

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA QUIMICA



TESIS

**ELABORACION DE ALCOHOL DESINFECTANTE A PARTIR DEL RESIDUO
LIQUIDO DE LA FERMENTACION DE CERVEZA**

Presentado por:

**Br. PABLO ALBERTO MENDOZA INTUSCA
PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERIO QUIMICO**

Asesor:

Ing. WASHINGTON JULIO LECHUGA CANAL

Co-Asesor:

Dr. BALTAZAR NICOLAS CACERES HUAMBO

CUSCO – PERÚ

2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro. CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, asesor del trabajo de investigación/tesis titulado: ELABORACIÓN DE ALCOHOL DESINFECTANTE A PARTIR DEL RESIDUO LÍQUIDO DE LA FERMENTACIÓN DE CERVEZA

presentado por: PABLO ALBERTO MENDOZA INTUSCA

con Nro. de DNI: 43192801, para optar el título profesional/grado académico de Ingeniero Químico

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 01 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del *Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC* y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 1%

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** la primera hoja del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 07 de agosto de 2023


Firma
Post firma Washington Julio Lechuga Canal
Nro. de DNI 23801349

ORCID del Asesor 0000-0003-1967-1720

ORCID: 0009-0005-4702-5605 → Caceres Huambo, Baltazar N.
DNI: 23879771

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid:27259:251081333

NOMBRE DEL TRABAJO

**TESIS Elaboracion alcohol desinfectante
residuo liquido fermentacion cerveza.pdf**

AUTOR

PABLO ALBERTO MENDOZA INTUSCA

RECUENTO DE PALABRAS

25376 Words

RECUENTO DE CARACTERES

138292 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

112 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

3.0MB

FECHA DE ENTREGA

Aug 6, 2023 9:38 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Aug 6, 2023 9:40 AM GMT-5**● 1% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base

- 1% Base de datos de Internet
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Cros:
- 1% Base de datos de trabajos entregados

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 20 palabras)
- Bloques de texto excluidos manualmente

PRESENTACION

SEÑOR DECANO DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA QUIMICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS Y SEÑORES MIEMBROS DEL JURADO.

De conformidad con el Estatuto Universitario y el Reglamento de Grados y Títulos vigentes de la escuela Profesional de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería de Procesos con el propósito de optar al Título Profesional de Ingeniero Químico, se pone a consideración el trabajo de Tesis intitulado:

“ELABORACION DE ALCOHOL DESINFECTANTE A PARTIR DEL RESIDUO LIQUIDO DE LA FERMENTACION DE CERVEZA”

El presente trabajo tuvo como finalidad obtener alcohol desinfectante a 70 %v/v Gay Lussac a partir del residuo líquido de la fermentación de cerveza. Para la elaboración de este trabajo se tuvieron en cuenta las normas, guías, métodos y procedimientos de la OMS, para elaborar un producto desinfectante.

Deseando que el trabajo sea de utilidad para todos aquellos que puedan ser beneficiados con el resultado y de manera muy especial para los procedimientos de seguridad de desinfección, dejo a disposición de los docentes miembros del jurado.

Br. Pablo Alberto Mendoza Intusca

DEDICATORIA

A mis padres, Pablo y Alberta, visionarios en la formación de ciudadanos y profesionales que hoy día somos sus hijos. Que me dieron todo lo que soy como persona, mis valores y principios, y todo ello con gran amor y afecto.

A mis amados hijos, Pablo Hared y Hefziba Kiara, que son los máspreciado que Dios me dio y a mi esposa Yanet por su compañía y apoyo incondicional para lograr este objetivo. Dios bendiga siempre a todos ellos.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Dr. Baltazar Nicolás Cáceres Huambo por su invaluable guía y apoyo durante mi investigación de tesis. Sus conocimientos, paciencia y sabiduría han sido fundamentales para completar este proyecto.

Agradezco al Ing. Washington Julio Lechuga Canal por su tiempo, dedicación y orientación en guiarme a lo largo de mi tesis. Su experiencia y compromiso con mi éxito académico han sido inspiradores.

Quiero agradecer a mi esposa, Ing. Yanet Aucchahuaqui Torres, por su apoyo inquebrantable en mi tesis. Su paciencia, comprensión y aliento han sido fundamentales para mantenerme enfocado y motivado a lo largo de este proyecto.

Agradezco a mis padres por invertir en mi educación. Su compromiso y sacrificio para que yo pudiera tener una profesión, me ha permitido alcanzar mis metas y sueños, y estoy muy agradecido por su amor y apoyo incondicional.

A los docentes por sus palabras sabias, sus conocimientos, a ustedes mis profesores queridos, les debo mis conocimientos. Donde quiera que vaya, los llevaré conmigo en mí transitar profesional. Su semilla de conocimientos, germinó en el alma y el espíritu. Gracias por su paciencia, por compartir sus conocimientos de manera profesional e invaluable, por su dedicación perseverancia y tolerancia.

A mis amigos y compañeros de viaje, hoy culminan esta maravillosa aventura y no puedo dejar de recordar cuantas tardes y horas de trabajo nos juntamos a lo largo de nuestra formación. Hoy nos toca cerrar un capítulo maravilloso en esta historia de vida y no puedo dejar de agradecerles por su apoyo y constancia, al estar en las horas más difíciles, por compartir horas de estudio. Gracias por estar siempre allí.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tecnológica tuvo como finalidad la caracterización, recuperación del alcohol etílico y la elaboración de alcohol desinfectante a partir del residuo líquido de la fermentación de cerveza. La metodología consistió para la caracterización en la toma de 8 muestras cada una de un litro, para los análisis respectivos como la temperatura, pH, densidad, grado alcohólico; en la recuperación del alcohol etílico se utilizó los procesos de destilaciones, rectificación y purificación; y en la elaboración de alcohol desinfectante por diluciones de alcohol, agua desmineralizada y la incorporación de humectante para el cuidado de la piel como la recomienda la OMS para la desinfección de manos y superficies en general.

Como resultados de la caracterización del residuo líquido se obtuvo el grado alcohólico de 5.5 % v/v, densidad 1014 kg/m³, pH 5.21 y temperatura 6.15 °C en promedio; en la recuperación del alcohol etílico, de 10000 litros del residuo líquido de volumen inicial, se obtuvo en la primera destilación 964 litros con 50% v/v, en la segunda destilación 540 litros con 85% v/v, en la rectificación 420 litros con 95% v/v y en la purificación 419 litros con 95% v/v de grado alcohólico; y en la elaboración del alcohol desinfectante se obtuvo 570 litros de 70 % v/v de la combinación de 419 litros de alcohol etílico de 95 % v/v, 150 litros de agua destilada y 2095 g de glicerina como humectante.

Se concluye la investigación tecnológica, con la elaboración del alcohol desinfectante con mejores características que otras marcas, resaltado por la capacidad humectante propio del lúpulo, también por el valor añadido a la economía circular de la región y una de las alternativas de dar solución al residuo generado por la industria cervecera.

Palabras clave: *Etanol, cervecería, destilación de residuos, alcohol de desinfección, Gold Puma Distillery.*

ABSTRACT

The purpose of this technological research work was the characterization, recovery of ethyl alcohol and the preparation of disinfectant alcohol from the liquid residue of beer fermentation. The methodology consisted for the characterization in the taking of 8 samples each one of a liter, for the respective analyzes such as temperature, pH, density, alcoholic degree; in the recovery of ethyl alcohol, the distillation, rectification and purification processes were used; and in the preparation of disinfectant alcohol by dilutions of alcohol, demineralized water and the incorporation of moisturizer for skin care as recommended by the OMS for the disinfection of hands and surfaces in general.

As results of the characterization of the liquid residue, the alcoholic degree of 5.5% v/v, density 1014 kg/m was obtained.3, pH 5.21 and temperature 6.15 °C on average; In the recovery of ethyl alcohol, from 10,000 liters of the initial volume liquid residue, 964 liters with 50% v/v were obtained in the first distillation, in the second distillation 540 liters with 85% v/v, in the rectification 420 liters with 95% v/v and in the purification 419 liters with 95% v/v of alcoholic degree; and in the preparation of the disinfectant alcohol, 570 liters of 70% v/v were obtained from the combination of 419 liters of 95% v/v ethyl alcohol, 150 liters of distilled water and 2095 g of glycerin as a humectant.

The technological research is concluded, with the elaboration of the disinfectant alcohol with better characteristics than other brands, highlighted by the moisturizing capacity of the hops, also by the added value to the circular economy of the region and one of the alternatives to solve the waste generated by the brewing industry.

Keywords: *Ethanol, brewery, distillation waste, disinfection alcohol, Gold Puma Distillery*

INDICE

1.	CAPITULO I	1
1.1.	Introducción.....	1
1.2.	Planteamiento del problema:.....	3
1.2.1.	Situación problemática.....	3
1.2.2.	Formulación de problemas.....	4
1.3.	Objetivos de la investigación	4
1.3.1.	Objetivo general.....	4
1.3.2.	Objetivos específicos	4
1.4.	Justificación de la investigación.....	5
2.	CAPITULO II	6
2.1.	Antecedentes de la investigación	6
2.2.	Bases teóricas	8
2.2.1.	La ingeniería química y el desarrollo sostenible.....	8
2.2.2.	Industria cervecera	9
2.2.3.	Producción de cerveza en el Perú.	9
2.3.	Materias primas empleadas en la elaboración de cerveza.....	10
2.3.1.	Cebada.....	11
2.3.2.	Lúpulo.....	11
2.3.3.	Levadura	12
2.3.4.	Agua.....	13
2.4.	Fermentación.....	13
2.5.	La Cerveza	14
2.5.1.	pH.....	15
2.5.2.	Densidad	15
2.5.3.	Temperatura	16

2.5.4.	Porcentaje de alcohol en la cerveza	16
2.6.	Proceso de fabricación de cerveza.....	17
2.6.1.	Producción de mosto.....	17
2.6.2.	Fermentación.....	17
2.6.3.	Maduración	17
2.6.4.	Filtración.....	17
2.6.5.	Envasado.....	17
2.7.	Residuos líquidos y sólidos generados en la industria.....	18
2.7.1.	Subproductos de la industria cervecera.....	20
2.8.	Destilación de mezclas de alcohol y agua.....	22
2.8.1.	Punto Azeotrópico	24
2.9.	Economía circular.....	25
2.10.	Normas para el desecho de residuos industriales	26
2.11.	Alcohol desinfectante	27
2.11.1.	El alcohol como antiséptico de uso clínico	28
2.12.	Planta de procesamiento de Gold Puma Distillery S.A.C.	29
3.	CAPITULO III	32
3.1.	MATERIALES Y MÉTODOS	32
	Materiales.....	33
	Instrumentos y equipos.	33
3.1.1.	Muestra y muestreo.....	36
3.2.	Caracterización del residuo líquido.....	37
3.2.1.	Determinación de la Temperatura del residuo líquido.....	38
3.2.2.	Determinación de pH del residuo líquido.	39
3.2.3.	Determinación de la densidad del residuo líquido.....	40
3.2.4.	Determinación del grado alcohólico del residuo líquido.....	41
3.3.	Recuperación de alcohol etílico del residuo líquido.....	42
3.3.1.	Recepción y control del residuo líquido.	45

3.3.2.	Primera destilación del residuo líquido.....	46
3.3.3.	Segunda destilación del residuo líquido de la fermentación de cerveza.....	48
3.3.4.	Rectificación del alcohol del residuo líquido.....	51
3.3.5.	Adsorción de lecho fijo y filtración del alcohol etílico.....	53
3.3.6.	Control de calidad del alcohol etílico	55
3.4.	Elaboración de alcohol desinfectante.....	56
3.3.1.	Procedimiento en la elaboración de alcohol desinfectante	57
3.4.2.	Disposición de alcohol desinfectante de 70 % V/V como producto final ..	58
4.	CAPITULO IV	59
4.1.	Características del residuo líquido.....	59
4.1.1.	Temperatura del residuo.	59
4.1.2.	pH.....	60
4.1.3.	Densidad.	62
4.1.4.	Contenido de alcohol.	63
4.2.	Recuperación de alcohol etílico del residuo líquido.....	65
4.2.1.	Primera destilación.....	68
4.2.2.	Segunda destilación.	71
4.2.3.	Rectificación del alcohol.....	74
4.2.4.	Adsorción por lecho fijo del alcohol.....	78
4.2.5.	Control de calidad del alcohol etílico	79
4.3.	Elaboración de alcohol desinfectante.....	81
5.	CONCLUSIONES	84
6.	RECOMENDACIONES.....	85
7.	BIBLIOGRAFIA.....	86
8.	ANEXOS	92

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Información de ventas de Backus</i>	10
Tabla 2: <i>Fechas de los muestreos</i>	37
Tabla 3: <i>Caracterización del residuo líquido</i>	37
Tabla 4: <i>Métodos de análisis</i>	38
Tabla 5: <i>Fecha de la recuperación de alcohol etílico</i>	45
Tabla 6: <i>Hoja de control del proceso de la primera destilación batch de 5000 litros</i>	47
Tabla 7: <i>Hoja de control del proceso de segunda destilación</i>	49
Tabla 8: <i>Hoja de control de los parámetros físico-químicos para la rectificación</i>	52
Tabla 9: <i>Características físico-químicas de entrada y salida del alcohol etílico por el equipo de adsorción de lecho fijo y microfiltración</i>	54
Tabla 10: <i>Comparación del alcohol etílico del residuo líquido con otras marcas de alcoholes del mercado.</i>	55
Tabla 11: <i>Insumos para la elaboración de alcohol desinfectante de 70 %V/V</i>	56
Tabla 12: <i>Control de calidad del alcohol desinfectante</i>	58
Tabla 13: <i>Características del residuo líquido</i>	59
Tabla 14: <i>Resultados de la recuperación del alcohol etílico</i>	65
Tabla 15: <i>Datos de las líneas del diagrama de flujo de proceso de la obtención del alcohol etílico</i>	66
Tabla 16: <i>Datos del proceso de la primera destilación.</i>	69
Tabla 17: <i>Datos del proceso de la segunda destilación.</i>	72
Tabla 18: <i>Proceso de la rectificación del alcohol</i>	76
Tabla 19: <i>Características físico-químicas del alcohol etílico desodorizado</i>	79
Tabla 20: <i>Comparación de parámetro físico-químicos del alcohol etílico obtenido del residuo líquido con otras marcas.</i>	80
Tabla 21: <i>Materia prima e insumos para la elaboración de alcohol desinfectante</i>	82
Tabla 22: <i>Control de calidad del alcohol desinfectante</i>	83

