 2	46%	50%	4%
Formulación 3	88%	9%	3%

Realizado por: Paredes, S., 2024.

4.1.1.2. *Análisis del “olor” en todas las formulaciones*

En la **Tabla 4-3**, se presenta los porcentajes del criterio del “olor”, dentro de las tres formulaciones presentadas a los panelistas la formulación 3, predomina claramente con respecto a las demás

formulaciones, teniendo un 90% de agrado, en poco agradable el 7%, y finalmente el 3% en nada agradable. A continuación se presenta los datos y resultados.

Tabla 4-3: Análisis global del criterio “olor”

OLOR			
Formulación	Agradable	Poco agradable	Nada agradable
Formulación 1	60%	35%	5%
Formulación 2	70%	28%	2%
Formulación 3	90%	7%	3%

Realizado por: Paredes, S., 2024.

4.1.1.3. Análisis del “sabor” en todas las formulaciones

En la **Tabla 4-4**, se presenta los porcentajes del criterio “sabor” en la que la formulación 3 es la que predomina en comparación a las demás, la cual obtuvo un 84% de agrado, seguida de poco agradable con el 14% , y finalmente en nada agradable el 2%. A continuación se detallan los datos y resultados.

Tabla 4-4: Análisis global del criterio “sabor”

SABOR			
Formulación	Agradable	Poco agradable	Nada agradable
Formulación 1	30%	47%	23%
Formulación 2	43%	51%	6%
Formulación 3	84%	14%	2%

Realizado por: Paredes, S., 2024.

4.2. Validación del proceso

Para validar el proceso, se tomaron como referencia los requisitos establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2262:2013 sobre Bebidas Alcohólicas, Cerveza. A continuación, se presentan los resultados obtenidos tras llevar a cabo los análisis de laboratorio correspondientes a la formulación que obtuvo mayor aceptación.

En la **Tabla 4-5** se detallan los resultados del análisis de anaerobios, mohos y levaduras, indicando que ambos parámetros no exceden los límites establecidos por la normativa de referencia. Por lo tanto, se concluye que el producto cumple con los estándares de calidad requeridos.

Tabla 4-5: Análisis microbiológico de la cerveza artesanal

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	REQUISITO NTE INEN 2262	
			MÍNIMO	MÁXIMO
Microorganismos Anaerobios	UFC/ml	< 10	-	10
Mohos y Levadura	UFC/ml	< 10	-	10

Fuente: Laboratorio SAQMIC, (2024).

Realizado por: Paredes, S., 2024.

En la **Tabla 4-6**, se muestra los resultados en cuanto a los atributos de la bebida, siendo estas características aceptables para el producto.

Tabla 4-6: Resultados del análisis a los atributos de la cerveza

Atributo	Descripción
Color	Amarillo Intenso
Sabor	Característico Agradable
Aspecto	Líquido ligeramente turbio con presencia de gas

Fuente: Laboratorio SAQMIC, (2024).

Realizado por: Paredes, S., 2024.

En la **Tabla 4-7**, se detalla los resultados obtenidos, en los diferentes parámetros, recalcando que todos los análisis están por debajo del máximo según lo indica la normativa

Tabla 4-7: Análisis físico – químico de la cerveza artesanal

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	REQUISITO NTE INEN 2262	
			MINIMO	MAXIMO
pH		4.8	3.5	5.0
Grado alcohólico	% v/v	5,0	1	10,0
Carbonatación	Volumen de CO ₂	2,6	2,2	3.5
Acidez total	% m/m	0,24	-	0,3
Zinc	mg/L	0.4	2,2	3,5
Hierro	mg/L	0.2	-	0.2
Cobre	mg/L	0.7	-	1.0
Plomo	mg/L	<0.01	-	0.1
Arsénico	mg/L	0.004	-	0.1

Fuente: Laboratorio SAQMIC, (2024).

Realizado por: Paredes, S., 2024.

4.3. Proceso de validación técnica y económica

El análisis de viabilidad del proyecto es crucial para asegurar el éxito en la obtención de los productos mediante una correcta planificación de la línea de producción antes de su lanzamiento al mercado. La orientación proporcionada para el diseño del proceso de formulación 3 requiere de este análisis de viabilidad para determinar si su implementación es práctica y rentable. Para ello, se considerarán factores tanto directos como indirectos que puedan influir en el proyecto. El diseño del proceso para la elaboración de cerveza artesanal se ha adaptado para una producción de 20 litros de este producto.

4.3.1. Factibilidad económica de la cerveza artesanal

4.3.1.1. Inversión fija

Se hace referencia al presupuesto económico necesario para adquirir la maquinaria y los equipos empleados en todo el proceso de producción de los productos. La selección de equipos, maquinaria y sus respectivos precios se realiza considerando el costo global de la línea de producción en su totalidad.

Tabla 4-8: Inversión fija

Equipo	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo total (\$)
Equipo de cerveza artesanal 50 lt.	1	2900	2900
		Total	2900

Fuente: Galenciago, 2024.

Realizado por: Paredes, S., 2024.

4.3.1.2. Trascendencia de gastos de producción

Tabla 4-9: Costos de materia prima e insumos

Materia prima e insumos	Cantidad	Unidad	Costo unitario (\$)	Costo diario (\$)	Costo semanal (\$)	Costo mes (\$)	Costo año (\$)
Malta base	25	kg	8,4	8,4	42	168	2016
Botellas con tillos (1 botella 330 ml: 50 centavos c/u)	50	unidades	25	25	125	500	6000
Agua	20	kg (litros)	2,5	2,5	12,5	50	600
Lúpulo (1gr por cada litro)	20	gr	1,2	1,2	6	24	288

Levadura Cerveza (1 sobre)	11	gr	4,5	4,5	22,5	90	1080
Total			41,6	41,6	208	832	9984

Realizado por: Paredes, S., 2024.

La tabla muestra la cantidad de materia prima necesaria para producir 20 litros de cerveza artesanal, junto con sus precios conforme a las regulaciones del país. Estos valores, detallados en la tabla, se utilizan como referencia para la preparación de cada lote del producto. Son costos esenciales que garantizan una adecuada implementación de la línea de producción y la obtención del producto final.