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: α -ácidos y β -ácidos	12
Figura 2: Diagrama de Flujo del proceso de manufactura de cerveza	18
Figura 3: Reciclaje de levadura de cerveza gastada	21
Figura 4: Destilación flash.....	23
Figura 5: Destilación simple diferencial o por cargas.....	24
Figura 6: Azeótropo de etanol - agua	25
Figura 7: Economía Lineal vs Economía Circular	26
Figura 8: Diagrama de producción de Gold Puma Distillery SAC.....	31
Figura 9: Ubicación de la empresa Gold Puma Distillery SAC.....	32
Figura 10: balanza	34
Figura 11: equipo de destilación de laboratorio	34
Figura 12: Kit de dureza hanna.....	35
Figura 13: pH digital	35
Figura 14: termómetro infrarrojo digital.....	35
Figura 15: termómetro de vidrio.....	35
Figura 16: kit de σ y TDS.....	35
Figura 17: alcoholímetro	35
Figura 18: centrifugadora digital	36
Figura 19: alcoholímetro de laboratorio	36
Figura 20: Termómetro de vidrio en el residuo líquido.....	39
Figura 21: pH digital en el residuo líquido	40
Figura 22: Determinación de la densidad del residuo líquido	41
Figura 23: Equipo de destilación con el residuo líquido.....	42
Figura 24: Diagrama de proceso de recuperación de alcohol etílico a partir del residuo líquido en la planta de Gold Puma Distillery.....	43
Figura 25: Diagrama de flujo del proceso de recuperación de alcohol etílico a partir del residuo líquido.....	43
Figura 26: Tanque de almacenamiento del residuo líquido de 5000 litros.....	46

Figura 27: <i>Equipo de destilador batch de 5000 litros, a) vista lateral, b) vista superior, c) vista de profundidad</i>	48
Figura 28: <i>Equipo de destilador de 500 litros de vista frontal, vista del sistema de enfriamiento y vista del calderín</i>	50
Figura 29: <i>Equipo de rectificador de 300 litros. vista del calderín, vista de la columna de platos y rellenos, vista del sistema de enfriamiento</i>	53
Figura 30: <i>Columna de adsorción de lecho fijo y carbón activo vegetal</i>	54
Figura 31: <i>Diagrama para la elaboración de alcohol desinfectante</i>	57
Figura 32: <i>Variación de la temperatura de las muestras del residuo líquido</i>	60
Figura 33: <i>Variación del pH de las muestras del residuo líquido</i>	61
Figura 34: <i>Relación de pH con respecto a la temperatura</i>	62
Figura 35: <i>Variación de la densidad</i>	62
Figura 36: <i>Variación del grado alcohólico</i>	64
Figura 37: <i>Relación de densidad con respecto al contenido de alcohol</i>	64
Figura 38: <i>Balace de materia volumétrica de la recuperación de alcohol etílico del residuo líquido.</i>	67
Figura 39: <i>Volumen y porcentaje de alcohol obtenido en la primera destilación.</i>	70
Figura 40: <i>Variación del flujo, Temperatura y % de alcohol en proceso de la primera destilación.</i>	71
Figura 41: <i>Volumen y Porcentaje de alcohol obtenido en la segunda destilación</i>	73
Figura 42: <i>Flujo volumétrico / Temperatura / porcentaje de alcohol en proceso de la segunda destilación</i>	74
Figura 43: <i>Volumen y Porcentaje de alcohol etílico de la rectificación</i>	75
Figura 44: <i>Flujo volumétrico / Temperatura / Presión nanométrica / % de alcohol</i>	78
Figura 45: <i>Alcohol de 95% v/v Gay Lussac de las marcas 1 y 2</i>	81
Figura 46: <i>Diagrama de proceso de elaboración de alcohol desinfectante.</i>	82

CAPITULO I

1.1. Introducción

La historia de la cerveza comienza 11000 A.C. cuando tiene su origen la agricultura y el cultivo de la cebada, y 8000 A.C. existen evidencias arqueológicas de un consumo masivo de cerveza en Babilonia y Egipto que es de donde surgen y se difunden las técnicas de elaboración para el resto de Europa. En el año 1908 empieza a comercializarse en la ciudad del Cusco, la cerveza Pilsener Bier Cuzco, que luego toma el nombre de Cerveza Cusqueña. En el año 1996 se fusiona la Compañía Nacional de Cerveza S.A., Cervecería del Norte S.A. y Sociedad Cervecera de Trujillo S.A. y surge Unión de Cervecerías Peruanas Backus y Johnston S.A. Finalmente, el 2016 la empresa pasa a formar parte de la empresa belga-brasileña AB InBev (Anheuser-Busch InBev), la mayor fabricante de cerveza en el mundo que tiene un portafolio de más de 500 marcas de cerveza.

Todo proceso industrial en las transformaciones de materias primas genera residuos líquidos y sólidos, esto se torna crítico en la industria del procesamiento de alimentos, que se desarrolla a diferentes escalas y donde se usa una amplia gama de materias primas y tecnologías, que generan gran cantidad de desechos líquidos y sólidos. Los objetivos económicos y medio ambientales se presentan frecuentemente en la industria cervecera y es uno de los procesos industriales que se utilizan grandes cantidades de agua, no por ello está libre de la nueva tendencia medio ambiental (F. Castro, 2003).

En la “revalorización de residuos de la industria cervecera” por CIATEJ, los desechos líquidos de la cervecería, que se generan durante el proceso de elaboración de la cerveza, pueden ser una valiosa fuente de alcohol desinfectante. Los desechos de la cervecería se componen de varios materiales, incluidos residuos de malta de cerveza, levadura y lúpulo (C. Martínez, 2019). Las levaduras de los residuos producen etanol durante el proceso de elaboración de la cerveza, que se puede extraer y utilizar para crear alcohol desinfectante y este proceso de utilizar los desechos de la cervecería para la producción de alcohol es una forma sostenible de convertir los desechos en un producto de valor agregado (Investigadores de la UNL, 2010).

El proceso de extracción de alcohol de los residuos líquidos de la cervecería consta de varios pasos. Primero, los desechos se recolectan y filtran para eliminar cualquier material sólido. Luego, el líquido se calienta a una temperatura específica para separar el alcohol del agua. El alcohol resultante se puede purificar para producir un desinfectante de alta calidad. Este método de producción de alcohol es rentable y respetuoso con el medio ambiente, ya que utiliza materiales de desecho que, de otro modo, se desecharían (Belchi A, 2020).

El uso de residuos líquidos de cervecería para la producción de alcohol desinfectante tiene varias ventajas. En primer lugar, es un enfoque sostenible que reduce los residuos y aumenta la eficiencia de los recursos. En segundo lugar, es rentable en comparación con otros desinfectantes del mercado y el alcohol producido a partir de los desechos de la cervecería se puede usar en una variedad de entornos, incluidos hospitales, escuelas y hogares, para matar gérmenes de manera efectiva y prevenir la propagación de enfermedades. Por lo tanto, utilizar los desechos de la cervecería para la producción de alcohol es una solución prometedora para crear una fuente sostenible de alcohol desinfectante (Tratamiento y valorización de efluentes en la industria cervecera - Condorchem Envitech, 2020).

En el caso de la ingeniería química se encuentra hoy en el desarrollo de su cuarto paradigma el de la ingeniería química sostenible que toma en cuenta sus dimensiones económica, social y medioambiental. En cuanto al medio ambiente y la sostenibilidad existen muchas oportunidades para generar soluciones creativas y transformadoras para responder a los desafíos ambientales y de sostenibilidad que la industria produce. En el presente estudio considera la industria de la cerveza, específicamente los residuos que produce la etapa de la fermentación.

El concepto de economía circular ofrece una vía para el crecimiento sostenible, la buena salud y el empleo decente, al tiempo que se salva el medio ambiente y sus recursos naturales. Además, se espera que el cambio de una economía lineal (tomar, fabricar, desechar) a una economía circular (renovar, rehacer, compartir) contribuya de manera significativa al logro de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular el ODS 12 sobre producción y consumo responsables (WHO, 2018).

La agenda 2030 y los objetivos del desarrollo sostenible, una oportunidad para América Latina y el Caribe (Naciones Unidas, 2018) establece para sus 193 Estados Miembros que integra el Perú una visión transformadora hacia la sostenibilidad económica, social y ambiental y se considera como referencia para el trabajo de los siguientes 15 años dentro del cual se enmarca el presente estudio

1.2. Planteamiento del problema:

1.2.1. Situación problemática

En la ciudad del Cusco la producción de cerveza por la empresa Cervecería Backus y Johnston S.A., los residuos líquidos generados por la fermentación de cerveza son de 160 hasta 240 m³ de volumen aproximado dependiendo de los meses festivos. Pero muchos años atrás la producción de cerveza era de menor volumen, en lo cual los residuos líquidos y sólidos generados estaban direccionados para el sector ganadero y la disposición en el consumo era proporcional. Los residuos se disponían a la distribución a los ganaderos de animales grandes como la producción de leche y carne. En la actualidad los residuos sólidos o bagazos se distribuyen a los criaderos de animales pequeños de producción de cuyes, por ser este animal muy demandado en el mercado. Sin embargo, con los residuos líquidos generados de la fermentación de la cerveza sucede lo contrario, existe una mínima demanda en el sector ganadero y los animales menores no consumen con frecuencia en forma líquida como alimentos proteicos.

En la actualidad el problema de la cervecería con estos residuos generados a mayor volumen y la disminución de demanda en el sector ganadero, según la empresa JMC Soluciones Ambientales S.A.C., los residuos líquidos de la fermentación de cerveza están destinados a la elaboración de composta, lo cual no es rentable económicamente por el costo de la logística que genera y también por la generación de malos olores en la descomposición de residuo líquido que principalmente contiene materia orgánica (levadura) y agua. Este trabajo de investigación tecnológica pretende dar una alternativa de solución al problema antes mencionado, dando un valor agregado al residuo líquido mediante la recuperación de alcohol para la elaboración de alcohol desinfectante y los residuos sólidos centrifugados como fuente proteica para el consumo de los animales de diferentes tamaños.

1.2.2. Formulación de problemas

1.2.2.1. Problema general:

¿Será posible elaborar alcohol desinfectante a partir del residuo líquido de la fermentación de cerveza?

1.2.2.2. problemas específicos:

- ¿Cuáles serían las características del residuo líquido de la fermentación de cerveza?
- ¿Es posible la recuperación del alcohol etílico del residuo líquido de la fermentación de cerveza?
- ¿Será viable la elaboración de alcohol desinfectante con la calidad requerida en la ciudad del Cusco?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Elaborar alcohol desinfectante a partir del residuo líquido de la fermentación de cerveza.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar las características del residuo líquido de la fermentación de cerveza.
- Recuperar alcohol etílico del residuo líquido de la fermentación de cerveza en la planta Gold Puma Distillery.
- Elaborar el alcohol desinfectante.

1.4. Justificación de la investigación

El objetivo sobre Producción y Consumo Responsables (ODS 12) de la Agenda 2030 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Naciones Unidas tienen metas e indicadores que garantizan las modalidades de consumo y producción sostenibles. Su propósito es ser eficientes en el uso de recursos, aumentando las utilidades netas de bienestar de las actividades económicas, reduciendo el uso de recursos, la degradación y la contaminación durante todo el ciclo de vida, para lograr una mejor calidad de vida. Todos los actores interesados participan en el proceso, entre ellos: formuladores de políticas, consumidores, empresas, científicos e investigadores, organismos de cooperación para el desarrollo y medios de comunicación.

Los residuos generados en la industria cervecera según su composición física, densidad, humedad, composición química y otros, tienen un eventual impacto en el medio ambiente al no tener una buena disposición o tratamiento, para la cual se requiere nuevas alternativas para los residuos líquidos de la fermentación de cerveza, generados en el proceso de elaboración de cerveza y dar un valor agregado con la economía circular de la región de Cusco. En el tiempo de la pandemia del Covid 19, se evidenció la escasez de alcohol como desinfectante, presentándose la oportunidad de recuperar el alcohol del residuo líquido de la fermentación de cerveza y elaborar el alcohol desinfectante, generando una alternativa al problema de los residuos líquidos generados por la industria cervecera. Esta estrategia de economía circular de dar un valor agregado al residuo líquido debe utilizarse en la industria cervecera, para evitar los efectos de contaminación de los residuos líquidos generados.

CAPITULO II

FUNDAMENTOS TEORICOS

2.1. Antecedentes de la investigación

En un estudio publicado en 2016 en la revista científica "Applied Microbiology and Biotechnology", investigadores brasileños (Silva et al., 2016) elaboraron alcohol desinfectante a partir de residuos líquidos de la fermentación de cerveza y evaluaron su eficacia como desinfectante para superficies hospitalarias. Los resultados mostraron que el alcohol desinfectante obtenido presentaba una actividad bactericida efectiva y una reducción significativa en la cantidad de microorganismos presentes en las superficies evaluadas.

Según la revista "Food Science and Technology", investigadores mexicanos (Cervantes et al., 2020) evaluaron la elaboración de alcohol desinfectante a partir de residuos líquidos de la fermentación de cerveza y su efectividad contra la bacteria *Escherichia coli*. Los resultados mostraron que el alcohol desinfectante elaborado presentaba una actividad bactericida efectiva y que la concentración óptima para su uso como desinfectante era del 70% en volumen.