Tabla 4-10: Costos de trabajadores en la empresa

Personal	Cantidad	Salario Mensual (\$)	Gasto mensual (\$)	Gasto anual (\$)
Técnico	1	600	600	7200
Operario	2	460	920	11040
Total			1520	18240

Realizado por: Paredes, S., 2024.

Tabla 4-11: Costos de servicios básicos

Servicio	Consumo diario (\$)	Costo mensual (\$)	Costo anual (\$)
Electricidad (1 KW/h: 9 centavos)	2,16	64,8	777,6
Agua potable (1 m ³ : 38 centavos)	0,38	11,4	136,8
Total	2,54	76,2	914,4

Realizado por: Paredes, S., 2024.

Los datos de consumo de los servicios básicos se estiman considerando el tipo de equipo y maquinaria utilizada en la línea de producción.

4.3.1.3. Capital de trabajo

El capital de trabajo indica la cantidad de dinero que el emprendedor requiere para cubrir los costos y gastos a corto plazo. Esto se planifica para una producción diaria de 20 litros de cerveza artesanal, lo que equivale a 400 litros de cerveza artesanal al mes.

Tabla 4-12: Capital de trabajo

Detalle	Costo total (\$)
Gastos de materia prima e insumos	832,00
Costo de mano de obra	1520,00
Costos de servicios básicos	76,20
Total (mensual) para los 400 litros al mes (20 litros diarios*20 días)	2428,20
Total anual para los 4800 litros al año (400 litros mensual*12 meses)	29138,40

Realizado por: Paredes, S., 2024.

Realizando la suma de todos los gastos directos detallados, se estima que la pequeña industria necesitará un total de 29138,40 \$ para alcanzar una producción anual de 4800 litros de cerveza artesanal.

4.3.1.4. *Inversión total*

Para entender la inversión total necesaria para llevar a cabo el proyecto, se calcula la suma de los costos del capital de trabajo y los costos de la inversión fija.

Tabla 4-13: Gastos mensuales de producción

Denominación	costo total (\$)	%
Inversión fija	2900	54,43
Capital de operaciones	2428,2	45,57
Total	5328,2	100

Realizado por: Paredes, S., 2024.

Por lo tanto, se requiere una inversión inicial de 5288,2 \$ para iniciar el proyecto técnico.

4.3.1.5. *Costo de producción anual*

Tabla 4-14: Gastos mensuales de producción

Denominación	Costo total (\$)	%
Material directo (materia prima)	9984	34,26
Mano de obra	18240	62,60
Servicios básicos	914,4	3,14
Total	29138,4	100

Realizado por: Paredes, S., 2024.

4.3.1.6. Precio de venta al público (PVP)

Para establecer el precio de venta al público del producto, con el objetivo de maximizar la rentabilidad económica, se consideran los costos de producción junto con un margen de ganancia. Por lo tanto, el cálculo de este parámetro se lleva a cabo utilizando la siguiente fórmula:

$$PVP = Gasto\ mensual \times (0,30) + Gasto\ mensual$$

Donde:

PVP = Precio de venta unitario al público

Gasto mensual = Gastos mensuales en la elaboración del producto

0,30 = Índice de margen de ganancia, en base a criterio propio considerando un valor > 20%, significa que es un índice adecuado

$$PVP = 2428,20 \times (0,30) + 2428,20$$

$$PVP = 3156,66$$

Con este precio de venta al público (PVP), se lleva a cabo una regla de tres simple para determinar el precio relacionado con una sola unidad.

$$\begin{array}{cc} 3156,66 \$ & 50 \text{ botellas (unidades)} \\ x & 1 \text{ unidad} \end{array}$$

$$x = \frac{3156,66 * 1}{50} = 2,10 \$$$

Se ha fijado un precio de 2,10 \$ por cada botella de cerveza artesanal en su presentación de 330 mL, conforme a lo establecido por esta guía técnica.

4.3.1.7. Marcha del proyecto

Tabla 4-15: Costos para la puesta en marcha del proyecto

Producto	Cantidad de unidades que sale al mercado	Costo Unitarios (\$)	Ingreso diarios (\$)	Ingreso semanales (\$)	Ingreso mensual (\$)	Ingreso anuales (\$)

Cerveza Artesanal	50	2,10	2,10	10,52	42,09	505,07
Sumatoria	50	2,10	2,10	10,52	42,09	505,07

Realizado por: Paredes, S., 2024.

Utilizando la estimación de los ingresos por ventas, es posible determinar las ganancias mensuales obtenidas por la venta de la cerveza artesanal.

$$\mathbf{Ganancia\ mensual = Venta\ mensual - Inversión\ mensual}$$

$$\mathbf{Ganancia\ mensual = 3156,66 \$ - 2428,20 \$}$$

$$\mathbf{Ganancia\ mensual = 728,46 \$}$$

4.3.1.8. Punto de equilibrio

El punto de equilibrio, conocido como el punto en el cual los ingresos igualan a los costos, permite identificar a partir de qué cantidad de venta de cerveza artesanal el pequeño emprendimiento comenzará a generar ganancias. Esto ayuda a determinar la viabilidad de la guía técnica.

Se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$PE = \frac{CFT}{1 - \frac{CVT}{VT}}$$

Donde:

Pe = Punto de equilibrio

CFT = Costos fijos totales, correspondiente a la inversión total del proyecto

CVT = Costos variables totales, correspondiente a los costos de producción anual

VT = Ventas totales estimadas al año

$$PE = \frac{5328,2}{1 - \frac{29138,4}{505,07}}$$

$$PE = 5422,18 \$$$

Se decide de manera discrecional un margen de beneficio del 0,30.

$$PE = 5422,18 * 30$$

$$PE = 1626,66 \$ \$$$

Según los resultados, se evidencia que el emprendedor debe alcanzar ventas por un total de 1626,66 \$ para llegar al punto de equilibrio deseado.

4.3.1.9. Utilidad neta

La utilidad neta permite determinar la ganancia económica que obtendrá la empresa, lo cual se calcula restando los ingresos de las ventas a los costos de producción asociados con la obtención del producto. Esta ganancia neta se proyecta a un período de 5 años para determinar cuándo se recuperará la inversión fija necesaria para establecer la línea de producción. Considerando los gastos, se prevé un ajuste del 2,5% anual a lo largo de los años, mientras que las ventas del producto se espera que aumenten en un 3%. Este ajuste propuesto se implementa como una medida preventiva para evitar posibles alteraciones en el mercado, como aumentos de precios o competencia. Por lo tanto, las ventas anuales planificadas se multiplican por 1,025, y los costos de las unidades vendidas por la pequeña industria por 1,03.

$$2,5\% + 100\% = 1,025$$

$$3\% + 100\% = 1,03$$

Tabla 4-16: Costos para la puesta en marcha del proyecto

Años Proyectados	2024	2025	2026	2027	2028
Ventas anuales (\$)	505,07	517,69	530,63	543,90	557,50
Costos de producción anual (\$)	29138,40	30012,55	30912,93	31840,32	32795,53
Utilidad neta o flujo de carga (\$)	28633,33	29494,86	30382,29	31296,42	32238,03

Realizado por: Paredes, S., 2024.

La tabla indica la utilidad neta para cada año proyectado, comenzando con un aumento de 530,00 \$ en 2024 y finalizando en 2027 con un residuo de 571,65 \$ en relación al año anterior. Estos datos representan un promedio de aumento monetario de 550,65 \$ cada año. Para evaluar la viabilidad del proyecto técnico del emprendimiento, se utilizan estos datos para calcular la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN).

4.3.1.10. VAN (Valor actual neto)

El Valor Actual Neto (VAN) representa la suma de todos los flujos de efectivo futuros descontados por la inversión inicial establecida, lo que permite evaluar la viabilidad económica del proyecto. El VAN se evalúa según los siguientes criterios:

VAN < 0, el proyecto genera pérdidas por lo que debería ser rechazado

VAN > 0, el proyecto es viable obteniendo ganancias

VAN = 0, el proyecto no genera ningún beneficio ni pérdidas

Para calcular el VAN, se utiliza la siguiente fórmula:

$$I = \frac{F}{(1 - i)^n}$$

Donde:

I = inversión de cada año

F = Flujo de caja estimado en cada año

i = tasa de interés que se exige a la inversión

La tabla 4-17 proporciona un resumen del cálculo del Valor Actual Neto, donde se asume una tasa de interés del 10% (0,10).

Tabla 4-17: Costos para la puesta en marcha del proyecto (VAN)

Año	Tiempo (n)	F: Flujo de caja (\$)	i: Interés (%)	Ecuación	I: Inversión (\$)
2024	0	28633,33	10	$I = \frac{F}{(1 - i)^n}$	28633,33
2025	1	29494,86	10		2681,35
2026	2	30382,29	10		251,09
2027	3	31296,42	10		23,51
2028	4	32238,03	10		2,20
Total				VAN	31591,49

Realizado por: Paredes, S., 2024.

El Valor Actual Neto (VAN) total es de 31591,49 \$. Esto indica que, a una tasa de interés del 10%, el proyecto genera un retorno positivo, lo que sugiere que la inversión inicial se recuperará

y se obtendrá un beneficio adicional de 31591,49 \$. El proyecto parece ser económicamente viable y rentable.

4.3.1.11. *TIR (Tasa interna de retorno)*

La Tasa Interna de Retorno (TIR), un indicador crucial para evaluar la viabilidad de un negocio, permite verificar si la tasa de retorno es superior a la tasa de interés estimada. Esto permite determinar si un proyecto de inversión generará ganancias o pérdidas, siguiendo los siguientes criterios:

TIR < i el proyecto es rechazo

TIR > i el proyecto es aceptado

TIR = i el proyecto indistinto

Así, el cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR) se realiza empleando Microsoft Excel, utilizando los datos de flujo de caja y sustrayendo la inversión inicial. Estos valores se introducen en Excel, arrojando los resultados siguientes:

Tabla 4-18: Costos para la puesta en marcha del proyecto

Parámetro	Unidad (\$)
Inversión inicial	-5328,2
Flujo de caja año 2024	28633,33
Flujo de caja año 2025	29494,86
Flujo de caja año 2026	30382,29
Flujo de caja año 2027	31296,42
Flujo de caja año 2028	32238,03
TIR	25,17%

Realizado por: Paredes, S., 2024.

Con estos datos introducidos, se alcanza una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 25,17%, la cual supera el umbral del 10% según los criterios establecidos. Por consiguiente, se puede inferir que el proyecto es viable y se puede proceder con su implementación.

4.3.1.12. *Validación del TIR*

Tabla 4-19: Comprobación del TIR

Año	Tiempo (n)	F: Flujo de caja (\$)	i: Interés	Ecuación	I: Inversión (\$)
2024	0	28633,33	25,17	$I = \frac{F}{(1 - i)^n}$	28633,33
2025	1	29494,86	25,17		1127,05
2026	2	30382,29	25,17		44,36
2027	3	31296,42	25,17		1,75
2028	4	32238,03	25,17		0,07
				TIR	29806,56

Realizado por: Paredes, S., 2024.

4.3.1.13. *Ciclo de recuperación*

Al calcular el ciclo de recuperación, se podrá identificar el período necesario para recuperar la inversión inicial, lo que permitirá observar los primeros beneficios derivados de la implementación del proyecto.

Tabla 4-20: Ciclo de recuperación del proyecto

Periodo (años proyectados)	Flujo de caja (I) (\$)	Flujo acumulado (\$)
0	-5328,20	-5328,20
1	28633,33	23305,13
2	29494,86	52799,99
3	30382,29	83182,29
4	31296,42	114478,70
5	32238,03	146716,73

Realizado por: Paredes, S., 2024.

El análisis de la tabla proporciona una representación clara del flujo acumulado a lo largo de los 5 años proyectados. Se observa que el flujo acumulado aumenta gradualmente con cada año, lo que indica que el proyecto está generando un rendimiento positivo con el tiempo. Además, al final del quinto año, el flujo acumulado alcanza un valor de 146716,73 \$, lo que sugiere que la inversión inicial se ha recuperado y se han obtenido ganancias adicionales. Este análisis refuerza la viabilidad del proyecto y muestra que está en camino de ser rentable a lo largo del tiempo.