Otro estudio publicado en 2021 en la revista "International Journal of Environmental Research and Public Health", investigadores argentinos (Bottino et al., 2021) evaluaron la elaboración de alcohol desinfectante a partir de residuos líquidos de la fermentación de cerveza y su efectividad contra el virus SARS-CoV-2. Los resultados mostraron que el alcohol desinfectante elaborado presentaba una actividad virucida efectiva y que su concentración óptima era del 70% en volumen.

Para realizar el presente trabajo de investigación se requirió revisar trabajos similares anteriores como el de Ch. Torres et al; 2022, con la tesis: “control de calidad de alcohol medicinal de 70° según técnica propia en establecimientos farmacéuticos de la ciudad de Huancayo, 2021” se requirió el control de calidad de alcohol medicinal, fue de tipo cuantitativo y nivel descriptivo. El diseño corresponde al no experimental. La muestra estuvo representada por 15 muestras de alcohol de 70°, el tipo de muestreo corresponde al

no probabilístico por conveniencia. Dentro de los resultados de las 15 muestras analizadas 5 presentan un pH 6.0, es resto un pH de 5.5.

En desarrollo a las investigaciones realizadas con el residuo líquido de la cerveza, se ha encontrado estudios realizados por Aravena, F. M. C. (2003), en la Universidad de Valdivia Chile, a través de la tesis: “Estudio de los residuos industriales líquidos y evaluación de las alternativas de mejoras para la industria cervecera Valdivia”, realiza un estudio con el objetivo de caracterizar físico químicamente los residuos industriales líquidos de la industria cervecera Valdivia.

El desarrollo tecnológico para dar solución del sub producto de la cerveza para dar soluciones al impacto ambiental que ocasiona, la evaluación que realizo Andrea del Pilar Guauta Dimate (2002) de la universidad de la Salle Bogotá, con la tesis: “evaluación de impactos ambientales generados en el proceso de elaboración de cerveza y sus productos, en Babaria S. A. Cervecería de Bogotá.” La evaluación realizada permite identificar los impactos generados en el proceso de elaboración de cerveza y subproductos, y de igual forma la causa de estos al establecer los aspectos ambientales que los originan,

La gran cantidad de desechos generados por la industria cervecera han dado lugar a estudios de investigación como el que hizo Martínez, J. (2020), en la universidad Nacional de Córdoba Colonia Caroya, Córdoba, a través de la tesis: “Producción de Harina de bagazo a partir de un residuo de la industria cervecera”. Al analizar el proceso de elaboración de cerveza, se detectaron graves problemas ambientales y sociales debido a los desechos generados durante su producción. El objetivo de este trabajo fue analizar la producción de harina de bagazo cervecero como subproducto de valor agregado en la fábrica de cerveza artesanal Viarava, de Colonia Caroya, Córdoba.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. *La ingeniería química y el desarrollo sostenible*

Es importante actualmente analizar el rol que tiene la ingeniería química y los procesos químicos en la lucha por la sostenibilidad. Es creando valor económico a través del desarrollo de tecnologías preferiblemente medioambientales que los ingenieros químicos pueden participar en el proceso de desarrollo sostenible (Raber, 2018).

El concepto de sostenibilidad definido en el informe de Brundtland en 1987, se ha impuesto en todos los campos de la actividad humana, y especialmente en dominios industriales. La industria química, como un gran consumidor de materiales y energía, y con un impacto ecológico fuerte, no podía permanecer fuera de los requerimientos de la sostenibilidad (Woinaroschy, 2015). La sostenibilidad tiene mayor importancia en la economía moderna. Las tres dimensiones de la sostenibilidad (económica, social y medioambiental) tienen igual importancia en el desarrollo sostenible. Ellas no son independientes unas de otras, por el contrario, hay una interacción múltiple entre ellas.

La ingeniería química, con su orientación sistémica fuerte y su función de vincular las ciencias naturales, la ingeniería y la práctica industrial, está en una posición ventajosa entre muchos otros sectores de ingeniería para afrontar los retos del desarrollo sostenible. Es una disciplina de ingeniería clave para adaptar la sociedad humana hacia la sostenibilidad (Narodoslawsky, 2013).

Es frecuente hoy en día ver conceptos como Ecología Industrial como marco para integrar la industria junto con sus productos y desechos en una conexión más orgánica con la naturaleza que puede ser una forma eficaz de establecer objetivos para el desarrollo de la sostenibilidad.

El ciclo de la ecología industrial utiliza desechos de una industria como combustible para otra industria. Otro concepto es el de Ingeniería Verde definido como el diseño, comercialización y uso de procesos y productos que sean factibles y económicos al tiempo que minimizan la contaminación en la fuente y el riesgo para la salud humana y el medio ambiente; esencialmente es optimización de procesos y productos de tal forma que no dañen lo que les rodea, pero sigan siendo rentables. En general, este sería un formato útil a seguir para los ingenieros químicos, ya que naturalmente haría que la ingeniería fuera más

respetuosa con el medio ambiente. Además, se alinea muy bien con una definición tradicional de ingeniería química como "una disciplina amplia que se ocupa de los procesos que implican la transformación de materia o energía en formas útiles para la humanidad, económicamente y sin comprometer el medio ambiente, la seguridad o los recursos finitos" según (Pérez Loayza, 2013).

2.2.2. *Industria cervecera*

Con la denominación de cerveza se hace referencia al “alimento resultante de la fermentación, mediante levaduras seleccionadas, de un mosto cervecero elaborado a partir de materias primas naturales” se fabrica mediante el uso de agua, levaduras seleccionadas, de un mosto procedente de malta (producto final obtenido de los granos de cebada o de otros cereales una vez sometidos al proceso de malteo), sólo o mezclado con otros productos amiláceos transformables en azúcares por digestión enzimática, lúpulo y/o sus derivados (especie de planta de la cual se aprovecha su flor hembra, sin fecundar para proporcionar amargor a la cerveza) y aditivos y coadyuvantes tecnológicas, sometidos a un proceso de filtración y pasteurización. La cerveza y el vino son las únicas bebidas alcohólicas que se consideran alimentos, según Real decreto (678, 2016).

La cerveza se presenta como una de las bebidas más consumidas a nivel mundial, con una creciente demanda por parte de los consumidores lo que implica un aumento en la producción. En el contexto europeo, Alemania es el país más consumidor, con una producción de 94.957 miles de hectolitros de cerveza. España se sitúa en cuarta posición a nivel europeo con 37.621 miles de hectolitros.

2.2.3. *Producción de cerveza en el Perú.*

La Unión de Cervecerías Backus & Johnston tiene el monopolio del mercado de cerveza en el Perú con un 95% del mercado total de cerveza. Desde el 2016 son parte del grupo AB Inbev, empresa belga – brasileña, que produce y distribuye las tres marcas más populares Cusqueña, Cristal y Pilsen mediante sus 5 plantas de producción en Lima, Arequipa, Cusco, Motupe y Pucallpa. Backus tiene una planta de malta y una fábrica de agua con su propia distribuidora.

El mercado de cerveza en el Perú ha evolucionado debido a las nuevas tendencias como el crecimiento total de importaciones de cervezas extranjeras en el mercado nacional, y otra tendencia es la presencia de cervecerías artesanales (Embo, 2018).

En el 2016 el mercado de cerveza en el Perú mostro un crecimiento de 2.1% con respecto al 2015. El volumen total de cerveza vendido en el 2016, de todas las cervezas, todas las marcas y compañías fue de 14,112 miles de hectolitros en el Perú.

Tabla 1: *Información de ventas de Backus*

Categoría	Valor en Millones PEN	Porcentaje del Total
Cerveza	3,595.0	90.6%
Gaseosas	165.1	4.2%
Aguas	163.4	4.1%
Maltas	41.9	1.1%
TOTAL	3,965.4	100%

Fuente: (Campos, 2021)

El consumo de cerveza industrial en el Perú según Euromonitor Internacional (2017) la década del 2007, tuvo un crecimiento per cápita de 32.4 a 46.9 litros. En cuanto a cervecerías artesanales conocidas también como micro cervecerías hay una tendencia mundial que todavía es reducida en el Perú y tiene al turismo como fuerza impulsora.

2.3. Materias primas empleadas en la elaboración de cerveza

La malta y el proceso de malteado son varios, los granos de cereales pueden ser satisfactoriamente malteadas, pero los de cebada son los que generalmente presentan menos problemas técnicos. El maíz se maltea muy raras veces porque su grasa es enrarecida. El trigo se maltea a escala comercial, especialmente para la elaboración de ciertos tipos de pan, pero el desarrollo de microorganismos durante la germinación en la superficie del grano plantea ciertos problemas. Para la producción de cervezas nativas africanas se maltea diversos cereales (especialmente sorgo). En el transcurso del tiempo, se ha ido imponiendo, prácticamente en todo el mundo, el aroma de las cervezas elaboradas a partir de cebada malteada. Además, la cebada utilizada para la elaboración de malta

destinada a la producción de cerveza es más rica en almidón, que es la sustancia que da origen al extracto fermentable. También contiene proteínas, generalmente en cantidades más que suficientes para proporcionar los aminoácidos necesarios para el crecimiento de la levadura, y las sustancias nitrogenadas que desarrollan un papel importante en la formación de espuma (Suarez 2013).

2.3.1. Cebada

La cebada (*hordemum vulgare*) es una planta gramínea anual, originaria de Asia occidental. Hay dos variedades de cebada: cebada cervecera o de dos carreras (*hordemum distichum*) que presentan dos hileras de semillas, y la cebada de seis carreras (*hordemum*) con seis hileras de semillas la variedad dos carreras es más apta para la elaboración de cerveza porque produce más azúcares fermentables y tiene menos proteína. La ventaja de la variedad de seis carreras para grandes fabricantes cerveceros es que convierte más que su propio peso de grano sin maltear, como el maíz o el arroz, pero requiere maquinaria de filtración ya que presenta problemas de clarificación por su contenido en proteínas (Suárez, 2013).

2.3.2. Lúpulo

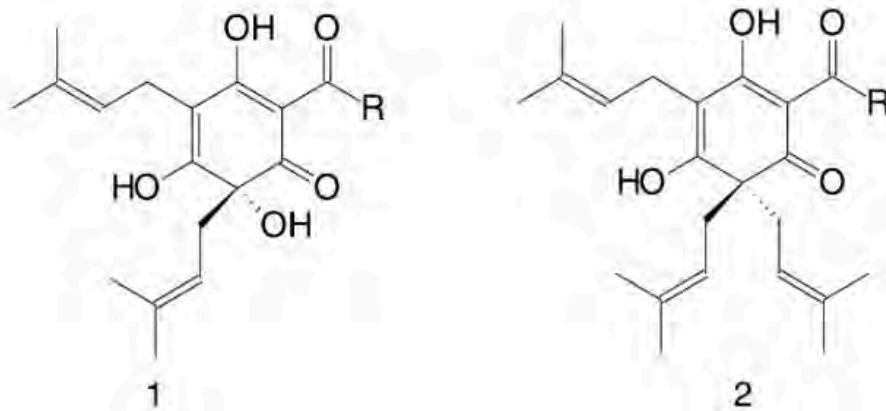
El lúpulo (*Humulus lupulus L*) es una especie de la familia de las Canabináceas, es una planta trepadora perenne cuya parte aérea muere en otoño. Las plantas se propagan vegetativamente y requiere un pH por encima de 6,5, posee raíces profundas, por lo que es necesaria una buena profundidad del suelo (Papazian, 1991). El crecimiento de lúpulo está fuertemente influenciado por la cantidad de luz del día, requiriéndose al menos 13 horas de luz para vegetar; fotoperíodos más cortos hacen que la planta se vuelva latente. Si bien excelentes cervezas lager se pueden producir con lúpulo con semillas, la mayoría de las variedades que se cultivan, no las producen.

El lúpulo se adiciona inicialmente a la cerveza por su contribución al sabor y aroma, este aporte está dado respectivamente por las resinas y aceites esenciales que se encuentran en las glándulas de lupulina. Las resinas incluyen principalmente a los denominados alfa-ácidos cuyo contenido puede variar considerablemente entre 2 y 16% (Meilgaard y Peppard, 1986). Más allá de la dependencia genética, la concentración de alfa-ácidos se ve

afectada por las condiciones edáficas de la región productiva. Los aromas, son debidos a los aceites esenciales (Benitez et al., 1997).

Extracción e isomerización de compuestos derivados del lúpulo: Como se mencionó anteriormente el lúpulo juega un papel preponderante a la hora de dotar a las cervezas de amargor y aroma. Los principales compuestos responsables del amargor son los denominados alfa ácidos (co-humulona, humulona y ad-humulona) que, si bien son insolubles en agua luego de la cocción, se isomerizan a iso-alfa ácidos solubles, se muestra en la Figura 1 según (Ferreira, 2014).

Figura 1: α -ácidos y β -ácidos



Fuente: de Leandro, V. T. las E. (2019, junio 14). *Dry Hopping: Efecto Sobre el Amargor*. *Zythología*.

2.3.3. Levadura

Las levaduras son hongos unicelulares con variadas formas tamaños y colores. Representan un grupo muy heterogéneo, existiendo más de 1.500 especies. Se emplean en diversas disciplinas en la obtención de alimentos fermentados, en la obtención de ingredientes alimentarios, y como bio-fábricas en la producción de enzimas, hormonas y vacunas. También se utilizó en la investigación básica en múltiples disciplinas biológicas y en la agricultura en el control biológico de enfermedades (Madigan, 2003).