Con estos valores se puede calcular el ciclo de recuperación (PDR), con la siguiente fórmula:

$$PDR = 1 + \frac{|\text{último flujo acumulado negativo}|}{\text{flujo de caja del año siguiente}}$$

$$PDR = 1 + \frac{|- 5328,20|}{28633,33}$$

$$PDR = 1,19$$

El cálculo del período de recuperación descontado (PDR) arroja un valor de 1,19, lo que indica que la inversión inicial de 5328,20\$ se recupera en aproximadamente 1 año y 2 meses.

4.3.1.14. *Beneficio del costo del proyecto técnico*

Para evaluar la viabilidad de la guía técnica para la implementación de la línea de producción, se siguen los siguientes criterios:

b/c < 1, se rechaza

b/c = 1, es indiferente

b/c > 1, se acepta

Por lo tanto, el cálculo del beneficio en relación al costo se realiza de la siguiente manera:

$$BC = \frac{BENEFICIO}{COSTO}$$

$$BC = \frac{146716,73}{29806,56}$$

$$BC = 4,92$$

El valor de la relación entre el beneficio y el costo es de 4,92, lo cual es mayor que 1. Por lo tanto, el proyecto técnico se considera viable para la elaboración de cerveza artesanal utilizando esta técnica.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se diseñó un proceso con el objetivo de elaborar cerveza artesanal utilizando como materias primas el arroz (*Oryza sativa*) y el chulco (*Oxalis pescaprae*). Este enfoque permitió mejorar las propiedades organolépticas de la bebida, así como brindar un producto con un valor nutricional adecuado que cumple con los estándares de calidad establecidos.
- Se caracterizó los componentes y beneficios en la que según búsqueda bibliográfica se determina que el arroz (*Oryza sativa*) se caracteriza por ser ovalado, de color blanco semitransparente, de tamaño pequeño, mediano, largo o silvestre, con sabores diferentes dependiendo del área donde se cultive, además se diferencia de otros cereales beneficia a personas celíacas. Por otra parte, el chulco (*Oxalis pescaprae*) se caracteriza por el valor nutricional que posee con respecto a proteínas, carbohidratos, grasa, fibra dietética, así también de sabores básicos como dulce, salado, ácido, amargo es así como es apta para el consumo humano y debido al aroma el aporte que brinda a la cerveza corresponde a un aroma herbal.
- Durante el proceso de diseño, se identificaron las variables críticas que influyen en la elaboración de la cerveza artesanal. Se destacan tres variables principales: temperatura, tiempo y pH. La temperatura, controlada meticulosamente en cada etapa del proceso, juega un papel crucial en la activación de enzimas y la evaporación adecuada del mosto. Es fundamental mantenerla a 67°C durante la maceración para la acción óptima de la enzima beta-amilasa, evitar altas temperaturas durante la cocción para prevenir pérdidas significativas de mosto y mantenerla a 21°C durante la fermentación. El tiempo, otro factor determinante, debe ser cuidadosamente administrado para evitar la formación de sabores indeseados en la cerveza durante la maceración y la cocción, así como para minimizar el riesgo de contaminación durante el enfriado. Finalmente, el pH, esencial para el desarrollo adecuado de la fermentación, debe ser controlado tanto en el mosto como en la cerveza final, con rangos específicos de 5-5,5 y 3,5-5 respectivamente.
- Se realizó los respectivos cálculos de ingeniería para el diseño del proceso de elaboración de cerveza artesanal considerando cada una de las etapas de producción de la cerveza; a la vez, mediante un balance general de masa para el proceso de molienda, considerando 5 kg de

materia prima (malta), para el proceso de maceración se considera una temperatura de 65° C por 90 minutos, 18 kg de mosto, y 5 kg de bagazo con 90% de humedad. Adicional a eso, se procede a la recirculación con un tiempo de 10 minutos. El proceso de lavado se desarrolló a la misma temperatura mencionada con un tiempo de 20 minutos considerando con el fin de recuperar el volumen inicial que se perdió en la etapa de maceración, obteniendo de nuevo un mosto de 20 kg. El cálculo de cocción se desarrolla a una temperatura de 91° C con un tiempo de 90min, logrando a tener un mosto de 18 kg, en la cocción se añadió chulco de 50 g, chulco de 60 g, chulco de 80g para obtener un mosto final caliente con estos adjuntos. El cálculo de masa para el enfriado se desarrolla a una temperatura de 23°C a un tiempo de 15 minutos, obteniendo un mosto frío de 18 kg. El cálculo fermentación y maduración se desarrolla a una temperatura de 21°C 7 días de fermentación y 14 días de maduración, obteniendo un mosto fermentado y madurado de 17 kg, con levadura 0,011 g. Finalmente la carbonatación y embotellamiento con mosto final frío de 17 kg, CO₂ y psi de 18, obteniendo la cerveza artesanal 17 kg lo que se traduce a 50 botellas de 330 ml. Cabe recalcar que estos pesos fueron obtenidos en laboratorio. Con estos pesos obtenidos en la práctica, se llevó a cabo un balance de energía para garantizar la eficiencia y calidad del producto final. En la etapa de maceración, se requieren 590,8 kJ de calor sensible para precalentar el agua a 30°C, y luego, durante el calentamiento hasta 65°C, se necesitan 2488,5 kJ adicionales. La evaporación de agua durante la maceración y cocción resulta en la pérdida de 1,31 kg y 1,90 kg de mosto, respectivamente. Posteriormente, en la etapa de cocción, se utilizan 1848,6 kJ para elevar la temperatura del mosto a 91°C. Durante el enfriado, se libera un total de -4834,8 kJ de energía sensible, con una pérdida adicional de -1,22 kg de vapor de mosto condensado. Finalmente, durante la fermentación y maduración, se pierden -134,3 kJ de energía sensible. Estos valores destacan la importancia de gestionar cuidadosamente el flujo de energía en cada etapa del proceso para obtener una cerveza de calidad.

- Se validó las pruebas físicas, químicas y microbiológicas de las tres formulaciones respectivamente, las cuales fueron obtenidas para asegurar la higiene y calidad del producto de mayor aceptación, donde se verificó el cumplimiento de todos los parámetros establecidos según la Norma NTE INEN 2262: 2013: bebidas alcohólicas. Cerveza, es decir todos los resultados no excedieron del límite. En los análisis de aceptabilidad llevados a cabo, el 80 % de las personas optaron por la formulación 3 de cerveza artesanal, debido a que no se utilizó malta, y con ingredientes como el arroz y hoja, flor y tallo de chulco, dio resultados de mejor agrado para los consumidores en cuanto al color, sabor y olor.

- Se efectuó el valor de venta de la cerveza artesanal se consideró en los costos de producción los costos de insumos (materia prima) teniendo como resultado un costo de producción para cada botella de 330 ml de \$ 2,10.

5.2. Recomendaciones

- Se aconseja en el proceso de elaboración de la cerveza una evaluación minuciosa de la calidad de la materia prima, con el fin de prevenir posibles discrepancias en la calidad de la misma.
- Es importante tener en cuenta el tiempo y la temperatura que se usan para hacer la mezcla, cocción, enfriamiento y fermentación, para no afectar negativamente el resultado final.
- Se destaca que en todo el proceso de producción y envase del producto se debe realizar mediante la utilización de las buenas prácticas de manufactura, así como la aplicación de una asepsia en todos los materiales y envases a utilizar, con el fin de prevenir la carga microbiana excesiva.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ARISTEU, J.; et al.** "Drinking Water Quality Surveillance Information System (SISAGUA)". *Profile of National Health Databases*, vol. 28, n° 1, (2019), (Brasilia). págs. 4-7.
2. **AVEIGA, J.** Diseño del proceso para la elaboración y comercialización de cerveza artesanal a base de cebada (*hordeum vulgare*) y centeno (*secale cereale*) con 3 concentraciones diferentes (Trabajo de titulación) (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Escuela de Ciencias, Ingeniería Química. Riobamba-Ecuador. 2022. págs. 36-41.
3. **BEERLAND.** *Lúpulo*. [blog]. Quito: 2021. [Consulta: 13 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.beerlandstore.com/93-lupulo>.
4. **BIBLE, C.** *Qué es el pH y cómo afecta al proceso de elaboración de cerveza*. [blog]. Cuenca: 2007. [Consulta: 15 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.thebeertimes.com/que-es-el-ph-y-como-afecta-al-proceso-de-elaboracion-de-cerveza/>
5. **BIGEON, G.; et al.** "Cervezas elaboradas artesanalmente: análisis de la normativa técnico-sanitaria vigente". *Analecta Veterinaria*, vol, 37, n° 2, (2017). pág. 16.
6. **BOE.** *Código Alimentario Español*. Madrid-España: Legislación Consolidada, 1967, pág. 114.
7. **BURINI, J.; et al.** "Levaduras no convencionales como herramientas de innovación y diferenciación en la producción de cerveza. *Revista Argentina de Microbiología* [en línea], 2021, vol. 53 (4), págs. 359-377. [Consulta: 15 noviembre 2023]. ISSN 03257541. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ram.2021.01.003>
8. **CARVAJAL, L. & INSUASTI, M.** Elaboración de cerveza artesanal utilizando elaboración de cerveza artesanal utilizando cebada (*hordeum vulgare*) y yuca (*manihot esculenta crantz*). (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ingeniería en Ciencias, Ingeniería Industrial. Ibarra-Ecuador. 2010. págs. 315-319.
9. **CERVECEROS.** *Cerveza Malteada*. [blog]. Quito, 2013. [Consulta: 10 diciembre 2023]. Disponible en: <https://somoscervceros.com/2013/08/20/charla-analisis-de-protocolos-de-cebada-malteada/>.

10. **CHALCO, S. & SALAZAR, R.** Diseño y construcción de un equipo de maceración como parte de una línea de proceso para la elaboración de cerveza artesanal. (Trabajo de titulación) (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química. Riobamba-Ecuador. 2021. págs. 7-33.
11. **CHAMBA, B. & OCHOA, A.** Elaboración de cerveza artesanal a partir de la mezcla de cebada, quinua y amaranto [en línea]. (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química, Ingeniería Química. Guayaquil-Ecuador. 2021. págs. 31-49. [Consulta: 7 diciembre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/2cffb193-98ef-421e-b02f-cc1ba3ae61f1/content>
12. **CHECA, C. & JURADO, F.** Mejoramiento de la calidad de la fibra de cabuya y su aplicación [en línea]. (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad técnica del norte, Ciencias aplicadas, Ingeniería textil. Ibarra-Ecuador. 2013. págs. 25-29 [Consulta: 7 diciembre 2023]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1051/1/04 IT 101 tesis 4.pdf>
13. **CISNEROS, M.I.** Producción de una cerveza artesanal tipo irish red ale utilizando levaduras y frutas nativas del Ecuador. (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad internacional SEK, Ingeniería y ciencias aplicadas, Biotecnología. Quito-Ecuador. 2023. págs. 88-100.
14. **COFEPRIS.** *Contaminación cruzada de los alimentos*. [blog]. México: Comisión general para la protección de riesgos, 2016. [Consulta: 3 diciembre 2023]. Disponible en: www.cofepris.gob.mx
15. **DÍAZ, D.** Elaboración de cerveza artesanal tipo ale, a partir de malta preparada con amaranto y otros cereales [en línea]. (Trabajo de titulación) (Pregrado). UDLA, Gastronomía. Quito-Ecuador. 2018. págs. 20-22. [Consulta: 18 noviembre 2023]. Disponible en: <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/10424/1/UDLA-EC-TTAB-2018-16.pdf>
16. **ESPINOZA, J.** *Evaluación sensorial de los alimentos*. El velado-Cuba: Universitaria, 2007. ISBN978-959-16-0539-9, págs. 41-52.
17. **EXPANSIÓN.** *Cerveza artesanal*. [blog]. México: Rubio, 2010. [Consulta: 20 diciembre 2023]. Disponible en: <https://expansion.mx/estilo/2010/11/24/cerveza-artesanal-el-secreto-de-mexico>.