Más de 300 especies de levaduras son fermentativas, aunque en la elaboración de productos alcohólicos predominan las especies del género *Saccharomyces*. Esto es debido a que las mismas presentan alta capacidad de producción de alcohol y por otra parte toleran elevadas

concentraciones de este compuesto. Dentro de la misma especie existen cepas con diferente tolerancia al etanol. Cuanto mayor sea la tolerancia al alcohol, morirán menos células en la medida que progresa la fermentación y podrán conseguirse cervezas con mayor grado alcohólico (Brown 1989). Si bien las levaduras del género *Saccharomyces* se encuentran presentes de forma natural en las frutas y cereales, uno de sus hábitats naturales es la corteza de los árboles. Las levaduras de la cerveza se dividen en dos grandes grupos las de fermentación superficial o “ale” (*Saccharomyces cerevisiae*, Meyen ex EC Hansen) y de fondo o “lager” referidas como *S. pastorianus* o *S. carlsbergensis*. *S. pastorianus* se cree que se originó a partir de un evento de hibridación natural que ocurrió entre una cepa de *S. cerevisiae* y probablemente una cepa de *S. bayanus* que aportó la habilidad para fermentar a baja temperatura (Bourdon, 2012).

2.3.4. Agua

El 95% del peso de la cerveza es agua. Las factorías de la cerveza se construyeron en aquellos lugares en los que se disponían de agua adecuada para el tipo de cerveza a producir. Así, el alto contenido en sulfato Calcico de Burton-on-Trent resultaba ideal para la fabricación de cerveza Pale Ale, fuertes y muy aromáticas que se producían en la cervecería del monasterio. En contraste con esto las aguas blandas de Pilsen, en Checoslovaquia, resultaban ideales para la elaboración de cervezas Lager, y de hecho a este tipo de cerveza se les conoce habitualmente como Pilsner o pils, cuándo se laboran en Europa. El agua rica en bicarbonato calcicos dureza temporal resulta excelente para la producción de las cervezas más oscuras, por lo que las de Munich, Londres y Dublín alcanzaron fama y renombre. Ahora el agua puede modificarse para obtener aquella que se desee, siendo otros los problemas como por ejemplo la adecuación del agua a los equipos de limpieza. El agua que se utiliza para la limpieza y para el vapor tiene una composición química óptima diferente a la de producción se refiere un agua ligeramente dura que forme una película pasiva sobre las superficies (Suaréz, 2013)

2.4. Fermentación

Los microorganismos utilizan como sustrato los hidratos de carbono principalmente azúcares como la glucosa presente en el medio para transformarlos en

etanol, dióxido de carbono y energía en forma de ATP. La producción de etanol se lleva a cabo a través de la vía glucolítica que, en su forma más simple, se puede expresar de la forma siguiente:



Las levaduras también pueden producir otros metabolitos, como por ejemplo ácido láctico, glicerol y ácido succínico, aunque en cantidades relativamente pequeñas. Durante el metabolismo de las levaduras se producen principalmente alcoholes, ésteres y alcoholes secundarios o superiores, de gran importancia en las propiedades organolépticas de la cerveza. Estos compuestos derivan de los oxo-ácidos, los cuales son producidos o bien por el metabolismo de los carbohidratos ácido pirúvico o ácido oxo glutárico o por aminoácidos por transaminación con un oxo ácido ya existente.

Las cepas de levadura más empleadas en la fabricación de vino, cerveza y pan son las correspondientes a las especies *saccharomyces cerevisiae*. Esta levadura sigue un metabolismo fermentativo cuando está en condiciones anaerobias, pero cuando hay oxígeno hace una respiración aerobia y no produce alcohol.

Este fenómeno es determinante en la industria de bebidas alcohólicas, pues para que la producción de etanol sea correcta, las levaduras deben desarrollarse en ausencia de oxígeno (BELITZ, 1997).

Para desarrollarse y funcionar necesita nutrientes como carbohidratos fermentables, aminoácidos, vitaminas, minerales y oxígeno, siendo el mosto más el lúpulo disponible un medio que se puede considerar rico. De hecho, contiene carbohidratos asimilables, una amplia variedad de aminoácidos y otros componentes nitrogenados, sales minerales entre las que se encuentra el calcio, magnesio, sodio, potasio, hierro, zinc, cobre, y manganeso, cloruro sulfatos carbonatos y fosfatos. También se encuentran presentes vitaminas tales como biotina, ácido pantotéico, inositol, tiamina, piridoxina y ácido nicotínico (García, 2018).

2.5. La Cerveza

La vida de una cerveza depende de varios factores, pero el más importante es el tiempo que transcurre desde su envasado hasta el momento de ser consumido, ya que, durante el mismo estado, la estabilidad del sabor, la turbidez y la microbiología. el oxígeno disuelto es otro

factor importante ya que afecta seriamente la turbidez. Asimismo, otro factor crucial es la temperatura: si se asegura una correcta cadena de frío no se necesitaría la pasteurización y la cerveza tenía menos posibilidades de deteriorarse en lo que al sabor, turbidez o se refiere. Los valores y calorífico de la cerveza vienen derivados principalmente del etanol los carbohidratos residuales y las proteínas. La cerveza contiene asimismo vitaminas del grupo B, como biotina, el ácido nicotínico, el ácido pantotéico, la piridoxina, la riboflavina, la tiamina el ácido fólico y la vitamina B12. Por todo ello, un litro de cerveza proporciona 300 a 400 kcal, 3 g de proteínas y una pequeña cantidad de vitamina B (Suaréz, 2013).

2.5.1. pH

El pH es un factor importante en la fermentación debido al control que ejerce frente a la contaminación bacteriana, así como en el crecimiento de las levaduras, la velocidad de fermentación en la producción de alcohol. La variación de pH durante el proceso de fermentación es debido a la transformación de los aminoácidos por pérdida de nitrógeno, pasando acidez, lo cual origina una disminución de pH del medio. Otro factor que puede originar una variación de pH es la producción de dióxido de carbono en la fase de fermentación aerobia, que en disolución da lugar:



Durante la fermentación anaerobia, se genera una serie de ácidos orgánicos como el ácido láctico, influyen también en la disminución del pH (L. Granadillo et al., 2014).

El pH influye en la actividad de la levadura así pudo comprobar que el pH más favorable para el crecimiento de la *Saccharomyces cerevisiae* se encuentra entre 4.4 -5.0, siendo el pH 4.5 el adecuado para su crecimiento óptimo (HANNA, 2020).

2.5.2. Densidad

La densidad del mosto indica la cantidad de azúcares en solución, expresada como el peso de extracto de 100 g de solución, a la temperatura de 17.5 °C. La densidad específica final de la cerveza se da cuando la fermentación ha concluido. Cuanto más denso sea el mosto más alcohol tendrá la cerveza acabada y mayor cantidad de líquido necesitará: En

los mostos más densos el α - ácido es menos efectivo y se necesita más amargor para contrarrestar el dulzor de la marca. Además, los mostos densos requieren más tiempo para fermentar y mucho más tiempo de maduración (García 2013 y Huxley 2011).

2.5.3. *Temperatura*

La temperatura durante todo el proceso de elaboración de cerveza, juega un rol importante en el desarrollo de una cerveza de buena calidad que sea consistente en el sabor. Pequeñas fluctuaciones en la temperatura pueden conllevar a un producto muy diferente del que fuese inicialmente deseado. El proceso general de la elaboración de cerveza involucra molienda húmeda, filtración, hervido y enfriamiento del mosto, incorporación de la levadura, fermentación, filtrado y embotellado final y carbonatación. Durante el curso de los procesos de molienda, filtrado y hervido, la temperatura es cuidadosamente controlada. Después de estas etapas, el mosto es mezclado con agua purificada y enfriada para alcanzar la temperatura apropiada de 18°C a 24°C (65°F a 75°F) para la introducción de la levadura. Una vez que la levadura ha sido introducida, la fermentación puede comenzar. Existe un rango de temperatura óptimo para la fermentación que depende de la dureza de la levadura. Cuando la fermentación ocurre fuera de estos rangos óptimos de temperatura, productos resultantes deseados e indeseados se producirán (Hannacolombia, 2022).

2.5.4. *Porcentaje de alcohol en la cerveza*

La cerveza es el resultado de la fermentación de azúcares que provienen de los cereales. El alcohol es el resultado de la fermentación de subproductos de la levadura que metabolizan ciertos granos derivados y azúcares fermentables en alcohol y CO₂. El nivel final de alcohol en una cerveza determinada depende de la levadura utilizada, la cantidad de azúcar digerible y el método de elaboración. Las cervezas más comerciales como Corona, Pilsen, Cusqueña, Cristal y algunas otras marcas más, manejan un porcentaje de alcohol estándar, que va desde 3. 6° hasta 5. 5° (F. Fernández, 2009).

2.6. Proceso de fabricación de cerveza

El proceso de manufactura de cerveza está constituido por:

2.6.1. Producción de mosto

Se realiza mediante la cocción de granos de cebada, donde se producen los azúcares capaces de fermentar, además de proteínas, ácidos grasos, minerales, vitaminas. Se adiciono el lúpulo que es un ingrediente esencial de la cerveza. A una temperatura entre 8 a 10°C se envía a los tanques de fermentación.

2.6.2. Fermentación

Se realiza en tanques donde se inocula *Saccharomyces cerevisiae* para transformar los azúcares en alcohol etílico y anhídrido carbónico a una temperatura aproximada de 15°C. En esta etapa el mosto se convierte en cerveza al tiempo que adquiere gusto y aroma. Existen dos grandes cepas de levaduras, para cerveza Lager de baja fermentación y Ale de alta fermentación cuyo sabor es más intenso.

2.6.3. Maduración

Se efectúa en tanques donde la cerveza se somete a temperaturas bajas para estabilizar el sabor y los aromas logrados y conseguir un justo entre los diferentes matices. Se separa por decantación las levaduras presentes en la cerveza y aquellas proteínas que se coagulan a temperatura baja. La maduración tiene una duración de aproximada de 10 días y al final alcanza una temperatura menor de 0°C con la correspondiente saturación de anhídrido carbónico.

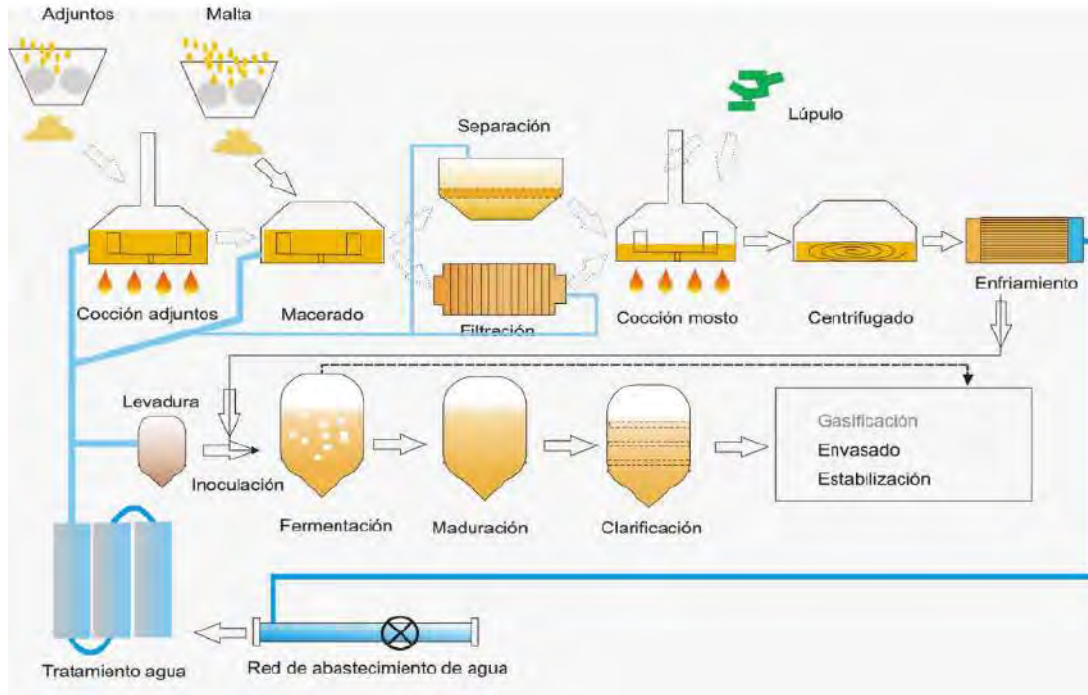
2.6.4. Filtración

Se separan las pequeñas partículas de levadura y otros restos sólidos que aún se encuentran en suspensión. Una vez filtrada se obtiene la cerveza brillante característica del producto.

2.6.5. Envasado

La cerveza se pasteuriza para garantizar su estabilidad biológica y envasa en botella, lata y otros formatos para su consumo.

Figura 2: Diagrama de Flujo del proceso de manufactura de cerveza



Fuente: *Calidad cervecera de la cebada y proceso de fabricación de la cerveza: (2015, agosto 21). Agromonegros.*

2.7. Residuos líquidos y sólidos generados en la industria

La sobre población mundial ha aumentado el requerimiento de energía, alimentos y combustibles. Estas necesidades provocan otra serie de problemas como la crisis energética, cambio climático, extinción de especies, rápido agotamiento de los recursos naturales y alta producción de residuos. Por este motivo, es imprescindible buscar medidas a nivel mundial que contribuyan a mejorar el medioambiente y el bienestar social y económico. Una alternativa para solucionar algunas de estas problemáticas actuales es la valorización de residuos, actividad donde los desechos agrícolas e industriales son utilizados para convertirlos en nuevos productos con mayor valor comercial. Esta alternativa es 100 % renovable al aprovechar la biomasa residual como materia prima y simultáneamente reducir la producción de residuos y los gastos de manipulación de los mismos. Un ejemplo concreto se refiere al aprovechamiento de los residuos producidos por la industria cervecera. En primer lugar, conviene indicar que se considera “residuo” a cualquier sustancia u objeto del cual su poseedor se desprenda o del que tenga la intención

u obligación de desprenderse (Ley 22/2011, de residuos y suelos contaminados). En este sentido, los restos orgánicos derivados del proceso productivo podrán considerarse un residuo o subproducto en función de su destino final según (Ley22, 2011).