18. **GALENCIAGO.** Equipo Cerveza Artesanal 50 Litros, Ollas Acero Inoxidable. *Mercado libre* [en línea]. 2024. [Consulta: 29 abril 2024]. Disponible en: https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-517940067-equipo-cerveza-artesanal-50-litros-ollas-acero-inoxidable-_JM#position=1&search_layout=grid&type=item&tracking_id=40d4ed6b-4c0f-465e-a2b4-cd32aafc989f
19. **GALLARDO, I.; et al.** "Producción de bebidas usando sorgo malteado como materia prima para enfermos celiacos". *Avances en Ciencias e Ingeniería* [en línea], 2013, vol. 4 (1), (Chile), págs. 61-74. [Consulta: 14 noviembre 2023]. ISSN: 0718-8706. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=323627689006>
20. **GARCIA, K.** Elaboración de cerveza artesanal a partir de almidón extraído de tubérculos andinos [en línea]. (Trabajo de titulación) (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Bioquímica y Farmacia. Riobamba-Ecuador. 2015. págs. 1-69. [Consulta: 14 noviembre 2023]. Disponible en: http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3949/1/56T00521_UDCTFC.pdf
21. **GESA, L.** *Catálogo general termómetros*. Alemania: Ediciones Industriales, 2022, pág. 8.
22. **GONZÁLEZ, M.R.** *Principios de elaboración de las cervezas artesanales* [en línea]. USA: Lulu Enterprises. 2017. pág. 27. [Consulta: 14 noviembre 2023]. Disponible en: <https://docplayer.es/68033878-Principios-de-elaboracion-de-las-cervezas-artesanales.html>
23. **GUERBEROFF, G.; et al.** "El perfil sensorial de la cerveza como criterio de calidad y aceptación". *Nexo Agropecuario* [en línea], 2020, vol.8(1), págs. 52-59. [Consulta: 14 noviembre 2023]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Gk_Guerberoff/publication/342693740_EL_PERFIL_SENSORIAL_DE_LA_CERVEZA_COMO_CRITERIO_DE_CALIDAD_Y_ACEPTACION/links/5f01047692851c52d619ab6d/EL-PERFIL-SENSORIAL-DE-LA-CERVEZA-COMO-CRITERIO-DE-CALIDAD-Y-ACEPTACION.pdf
24. **INSTALL BEER.** *¿Qué son los IBUs en la cerveza?* [blog]. Barcelona: INSTALL BEER, 2019. [Consulta: 14 noviembre 2023]. Disponible en: <https://installbeer.com/blogs/diariocerveceros/que-son-los-ibus-cerveza>
25. **LANDIVAR, E.** *Diseño industriales*. Estados Unidos: Mc Ind Machine, 2013. pág. 1.

26. **MERCHÁN, B. & HINOJOSA, M.** “Futuro de la cerveza artesanal en el desarrollo turístico: Motivaciones y Barreras en Pichincha, Ecuador”. *POCAIP* [en línea], 2021, vol.7(3), págs. 163-187. [Consulta: 14 noviembre 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.23857/dc.v7i3.1987>
27. **MONTAÑO, M.** “Estudio de la aplicación de Azolla Anabaena como bioabono en el cultivo de arroz en el Litoral ecuatoriano”. *Revista Tecnológica - ESPOL* [en línea], 2005, vol. 18(1), págs. 1-5. ISSN 1390-3659. [Consulta: 14 noviembre 2023]. Disponible en: <http://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/240>
28. **MUNDO CERVEZAS.** *Densidad de la cerveza.* [blog]. S.l.: 2019. [Consulta: 14 noviembre 2023]. Disponible en: <https://mundocervezas.com/densidad-de-la-cerveza/>
29. **NTE INEN 1234.** *Granos y cereales. Arroz pilado. Requisitos.*
30. **NTE INEN 2262.** *Bebidas alcohólicas. Cerveza. Requisitos.*
31. **OKAFOR, N.** *Modern Industrial Microbiology and Biotechnology.* USA: Science Publishers. 2007. págs. 4-55.
32. **OMAR, A.** “Estudio de la flor del chulco (*oxalis pes-caprae*) como producto andino para uso gastronómico, comunidad teligote provincia de Tungurahua”. *UNIANDÉS.* Vol. 1, n°1, (2019), pág. 25. ISSN 1098-6596.
33. **OSHEA, P.** *Motor Control Drivers - Power Electronics News.* [blog]. [Consulta: 12 mayo 2024]. Disponible en: <https://www.powerelectronicsnews.com/motor-control-drivers/>
34. **OSPINA, J. & PINTO, J.** “Estudio de factibilidad para crear una empresa productora y distribuidora de cerveza artesanal a base de arroz en Bogotá”. *Journal of Chemical Information and Modeling.* Vol. 1, n°1, 2016. págs. 1689-1699. ISSN 1098-6596.
35. **POZO, J.** Diseño de un sistema de gestión de inocuidad para la microempresa de cerveza artesanal Centinela Norteña ubicada en la ciudad de Tulcán [en línea]. (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales. Tulcán-Ecuador. 2022. págs. 2003-2005. [Consulta: 14 noviembre 2023]. Disponible en: <http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/1526/1/067-%20POZO%20ROSERO%20JENNIFER%20MILENA.pdf>

36. **QUESADA, J.** *Tecnología de bebidas alcohólicas*. España: Universidad de Granada. 2019. págs. 1-9.
37. **RESTREPO, J.** *Código Api 650 Y 653*. [En línea]. Estados Unidos: Asme, 2019, [Consulta: 12 mayo 2024]. Disponible en: www.hidrocarburos.com.co.
38. **RODARTE, C.** “La biotecnología alimentaria antigua: los alimentos fermentados”. *Revista Digital Universitaria* [en línea]. 2014. págs. 2-14. [Consulta: 14 noviembre 2023]. ISSN 1607-6079. Disponible en: <http://www.revista.unam.mx/vol.15/num8/art64/>
39. **ROMERO, A.** *Termodinámica*. [en línea]. Chile: USACH. 2017. [Consulta: 13 noviembre 2023]. Disponible en: http://ambiente.usach.cl/jromero/imagenes/Steam_table.pdf
40. **SORIA, J.** Diseño de un proceso industrial para la elaboración de cerveza artesanal a base de cebada (*hordeum vulgare*) y cacao de fino aroma (*Theobroma Cacao*) [en línea]. (Trabajo de titulación) (Pregrado). Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Facultad de Ciencias, Ingeniería Química. 2017. págs. 1-13. [Consulta: 14 noviembre 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6593/1/96T00387.PDF>
41. **TOLEDO, S.; et al.** “Diseño del proceso productivo de cerveza artesanal y emprendimiento de una microcervecería para la producción de 300 litros por día”. *22nd International Congress on Project Management and Engineering*. 2018. págs. 35-48.
42. **VELASTEGUI, E.X.** Estudio de factibilidad para la creación de una microempresa, dedicada a la elaboración de cerveza artesanal de fermentación alta, saborizada con café orgánico (*Coffea arabica*) y envasado con Carbonatación forzada, en el cantón Quito, provincia de Pichincha [en línea]. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Ambato-Ecuador. 2023. págs. 88-100. [Consulta: 14 noviembre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/37925/1/CAL050.pdf>
43. **WARREN L. et al.** *Operaciones unitarias en ingeniería química*. Estados Unidos: Chem. Inf. Model, 2013, pp. 1689–1699.
44. **YEPES, D.** “Caracterización y análisis organoléptico de la cerveza artesanal tipo radler fabricada a partir de limón Tahití”. *Universidad de los Andes* [en línea], 2021, Vol. 1(1), págs. 1-29. [Consulta: 14 noviembre 2023]. Disponible en:

<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/55067/26041.pdf?sequence=1&is>

Allowed=y



ANEXOS

ANEXO A: MATERIA PRIMA UTILIZADA EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA

a)



b)



NOTAS:

- a. Arroz
- b. Chulco

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

- Aprobado
- Certificado
- Información
- Preliminar
- Por aprobar
- Por calificar

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA
 ELABORADO POR:
 Paredes Cuenca Sommer Carolina

TEMA
 “DISEÑO DE UN PROCESO PARA ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL A BASE DE ARROZ (*Oryza Sativa*) Y CHULCO (*Oxalis PesCaprae*)”

LÁMINA	ESCALA	FECHA
1	1:1	/02/2024

ANEXO B: MOLIENDA, COCCIÓN Y FERMENTACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL

c)



d)



e)



<p>NOTAS:</p>			<p>TEMA</p>		
<p>c. Molienda de materia prima d. Cocción de materia prima e. Fermentación</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</p> <p><input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Paredes Cuenca Sommer Carolina</p>	<p>“DISEÑO DE UN PROCESO PARA ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL A BASE DE ARROZ (<i>Oryza Sativa</i>) Y CHULCO (<i>Oxalis PesCaprae</i>)”</p>		
			<p>LÁMINA</p>	<p>ESCALA</p>	<p>FECHA</p>
			<p>2</p>	<p>1:1</p>	<p>13/12/2023</p>

ANEXO C: EQUIPOS UTILIZADOS

f)



g)



h)



NOTAS:

- f. Olla de hervido
- g. Molino
- h. Fermentador

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

- Aprobado
- Certificado
- Información
- Preliminar
- Por aprobar
- Por calificar

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA
 ELABORADO POR:
 Paredes Cuenca Sommer Carolina

TEMA

“DISEÑO DE UN PROCESO PARA ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL A BASE DE ARROZ (*Oryza Sativa*) Y CHULCO (*Oxalis PesCaprae*)”

LÁMINA

ESCALA

FECHA

3

1:1

13/12/2023

ANEXO D: ENVASADO Y PRODUCTO FINAL

i)



j)



NOTAS:

- i. Envasado
- j. Producto final

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

- Aprobado
- Certificado
- Información
- Preliminar
- Por aprobar
- Por calificar

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA
 ELABORADO POR:
 Paredes Cuenca Sommer Carolina

TEMA

“DISEÑO DE UN PROCESO PARA ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL A BASE DE ARROZ (*Oryza Sativa*) Y CHULCO (*Oxalis PesCaprae*)”

LÁMINA

ESCALA

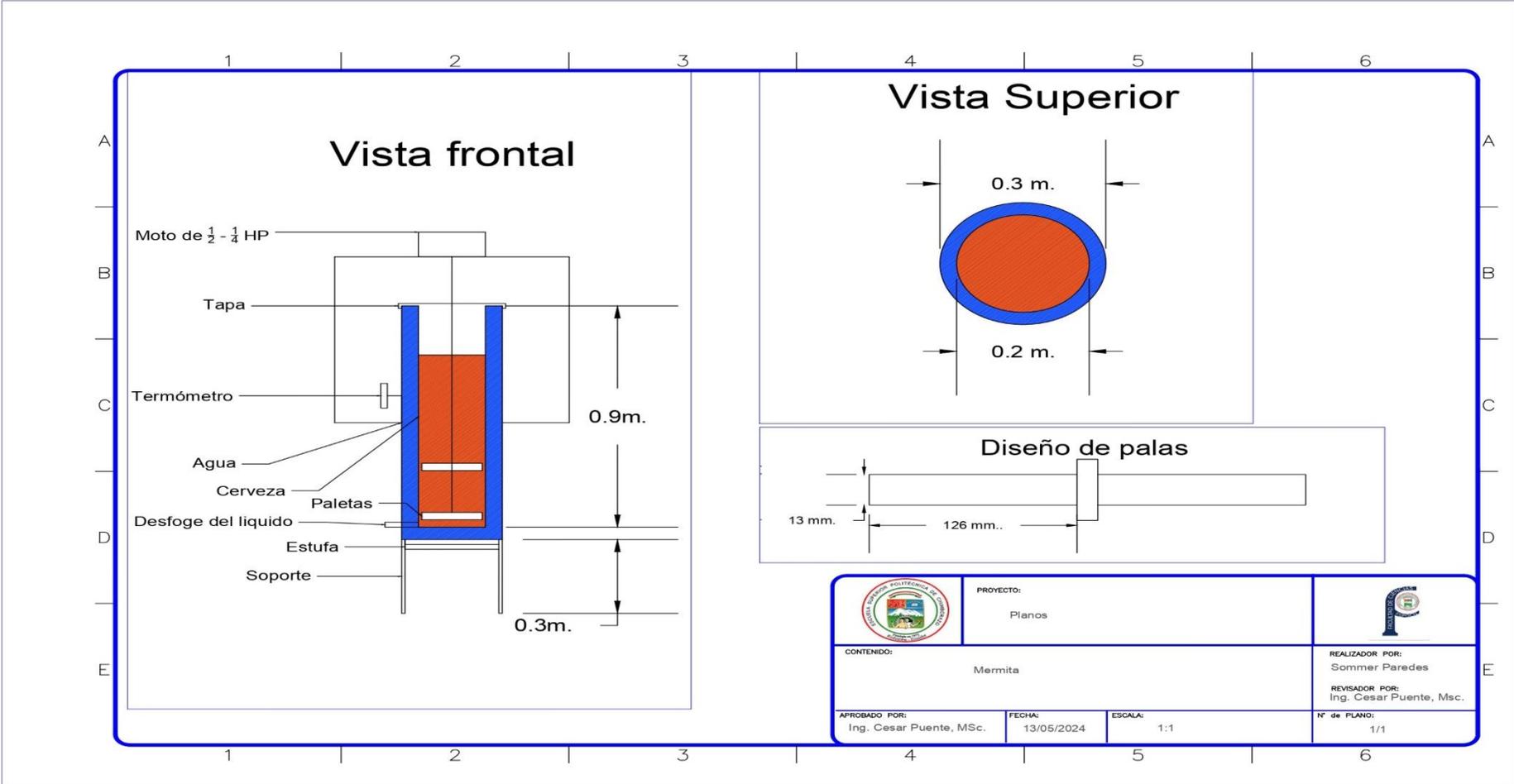
FECHA

3

1:1

15/01/2024

ANEXO E: DISEÑO DE MARMITA



	PROYECTO: Planos	
	CONTENIDO: Mermita	
APROBADO POR: Ing. Cesar Puente, MSc.	FECHA: 13/05/2024	ESCALA: 1:1
		REALIZADOR POR: Sommer Paredes REVISADOR POR: Ing. Cesar Puente, Msc.
		N° de PLANO: 1/1

ANEXO F: RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS



INFORME DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

ANÁLISIS SOLICITADO POR: Srta. Sommer Paredes
TIPO DE MUESTRA: Cerveza artesanal a base de arroz y chulco
FECHA DE ANÁLISIS: 21 de enero del 2024
PROCEDENCIA: Cantón Riobamba

EXAMEN FÍSICO

ATRIBUTO	Descripción
Color	Amarillo intenso
Sabor	Característico agradable
Aspecto	Líquido ligeramente turbio con presencia de gas

DETERMINACIONES	UNIDADES	MÉTODO DE ANÁLISIS	VALORES DE REFERENCIA	RESULTADOS
pH		INEN-2 325	3.5 – 5.0	4.8
Grado alcohólico	% (v/v)	INEN-2 322	Min. 2.0	5.0
Acidez Total (exp. como ácido Láctico)	%(m/m)	INEN-2 323	Max. 0.3	0.24
Zinc	mg/L	INEN-2 328	Max. 1.0	0.4
Hierro	mg/L	INEN-2 326	Max. 0.2	0.2
Cobre	mg/L	INEN-2 327	Max. 1.0	0.7
Plomo	mg/L	INEN-2 330	Max. 0.1	< 0.01
Arsénico	mg/L	INEN-2 329	Max. 0.1	0.004
Mohos y Levaduras	UFC/mL	INEN 1529-10	Max. 10	< 10
Aerobios mesófilos	UFC/mL	INEN 1529-5	Max. 10	< 10

RESPONSABLE:

Dra. Gina Álvarez R.



El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo; el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.

*La muestra fue receptada en laboratorio.

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid
Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322
Saqmic Laboratorio
Riobamba - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

INF.LASA-29-01-24 RS 0224
ORDEN DE TRABAJO No. 24-592

INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR EL CLIENTE		
SOLICITADO POR: SOMMER CAROLINA PAREDES CUENCA		DIRECCIÓN: ALAUSÍ
TELÉFONO/FAX: 0959566426	TIPO DE MUESTRA: ALIMENTO	PROCEDENCIA: MICRO CERVECERÍA
IDENTIFICACIÓN: CERVEZA ARTESANAL A BASE DE ARROZ Y CHULCO		
FE: 20-11-2023 FV: 20-11-2024 LOTE: 1		

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO			
MUESTREO POR:	SOLICITANTE	FECHA DE MUESTREO: -	INGRESO AL LABORATORIO: 24/01/2024
FECHA DE ANÁLISIS:	24-26/01/2024	FECHA DE ENTREGA:	29/01/2024
CÓDIGO DE MUESTRA:	24-1527	REALIZACIÓN DE ENSAYOS: LABORATORIO	NÚMERO DE MUESTRAS: Una (1)
			CÓDIGO INICIAL: MI

ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	VALORES DE REFERENCIA	INCERTIDUMBRE U (k=2)	MÉTODO DE ENSAYO
1	CARBONATACIÓN	L CO ₂ /L bebida	2,6	Mín. 2,2 Máx. 3,5	-	PEE.LASA.BR.02 GRAVIMÉTRICO

Declaración de cumplimiento: El producto analizado CUMPLE con el parámetro analizado en base a la Norma INEN 2262:2013 Bebidas alcohólicas. Cerveza

Q.A. VANESSA RENTERÍA
JEFE DE DEPARTAMENTO

Elaborado por: Johanna Mendoza

Prohibida la reproducción parcial por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio.

LASA se responsabiliza exclusivamente del resultado correspondiente a los ensayos en la muestra recibida en el laboratorio, por el contrario no se responsabiliza de la información proporcionada por el cliente asociada a la muestra así como sus datos descriptivos

El laboratorio se compromete con la Imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (la aceptación de este informe implica la aceptación de la política relativa al tema y declarada en www.laboratoriolasa.com).

Los criterios de conformidad serán emitidos solamente si el cliente lo solicita por escrito.

Matriz Quito: Juan Ignacio Pareja Oe5-97 y Simón Cárdenas
Telf.: 593 2290815 Guayaquil - Cuenca - Zamora - Manta
www.laboratoriolasa.com

Monitoreo Ambiental Telf.: 099 831 8837
Control de Calidad Telf.: 099 597 1 561
Notificación Sanitaria Telf.: 099 923 6287



@Laboratoriolasa



@laboratoriolasa



laboratoriolasa



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 03/06/2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Sommer Carolina Paredes Cuenca
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Química
Título a optar: Ingeniera Química
 Ing. Cesar Arturo Puente Guijarro, PhD. Director del Trabajo de Integración Curricular
 Ing. Katherine Gissel Tixi Gallegos, MsC. Asesora del Trabajo de Integración Curricular