Es decir, para poder considerarse una sustancia u objeto como un subproducto, se tiene que tener la seguridad de que va a ser utilizado ulteriormente (sin que produzca impactos generales adversos a la salud humana o el medio ambiente), que se pueda utilizar directamente sin tener que someterse a ninguna transformación y que se produzca como parte integrante del proceso de producción. El aprovechamiento de estos subproductos trae consigo una disminución del impacto ambiental y a su vez, la disminución del coste del tratamiento de residuos y el aumento de beneficio por la generación de una nueva fuente de ingresos por el valor de estos subproductos (CYTED, 2016).

Los principales subproductos generados en la industria cervecera son las raicillas de malta, el bagazo y la levadura cervecera. Las raicillas de malta son los brotes separados de la cebada germinada en condiciones controladas de temperatura y humedad en el proceso de malteado y se obtiene por cribado del grano germinado. Tienen forma de una masa blanda y voluminosa, formada por filamentos de color amarillo-pardo, de una longitud de 5-8 mm y un grosor de décimas de milímetro. El olor de la raicilla es similar al de la malta torrefactada y su sabor es ligeramente amargo. Por término medio se obtienen 5 kg de raicillas por cada 100 kg de cebada. El bagazo es el producto resultante del proceso de prensado y filtración del mosto obtenido tras la sacarificación del grano de cebada malteado, rico en proteína y fibra. El bagazo es el subproducto que se produce en mayor medida, representando el 85 % de todos los residuos producidos en la industria cervecera. Su producción es, en cierto modo, estacional, produciéndose más en verano. La reutilización del bagazo conlleva un proceso previo de prensado, que reduce su humedad del 80% del que sale de fábrica a un 60%, incrementando de esta forma su tiempo de conservación. La levadura cervecera es una biomasa conformada por las células de *Saccharomyces cerevisiae*, procedentes de la filtración del mosto fermentado. Después de la fermentación, las levaduras son separadas por centrifugación y lavadas. Se pasan por filtros para disminuir el contenido de agua, hasta obtener un producto de 68 o 70 % de humedad, conocido como levadura prensada, la cual se envasa en bloques o en forma granulada en sobres de nylon. Esta levadura se almacena bajo refrigeración. La levadura

seca activa, es otra variante de la levadura panadera y se utiliza en caso de no existir refrigeración o por requerirse períodos prolongados de almacenamiento. Consiste en secar la levadura en secadores de lecho fluidizado de atomización o al vacío. Se obtiene una levadura con 8 % de humedad que conserva su actividad biológica. El producto se envasa en recipientes herméticos (Torrente, 2019).

2.7.1. Subproductos de la industria cervecera

Estos subproductos son una fuente de nitrógeno barato y generalmente reconocidos como seguros. Además, tiene también unas buenas características nutricionales y contiene una gran cantidad de proteínas, lípidos, RNA, vitaminas y minerales. Sin embargo, actualmente no se dispone de una tecnología adecuada a nivel industrial para poder tratarlo, y se vende principalmente como un pienso para animales de forma húmeda que tiene como finalidad reutilizar la levadura gastada de cerveza, y convertirla en materias primas de valor añadido en diferentes sectores industriales (YEAST-LIFE, 2020).

El último bioproducto desarrollado en el proyecto LIFE YEAST, es el β -glucano, obtenido a través de un proceso de extracción a partir de la pared celular. Este bioproducto tiene unas propiedades físico-químicas interesantes, entre ellas, su capacidad gelificante y emulsionante, que permite su uso en aplicaciones alimentarias. Además, tiene también actividad biológica, asociada a aplicaciones en la medicina, alimentación, farmacia y cosmética (Laroche et al., 2007).

Una de las claves de este proyecto es su contribución a la economía circular, siendo un punto clave dentro de las prioridades de la Unión Europea. Por tal motivo, ha recibido una financiación del programa LIFE, que es un instrumento financiero de la Unión Europea dedicado al medio ambiente y el cambio climático. El objetivo general de este programa consiste en contribuir al desarrollo de las políticas de la UE en materia de medio ambiente y cambio climático mediante proyectos cofinanciados con un valor añadido (YEAST-LIFE, 2020).

Uno de los proyectos más recientes fue el proyecto europeo LIFE YEAST, un proyecto de Economía Circular aplicada en el sector cervecero que se inició en julio 2017 con un plazo de ejecución de 24 meses. Consistió en tratar los residuos cerveceros para poder volver a incorporarlos en el proceso de manufactura de cerveza. El proyecto estuvo coordinado por

BDi Technology empresa que ofrece servicios de desarrollo y escalamiento de procesos biotecnológicos, y cuenta con la participación de VLPbio empresa especializada en el desarrollo de vacunas en salud animal; y AB InBev el mayor fabricante mundial de cerveza del cual forma parte Backus y Johnston; y tuvo como objetivo desarrollar una nueva e innovadora metodología que utiliza levadura gastada de cerveza como materia prima para producir productos con valor añadido que puedan ser utilizados en un amplio rango de aplicaciones industriales (Innovacion-InBev, 2020).

El esquema de contribución del proyecto a la economía circular se presenta en la Figura 3.

Figura 3: *Reciclaje de levadura de cerveza gastada*



Fuente: *Reciclaje de levadura de cerveza gastada en aplicaciones industriales innovadoras. (2021).*

El proceso de manufactura de cerveza utiliza levadura para la fermentación, y antes de la maduración completa de la cerveza, el exceso de levadura se recolecta y se puede reutilizar en el mismo proceso hasta aproximadamente seis veces. Luego se convierte en levadura gastada de cerveza, residuo que representa el segundo subproducto más importante en el sector cervecero y contiene un alto nivel de nutrientes como una gran cantidad de proteínas, lípidos, vitaminas y minerales. Sin embargo, hoy en día la utilización industrial de este residuo es bastante limitada, ya que su rápida contaminación como resultado de la actividad de microorganismos, dificulta el uso de algunas tecnologías a nivel industrial, y por ello el

sector cervecero lo suele vender principalmente de forma húmeda como alimento para animales.

Los bioproductos que se pueden obtener de la levadura gastada de cerveza:

Extracto de levadura: fracción soluble procedente del lisado de la levadura gastada de cerveza. Está compuesto por un amplio perfil de aminoácidos, vitaminas y minerales, y a su vez, es rico en proteínas.

Pared celular: fracción sólida procedente del lisado, y está compuesta principalmente de (1-3)- β -glucanos, (1-6)- β -glucanos, manoproteínas y quitina; y

β -glucano: un tipo de fibra con propiedades fisicoquímicas interesantes, por ejemplo, su capacidad de gelificación para su uso en aplicaciones alimentarias. Son relevantes por sus actividades biológicas asociadas, y por ello sus aplicaciones médicas, farmacéuticas y cosméticas. Se obtiene a través de un proceso de extracción a partir de la pared celular, y tiene una pureza de alrededor de un 70%. Según LIFE YEAST (*Proyecto europeo*. (2021). LIFE YEAST. <https://lifeyeast.com/>).

2.8. Destilación de mezclas de alcohol y agua

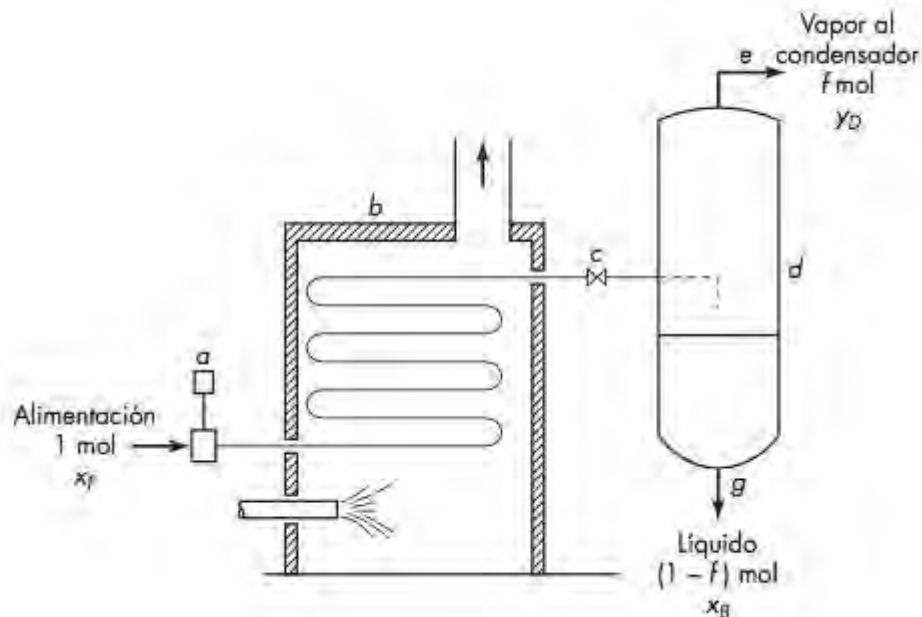
En la práctica, la destilación se puede efectuar mediante dos métodos principales. El primer método está basado en la producción de vapor por ebullición de una mezcla líquida que se desea separar y por condensación de los vapores sin permitir que nada de líquido retorne al calderín. No existe reflujo. El segundo método está basado en el retorno de parte del condensado al calderín bajo condiciones tales que el líquido que retorna se pone en contacto íntimo con los vapores en su camino al condensador. En ambos casos, la operación se puede realizar en forma continua o por cargas (McCabe *et al.*, 2005).

Destilación flash

La Figura 4 muestra la destilación flash que consiste en la vaporización de una fracción definida de líquido de forma que produce vapor en equilibrio con el líquido residual, separando el vapor del líquido, y condensando el vapor. La destilación de mezclas de alcohol y agua con frecuencia se considera una destilación binaria no obstante que existen presentes otros componentes en la mezcla, pero en pequeñas proporciones. Se puede

mencionar también que la destilación flash de mezclas binarias se usa extensivamente en diferentes industrias y ampliamente en la industria de refinación de petróleo. La destilación flash se utiliza con frecuencia para separar componentes cuyos puntos de ebullición son muy diferentes. Por otro lado, si los componentes a separar tienen volatilidades comparables se debe utilizar destilación continua con reflujo. La destilación de componentes con puntos de ebullición próximos es difícil mediante destilación simple, y si ocurre la formación de azeótropos, la separación completa podría ser imposible; es el caso de la separación de etanol y agua que forma un azeótropo de punto de ebullición mínima con 95.6 % en peso de etanol (McCabe *et al.*, 2005).

Figura 4: Destilación flash



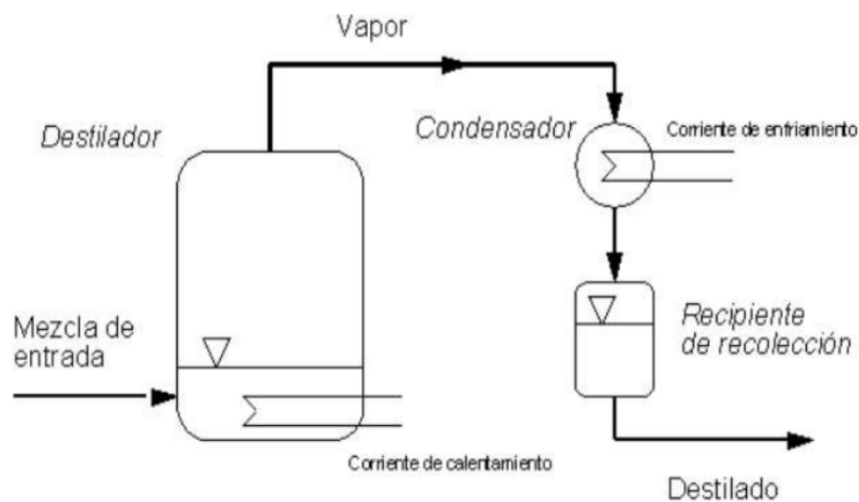
Fuente: Destilación flash. (2018). JustFlows. <https://sites.google.com/site/jusstflowss/>

Destilación diferencial

La destilación diferencial, es una operación discontinua o intermitente, también denominada destilación simple por lotes, destilación por cargas o batch se realiza en una sola etapa, mediante calentamiento lento y sin reflujo. Los vapores no se acumulan porque se extraen con la misma velocidad con que se forman y se produce el destilado líquido por condensación. En este tipo de destilación el vapor producido y el líquido se encuentran en

equilibrio de forma aproximada y sus composiciones cambian con el tiempo. Los Equipos que se utilizaron para este fin se denomina alambiques, en ellos no se alcanza el estado estacionario, la temperatura de burbuja va aumentando con el tiempo cuanto más vapor se genera, y a lo largo del proceso la composición de la mezcla se va modificando porque el componente más volátil disminuye su concentración mientras que el menos volátil aumenta. La destilación diferencial se puede representar esquemáticamente de la siguiente forma (McCabe *et al.*, 2005):

Figura 5: Destilación simple diferencial o por cargas



Fuente: Destilación simple diferencial o por cargas. (2021).

Rectificación

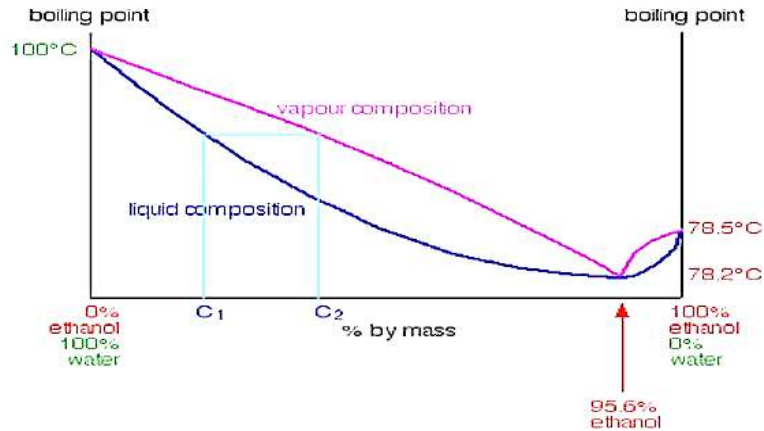
Se denomina rectificación a la sección donde se producen productos puros en el tope de una columna y agotamiento a la sección inferior para los productos más pesado cuando la alimentación se realiza en la parte central de la columna. Sin reflujo no tendría lugar la rectificación.

2.8.1. Punto Azeotrópico

Se puede definir al azeótropo o mezcla azeotrópica como una mezcla líquida de dos o más sustancias químicas que hierve a una temperatura constante. Además, tiene una composición definida y se comporta como si se tratara de un solo componente. Por eso, al entrar en ebullición, la fase de vapor del azeótropo tiene la misma composición que la fase

líquida (Wade & Merriman, 1911). Se presenta la figura 6, el punto azeótropo de etanol y agua.

Figura 6: Azeótropo de etanol - agua



Fuente: De ciencia, A. [ApuntesCiencia]. (2016, julio 30).

2.9. Economía circular

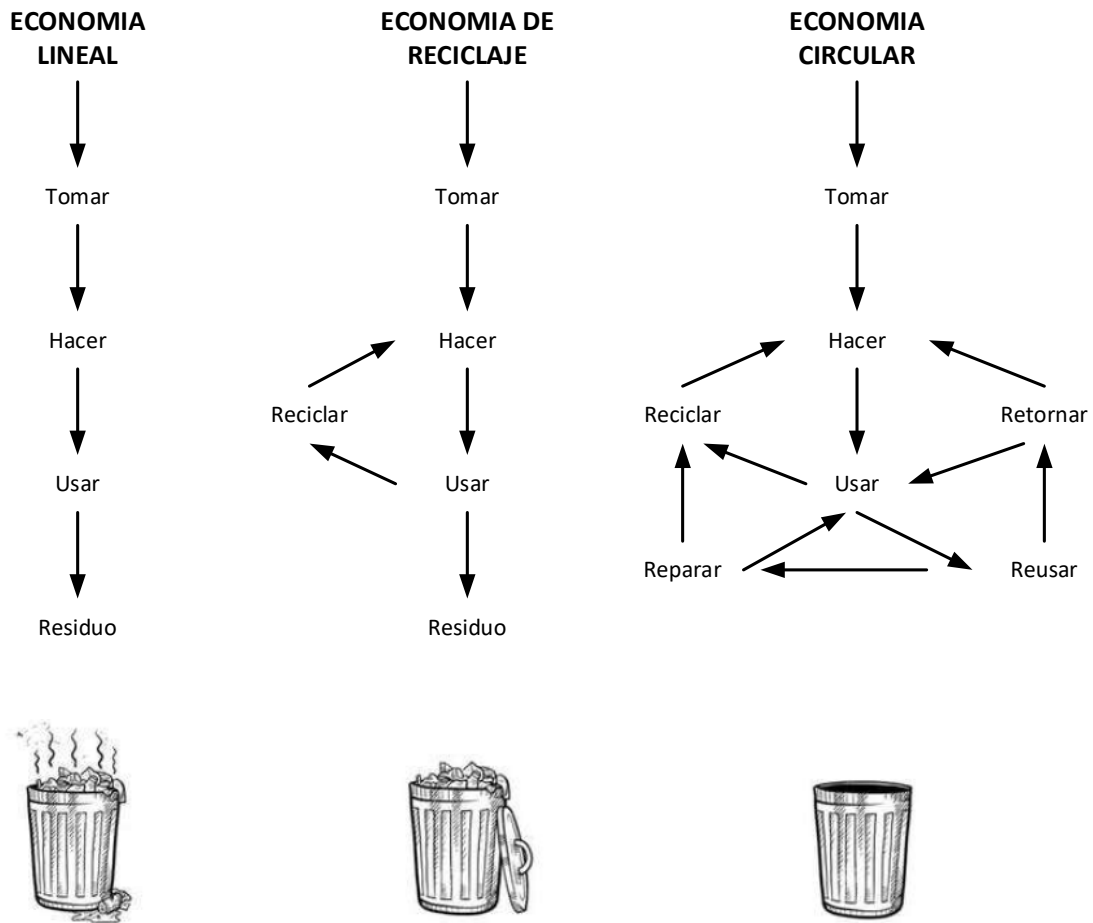
Las definiciones de economía circular tienen dos tipos principales: las que están orientadas a los recursos y se centran en la necesidad de ciclos cerrados de flujos de materiales y un consumo reducido de recursos vírgenes, y aquellos que no solo gestionan los recursos materiales, sino que incorporan dimensiones adicionales, como modelos que cambian el consumo (WHO, 2018).

La Figura 7, presenta un esquema que ilustra gráficamente los enfoques que se han venido desarrollando desde la óptica de la economía. Actualmente se utiliza el concepto básico de economía circular en el sentido de usar recursos durante el mayor tiempo posible extendiendo el ciclo de vida, crear el mayor valor agregado en la etapa de uso maximizando la eficiencia), y recuperando o reciclando productos o materiales después de su uso sistematizando el reciclaje.

Las actividades principales de la economía circular consideran:

- Reducir
- Reusar
- Remanufacturar, y
- Reciclar.

Figura 7: Economía Lineal vs Economía Circular



2.10. Normas para el desecho de residuos industriales

La Constitución Política del Perú en su Art. 2°, inciso 22 establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida, y la Ley N° 27789 en sus Art. 4° y 5° señala que corresponde al Ministerio de la Producción proponer políticas y normas de protección del medio ambiente y recursos naturales aplicables a las actividades industriales manufactureras, supervisando su cumplimiento. El Decreto Supremo N° 003-2002-PRODUCE establece los Límites Máximos Permisibles y Valores Referenciales para las actividades industriales de cemento, cerveza, curtiembre y papel que aplica a todas las empresas nacionales o extranjeras, públicas o privadas que se dedican a dichas actividades industriales (N°-003-2002-PRODUCE).

Por su parte, el organismo que realiza la fiscalización directa es la OEFA (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental), adscrito al Ministerio del Ambiente y que tiene función evaluadora, de supervisión directa, de fiscalización y sanción como ente rector del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental (SINEFA). A su vez el SINEFA tiene función normativa y función supervisora de entidades de fiscalización ambiental en el ámbito nacional, regional o local (provincial o distrital). Además, OEFA es competente para tipificar infracciones administrativas, aprobar la escala de sanciones correspondientes, establecer los criterios de graduación y los alcances de las medidas preventivas, cautelares y correctivas a ser emitidas por las instancias competentes (OEFA, 2002).

2.11. Alcohol desinfectante

Es relevante para el presente proyecto considerar la terminología utilizada en el uso del alcohol como desinfectante. La Dirección de Normalización del Instituto Nacional de Calidad (INACAL) elaboró la “Guía para la limpieza y desinfección de manos y superficies” en el contexto de la Pandemia COVID-19, documento que es una contribución al conocimiento de las buenas prácticas sanitarias mediante el lavado y desinfección de manos y de superficies en el contexto de brotes, epidemias o pandemias que constituyen elementos claves para evitar la transmisión de infecciones. INACAL (2020) define la desinfección como la reducción por medio de agentes químicos y/o métodos físicos del número de microorganismos presentes en la superficie o en el ambiente, hasta un nivel que no ponga en riesgo la salud (COVID-19-INACAL, 2021).

La Sociedad Chilena de Infectología hace recomendaciones respecto de la atención de salud apuntando al uso racional de antisépticos y desinfectantes y considera las siguientes definiciones:

Desinfección es la destrucción de microorganismos en objetos inanimados, que asegura la eliminación de las formas vegetativas, pero no la eliminación de esporas bacterianas.

Desinfectante es el agente químico utilizado en el proceso de desinfección de objetos, superficies y ambiente. Antiséptico es el agente químico utilizado en el control de microorganismos de la piel u otro tejido vivo, sin afectar sensiblemente a estos mismos. El

término general biocida describe a un agente químico, usualmente de amplio espectro que inactiva microorganismos (SANTOLAYA, 2002).

2.11.1. El alcohol como antiséptico de uso clínico

Los alcoholes (etílico e isopropílico) son compuestos orgánicos del agua, usados históricamente en medicina como antisépticos de limpieza y desinfección de heridas. Además de su actividad antimicrobiana, son un buen solvente de otros productos, como muchos antisépticos y desinfectantes, que potencian tal actividad. Los alcoholes habitualmente usados son alcohol etílico o etanol y alcohol isopropílico. Las concentraciones varían entre 70 y 96% para el alcohol etílico y entre 70 y 100% para el alcohol isopropílico. Aunque sus aplicaciones son idénticas, se suele usar habitualmente el etanol por ser el menos irritante (Diomedi, 2017).

Los alcoholes actúan destruyendo la membrana celular, por reducción de su tensión superficial, y desnaturalizando las proteínas. Su eficacia está basada en la presencia de agua, ya que así penetra mejor en las células y bacterias permitiendo el daño a la membrana y rápida desnaturalización de las proteínas, con la consiguiente interferencia con el metabolismo y lisis celular (SANTOLAYA, 2002)

Su acción es rápida, incluso desde los 15 segundos, principalmente en concentraciones de 70% que permite su mejor penetración en el protoplasma bacteriano. Sus efectos biológicos de daño microbiano son mayormente breves, pero pueden permanecer por varias horas (Sánchez et al. 2005)

Los alcoholes no son esporicidas y actúan rápidamente sobre bacterias gramnegativas y grampositivas, incluyendo micobacterias, hongos y virus como el de hepatitis B y VIH. Se utilizó frecuentemente para la desinfección de superficies o antisepsis de la piel, y en concentraciones bajas como preservantes y para potenciar la actividad de otros biocidas. El alcohol isopropílico se considera un bactericida más efectivo, mientras que el alcohol etílico un virucida más potente dependiendo de su concentración. Una concentración del 70% de alcohol etílico destruye aproximadamente el 90% de las bacterias cutáneas en dos minutos, siempre que la piel se mantenga en contacto con el alcohol sin secarlo. Es necesario anotar que los alcoholes en general se inactivan en presencia de materia orgánica (Diomedi, 2017).

Según Sánchez et al. (2005), el alcohol se utiliza con mucha frecuencia para la higiene de manos, la desinfección o limpieza de la piel, limpieza antes de la aplicación de inyecciones o de un procedimiento quirúrgico menor, y resulta muy eficaz para este fin cuando a continuación se aplica un yodóforo (complejo de yodo con un portador). Su aplicación está también indicada en la desinfección de material no crítico como termómetros y fonendoscopios. Pero no debe usarse para desinfección del instrumental, no se recomienda usarlo sobre heridas pues produce fuerte irritación, precipita las proteínas y forma coágulos que favorecen el crecimiento bacteriano.

2.12. Planta de procesamiento de Gold Puma Distillery S.A.C.

La empresa Gold Puma Distillery S.A.C. fue creada en agosto del 2015 con el fin de producir Vodka de alta gama a partir de granos andinos y tubérculos nativos. Se encuentra localizada en la APV San Antonio A-10, distrito de San Sebastián, provincia y departamento del Cusco.

En la planta han realizado sus prácticas pre profesionales estudiantes de las especialidades de ingeniería química, ingeniería petroquímica, ingeniería agroindustrial, ingeniería ambiental, marketing de diferentes universidades entre ellas la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, la Universidad Andina del Cusco, Universidad Continental, Universidad Nacional José María Arguedas, Universidad Nacional Micaela Bastidas, Universidad Nacional de Ingeniería; e instituciones tales como SENATI y Khipu.

La empresa tiene firmado un convenio de cooperación mutua con la UNSAAC mediante la facultad de Ingeniería de Procesos para prácticas pre profesionales, intercambio de profesionales en calidad de “movilidad o pasantía”, desarrollo de programas de capacitación, proyectos de investigación, innovación y transferencia tecnológica en el campo de las operaciones y procesos que permitan contribuir al desarrollo sostenible y el aseguramiento de las regulaciones ambientales para el mantenimiento de un entorno saludable.

Gold Puma Distillery SAC cuenta en sus instalaciones con un destilador industrial de 5000 litros, un destilador de 500 litros, un rectificador de 300 litros, equipos necesarios de purificación, y otros equipos auxiliares para la purificación y obtención de alcohol.

La empresa Gold Puma Distillery tiene cuatro líneas de producción:

Línea de vodka:

- Vodka de trigo de 5 destilaciones
- Vodka de trigo de 3 destilaciones
- Vodka de quinua
- Vodka de papa, y
- Vodka de cañihua

Línea de cremas:

- Coctel de café y leche
- Coctel de coco y leche
- Coctel de lúcuma y leche
- Coctel de chocolate y leche, y
- Coctel de mango.

Línea de Destilaciones botánicas:

- Anís seco especial
- Anís semidulce especial
- Destilado de café especial, y
- Destilado de muña especial

Línea de licores:

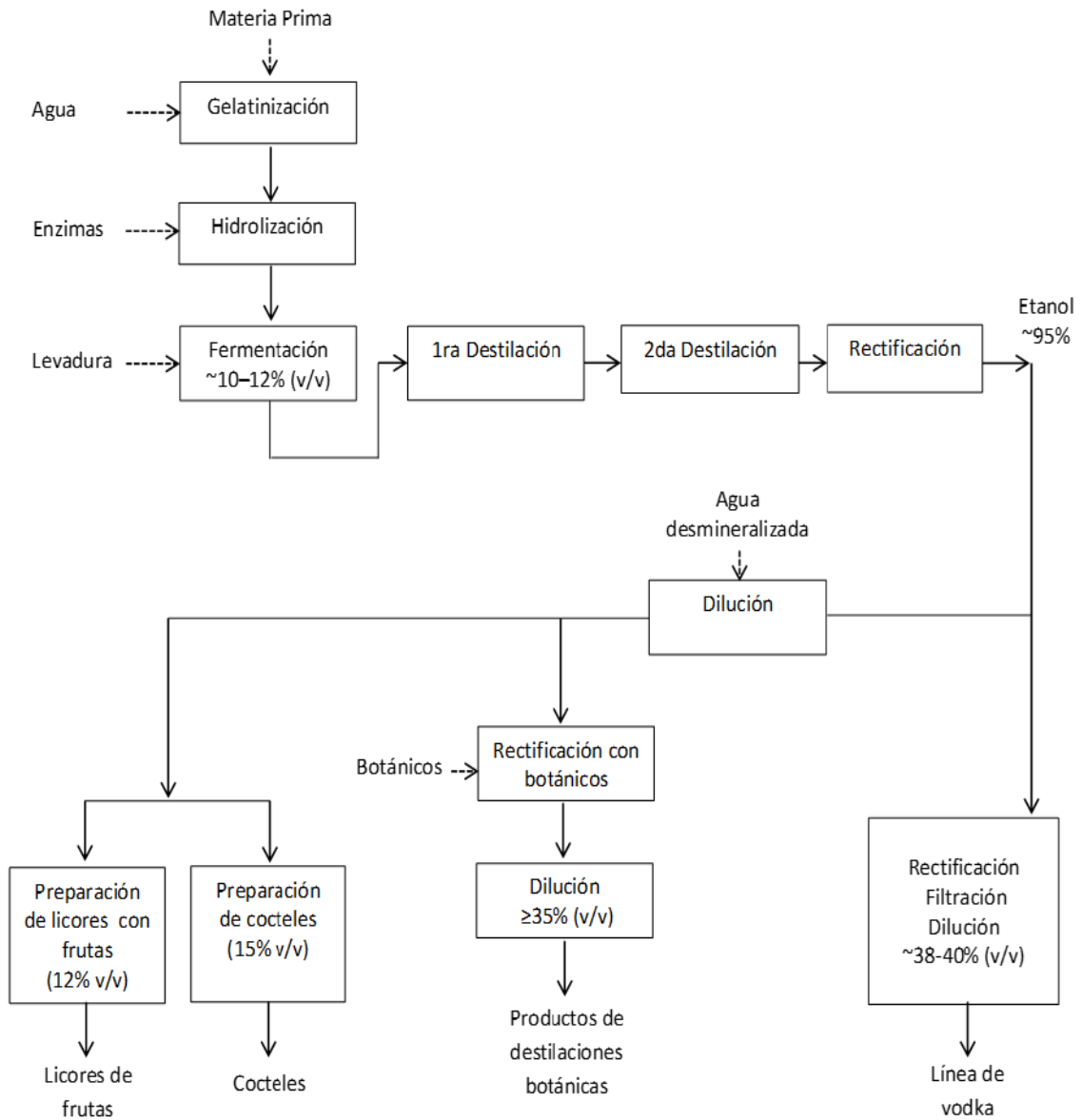
- Licor de maracuyá
- Licor de fresa
- Licor de muña, y
- Licor de coco.

La empresa igualmente presta servicio de envasado, destilaciones, mezclas, formulación de nuevos productos, y operaciones similares. Por ejemplo, presta servicios eventualmente a las empresas Kusi Wine, Vod Grand, y Agrisur SAC.

La empresa ha ganado en el 2016 el premio a los mejores destilados Premium organizado por Sierra y Selva Exportadora y el Ministerio de Agricultura y Riego, dirigido por el Ing. Fernando Ego Aguirre para la cata nacional de destilados, con los catadores profesionales Jorge Llanos y Livio Pastorino; y en el 2017, el mejor destilado Premium organizado por Sierra y Selva Exportadora y la Asociación Peruana de Productores de Destilados (APEPRODE) dirigido por el Ing^o Carlos Augusto Cussianovich Aguirre para la cata nacional de destilados, con los mismos catadores profesionales.

El lenguaje de comunicación en la ingeniería de procesos y la ingeniería química son los diagramas de flujo de proceso PFD, por sus siglas en inglés. La Figura 8, presenta dicho diagrama para la producción de Vodka que resume en gran medida las operaciones que se realizan en las instalaciones de la planta de Gold Puma Distillery.

Figura 8: Diagrama de producción de Gold Puma Distillery SAC.



Fuente: Gold Puma Distillery SAC

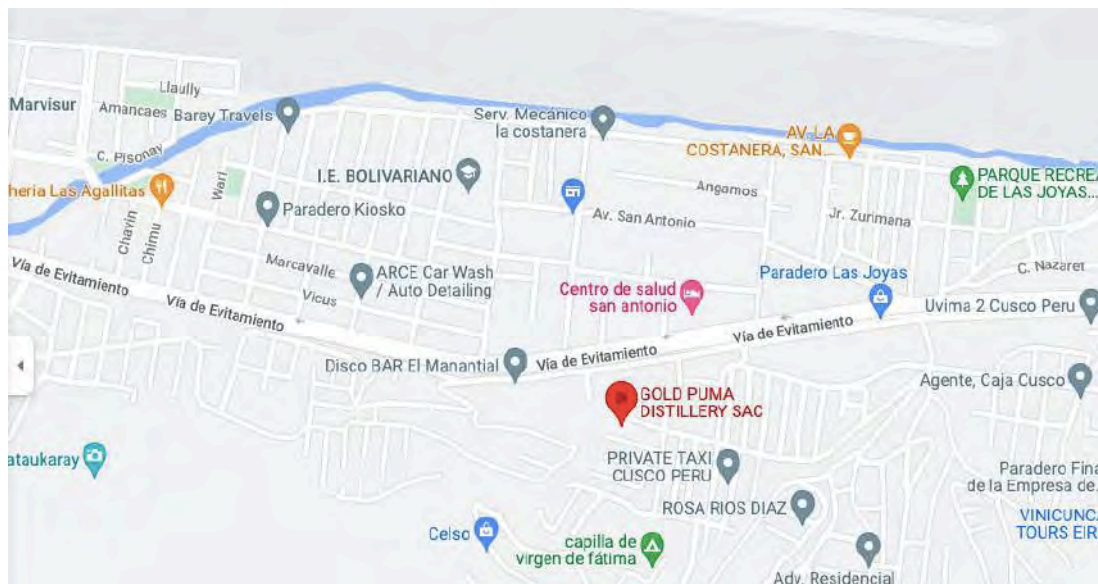
CAPITULO III

3.1. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación tecnológica se desarrolló en las instalaciones de la empresa Gold Puma Distillery SAC ubicado en San Antonio Alto A-10, Distrito de San Sebastián, Provincia y Departamento de Cusco. Para el desarrollo del presente trabajo de investigación, se utilizó el laboratorio de control de calidad, donde se determinó las características del residuo líquido de la fermentación de cerveza que en adelante se referirá solo como residuo líquido; la recuperación del alcohol etílico se realizó en el área de proceso de destilación siguiendo los procedimientos, y la elaboración del alcohol desinfectante se hizo en el área de preparación de productos finales, para dichos procedimientos de investigación se utilizó todos los materiales, instrumentos y equipos disponibles de la empresa mencionada.

A continuación, se presenta la ubicación de la empresa Gold Puma Distillery SAC.

Figura 9: Ubicación de la empresa Gold Puma Distillery SAC.



Coordenadas geográficas: (-13.543832N, -71.929423E)

Materiales.

Los materiales descritos a continuación se utilizaron en las pruebas de caracterización del residuo líquido y la obtención del alcohol desinfectante.

- **Vasos precipitados.** Se utilizó como recipientes para contener el residuo líquido y el alcohol obtenido.
- **Probetas.** Se utilizó para la medida de volumen y las pruebas de probeta para la obtención de la densidad requerida.
- **Espátulas.** Se utilizó para facilitar la homogenización de la muestra.
- **Soportes universales.** Se utilizó para soporte del equipo destilador de vidrio.
- **Pisetas.** Se utilizó para enjuagar los materiales de los ensayos y también para lavar.
- **Lentes de seguridad.** Se utilizó para la protección de los ojos en el trabajo.
- **Gautes descartables.** Se utilizó para la protección contra las sustancias, para la no alteración de las muestras y producto obtenido.
- **Recipientes de plástico.** Se utilizó para contener el alcohol desinfectante obtenido.

Instrumentos y equipos.

Los instrumentos y equipos descritos a continuación se utilizaron en las pruebas de caracterización del residuo líquido y la obtención del alcohol desinfectante.

- **Frasco de Dewar.** Se utilizó como recipiente para transportar el residuo líquido de un lugar a otro; por su aislamiento térmico y minimiza los cambios físico-químicos y características del residuo líquido.
- **Equipo de Destilación de laboratorio.** Se utilizó para la separación de alcohol contenido en el residuo líquido, mediante vaporización y condensación.
- **Termómetro de laboratorio.** Se utilizó para medir la temperatura de las muestras y producto obtenido.
- **Cronometro.** Se utilizó este instrumento para medir el intervalo de tiempo en los ensayos realizados.
- **Balanza gramera.** Se utilizó para medir o pesar la masa de las muestras y productos obtenidos.

- **Alcoholímetro.** Se utilizó para determinar el porcentaje en volumen de alcohol en destilados.
- **Mechero de alcohol.** Se utilizó para calentar el balón de destilación para la obtención de alcohol de residuo líquido.
- **Centrifuga LabMedical.** Se utilizó para la separación de sólidos del residuo líquido.
- **Kit pH metro digital Wmeters.** Se utilizó para medir el pH como indicador de su grado de acidez o alcalinidad en las muestras y productos obtenidos.
- **Kit de dureza Hanna.** Se utilizó para medir la dureza total como CaCO_3 del agua a utilizar.
- **Termómetro de infrarrojo para alta temperatura IGR AS530.** Se utilizó por su facilidad de medir la temperatura en los equipos de recuperación de alcohol etílico del residuo líquido.
- **Kit Ezodo de conductividad y total de sólidos disueltos (TDS).** Se utilizó para determinar la calidad de los productos obtenidos.

A continuación, se muestran las figuras desde el 10 al 19 los materiales e instrumentos para la obtención de alcohol desinfectante a partir del residuo líquido.

Figura 10: *balanza gramera.*



Figura 11: *equipo de destilación de laboratorio*



Figura 12: *Kit de dureza Hanna.*



Figura 15: *termómetro de vidrio*



Figura 13: *pH digital*



Figura 16: *kit de σ y TDS*



Figura 14: *termómetro infrarrojo digital*



Figura 17: *alcoholímetro*



Figura 18: *centrifugadora digital*



Figura 19: *alcoholímetro de laboratorio*



3.1.1. Muestra y muestreo

La muestra estuvo constituida por el residuo líquido de la fermentación de cerveza.

Las muestras fueron tomadas en la Compañía Cervecería Backus y Johnston S.A., ubicada en la Av. La Cultura 725 (Backus Planta Cusco), Distrito del Cusco, Provincia y Departamento de Cusco. Para el presente estudio se tomaron 8 muestras cada una de un litro de volumen, dos veces por semana en coordinación con los responsables del manejo de los depósitos decantadores que contiene el residuo líquido.

En la toma de muestra se utilizó el frasco de Dewar (Termo térmico) para no alterar la temperatura, pH, densidad y porcentaje de alcohol de las muestras del residuo líquido por ser un recipiente adecuado para la preservación y el transporte de este tipo de muestras (líquidos perecederos).

Para determinar la caracterización del residuo líquido del presente trabajo de investigación, se requirieron muestras aleatorias dos veces por semana. A continuación, se presenta la Tabla 2 donde se detalla las fechas de la toma de muestras.

Tabla 2: *Fechas de los muestreos*

Semanas de trabajo	Fecha	Muestreos
Semana 1	08/02/2022	1
	17/02/2022	2
Semana 2	21/02/2022	3
	24/02/2022	4
Semana 3	01/03/2022	5
	05/03/2022	6
Semana 4	11/03/2022	7
	14/03/2022	8

La toma de muestras y la caracterización del residuo líquido tuvieron una duración de cuatro semanas aproximadamente, realizados entre los meses de febrero y marzo del año 2022.

3.2. Caracterización del residuo líquido.

Para la caracterización del residuo líquido se tomaron de referencia los parámetros principales que permitirán evaluar la calidad del alcohol recuperado a partir del residuo líquido.

- Temperatura
- pH
- Densidad
- Grado alcohólico Gay Lussac

Se presenta la tabla 3, con el objetivo de encontrar los datos requeridos.

Tabla 3: *Caracterización del residuo líquido*

Caracterización	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Promedio	Varianza
Temperatura (°C)										
pH										
Densidad (kg/m ³)										
Alcohol (%v/v)										

Los métodos de análisis empleados para la caracterización del residuo se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4: *Métodos de análisis*

Parámetro	Métodos de análisis
Temperatura	AOAC (2000)
pH	AOAC (2000)
Densidad	AOAC (2000)
Grado de alcohol	SCHMIDT-HEBBEL (1966)

AOAC: Métodos oficiales de análisis

SCHMIDT-HEBBEL: Química y tecnología de los alimentos

A continuación, se presentan los procedimientos de análisis físico-químico de cada parámetro:

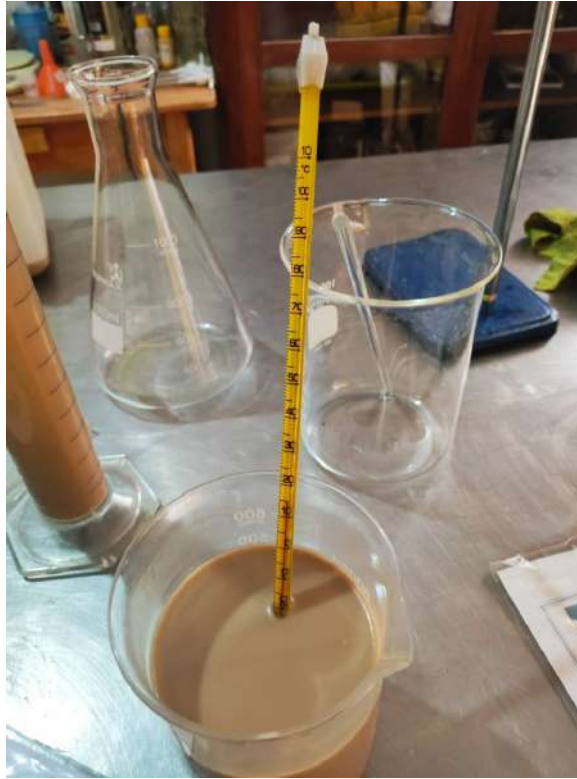
3.2.1. *Determinación de la Temperatura del residuo líquido.*

Según, la AOAC (2000), la medición de la temperatura se realiza con el termómetro de vidrio de marca Labtermo, con escala de - 20°C a 110 °C.

Procedimiento

El procedimiento consistió en sumergir el termómetro dentro de la muestra, dejando un minuto sumergido y moviendo lentamente para la lectura correcta, y observar que temperatura indica la muestra, en la figura 20 se muestra el termómetro de vidrio sumergido en la muestra del residuo líquido.

Figura 20: *Termómetro de vidrio en el residuo líquido.*



3.2.2. Determinación de pH del residuo líquido.

El pH nos indicó la acidez o el porcentaje de hidrogeniones contenido en la muestra del residuo líquido y fue calibrado con un medidor de pH ajustado a 4,0 y a 7,0 con soluciones tampón (AOAC, 2000).

Procedimiento

El procedimiento consistió en temperar a 20 °C y desgasificar por completo el residuo líquido y luego se sumergió el electrodo previamente enjuagado con la muestra del residuo líquido y se midió el grado de acidez expresado en pH, la lectura se hizo con un pH metro de la marca “WMETERS pH-2020”.

A continuación, se presenta la figura 21 del pH digital sumergido en la muestra del residuo líquido.

Figura 21: *pH digital en el residuo líquido*



3.2.3. *Determinación de la densidad del residuo líquido.*

Según, la AOAC (2000), la determinación de la densidad del residuo líquido, se realizará con el siguiente procedimiento.

Procedimiento

La determinación de la densidad del residuo líquido se realizó con el método de las probetas de 250 cc, para la cual se atemperó la muestra a 20 °C y se desgasificó por completo.

Se pesa en una balanza analítica la probeta vacía (w_o) y luego la probeta contenida con el residuo líquido (w_f). La diferencia ($w_f - w_o$) corresponde a la masa de la muestra y al dividir con el volumen total se obtuvo la densidad como se muestra en la ecuación.

$$\rho = (w_f - w_o) / 250\text{cc}$$

A continuación, se presenta la figura 22 con las probetas de la muestra del residuo líquido.

Figura 22: *Determinación de la densidad del residuo líquido*



3.2.4. Determinación del grado alcohólico del residuo líquido.

Para la determinación del grado alcohólico, primero se desgasifico el CO₂ contenido en el residuo líquido agitándolo, luego en un embolo se colocó 1000 ml del residuo líquido, luego se destilo para la recuperación del alcohol contenido en las muestras, para el trabajo se utilizó el equipo de destilación flash diferencial del laboratorio, al finalizar la destilación, se midió el grado alcohólico con el alcoholímetro de laboratorio en Gay-Lussac a 20°C.

A continuación, se presenta la figura 23 del equipo de destilación flash diferencial de laboratorio con la muestra del residuo líquido.

Figura 23: *Equipo de destilación con el residuo líquido*



3.3. Recuperación de alcohol etílico del residuo líquido.

Para el proceso de recuperación del alcohol etílico del residuo líquido, se siguió las siguientes etapas del proceso: La recepción y almacenamiento de dos lotes cada uno de 5000 litros en un tanque cerrado de acero inoxidable, en las etapas siguientes se realizaron las destilaciones diferenciales por lotes, posteriormente se llevó a una rectificación en la columna de relleno y la última etapa fue la purificación del alcohol etílico del residuo líquido, teniendo en cuenta el control de calidad.

A continuación, se detalla las etapas del proceso de recuperación del alcohol etílico:

- **Recepción y control.** Consistió en tener la materia prima adecuada para su posterior proceso.
- **1^{ra} Destilación.** Consistió en la separación del alcohol contenido en el residuo líquido.
- **2^{da} Destilación.** Consistió en incrementar la concentración de grado alcohólico del producto de la primera destilación
- **Rectificación.** Consistió en refinar el alcohol obtenido de la segunda destilación a mayor grado alcohólico, hasta llegar a su punto azeotrópico.

- **Adsorción de lecho fijo y filtración.** Consistió en la purificación y eliminación de impurezas contenidas en el etanol obtenido por carbón activo vegetal.
- **Control de calidad.** Consistió en analizar y asegurar el cumplimiento de las regulaciones de calidad ofrecida.

A continuación, se presenta la figura 24 el diagrama de bloques detallado de las etapas del proceso de recuperación de alcohol etílico.

Figura 24: *Diagrama de proceso de recuperación de alcohol etílico a partir del residuo líquido en la planta de Gold Puma Distillery.*

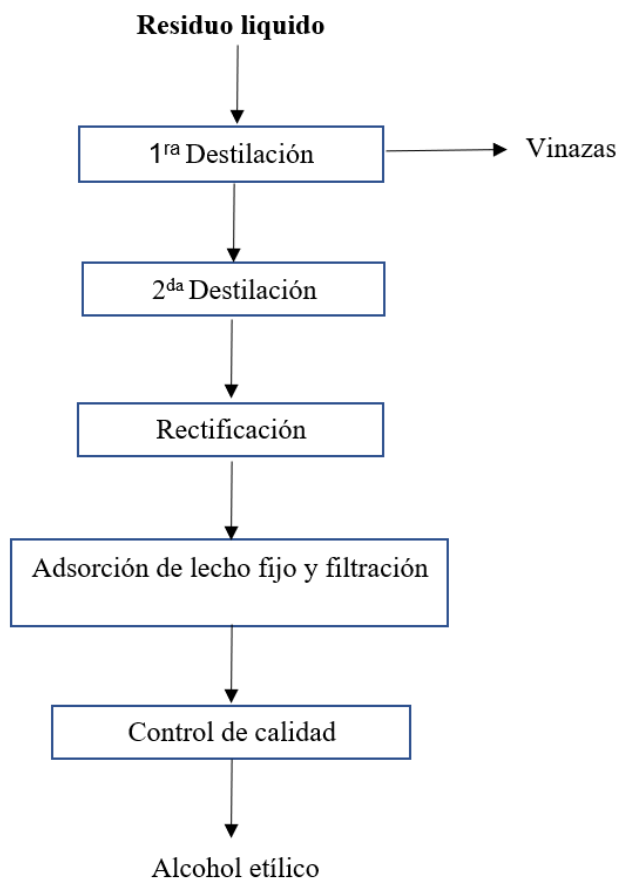
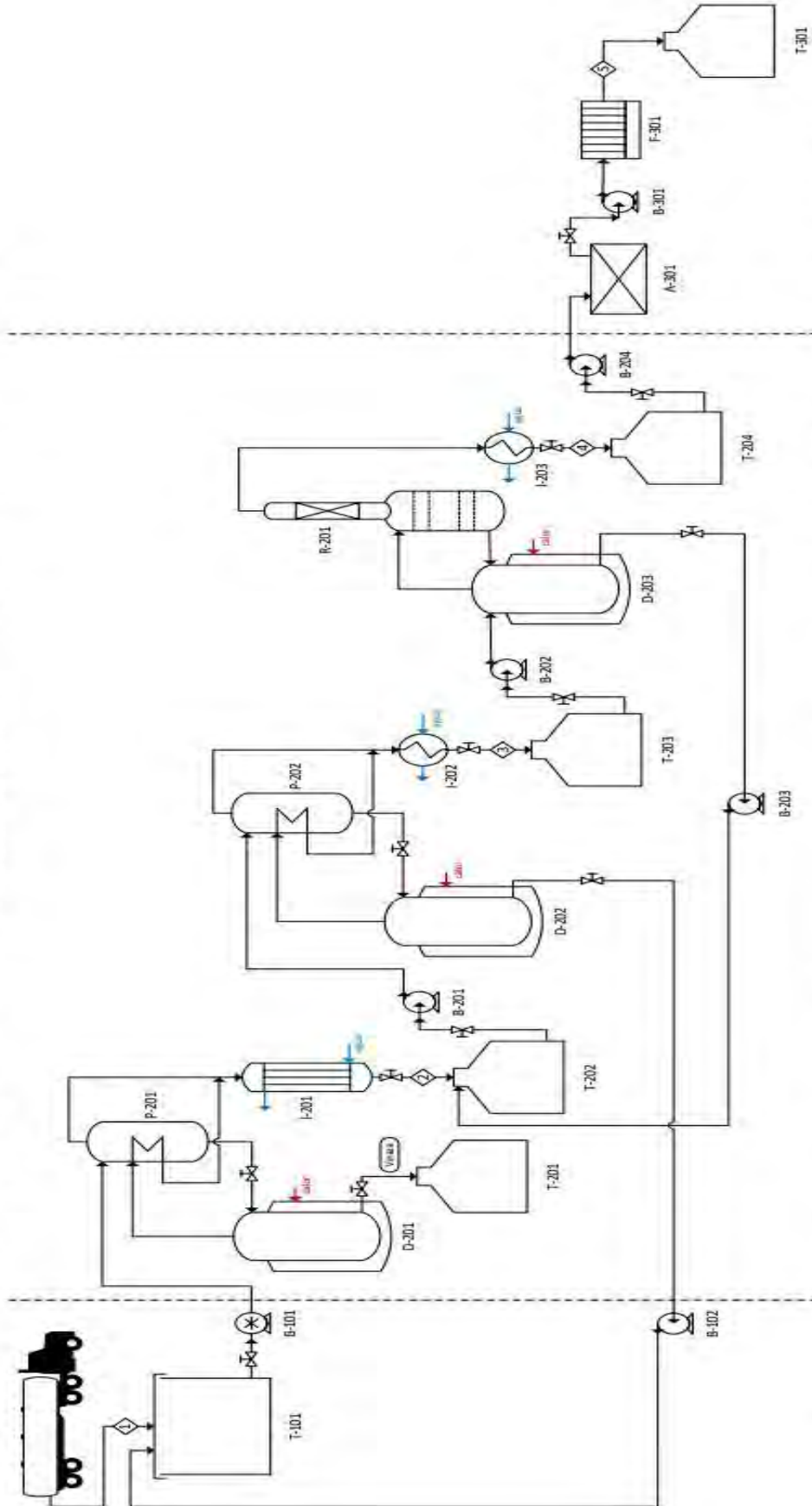


Diagrama de flujo de proceso en la recuperación del alcohol etílico a partir del residuo líquido que se procesó en la destilería Gold Puma Distillery.

A continuación, se muestra en la Figura 25 los detalles de los procesos a seguir y las líneas que unen a cada equipo, con su respectivo instrumento de control.

Figura 25: *Diagrama de flujo del proceso de recuperación de alcohol etílico a partir del residuo líquido.*

D-201 Destilador Destilador
 D-202 Destilador Destilador
 D-203 Destilador Destilador
 R-201 Rectificador de platos y empacada Rectificador de platos y empacada
 I-201 Intercambiador de calor Intercambiador de calor
 I-202 Intercambiador de calor Intercambiador de calor
 I-203 Intercambiador de calor Intercambiador de calor
 A-301 Adsorbedor de lecho fijo Adsorbedor de lecho fijo
 F-301 Filtro de placas Filtro de placas



T-101 Tanque de almacenamiento de residuos líquidos
 T-201 Tanque de almacenamiento de vinaza
 T-202 Tanque de almacenamiento de 1º destilado
 T-203 Tanque de almacenamiento de 2º destilado
 T-204 Tanque de almacenamiento de rectificado
 T-301 alcohol etílico
 T-302 Tanque de almacenamiento de 1º destilado
 T-303 Tanque de almacenamiento de 2º destilado
 T-304 Tanque de almacenamiento de rectificado
 D-201 Destilador
 D-202 Destilador
 D-203 Destilador
 R-201 Rectificador de platos y empacada
 I-201 Intercambiador de calor
 I-202 Intercambiador de calor
 I-203 Intercambiador de calor
 A-301 Adsorbedor de lecho fijo
 F-301 Filtro de placas

Tiempo requerido para la recuperación del alcohol etílico a partir del residuo líquido, que tuvo una duración de dos semanas aproximadamente, en el mes de abril del año 2022, para el estudio de investigación del presente trabajo se hizo dos corridas del residuo líquido cada una de 5000 litros, se presenta la tabla 5 con la fecha de la recuperación del alcohol y el volumen del residuo líquido.

Tabla 5: *Fecha de la recuperación de alcohol etílico del residuo líquido*

Semanas	Fechas	Lotes	Volumen del residuo líquido (litros)
Semana 1	05/04/2022	1	5000
Semana 2	12/04/2022	2	5000

3.3.1. Recepción y control del residuo líquido.

La primera etapa consiste en recepcionar el residuo líquido donde se controla la temperatura, pH y densidad. El proceso de la recepción fue de dos lotes con un volumen de 5000 litros de cada uno, haciendo un total de 10000 litros de residuo líquido, se almacenó en la planta para la recuperación del alcohol etílico.

A continuación, se presenta la figura 26 del tanque de acero inoxidable en la cual se recepcionó el residuo líquido.

Figura 26: Tanque de almacenamiento del residuo líquido de 5000 litros



3.3.2. Primera destilación del residuo líquido.

En esta etapa de la separación de alcohol del residuo líquido, se usó el destilador batch de 5000 litros que trabaja con un horno cuya fuente de energía es la biomasa (leña), se cuenta con un tanque precalentador, un intercambiador de tubo y coraza, tanque de recepción de alcoholes crudos, e instrumentos de control como alcoholímetro, termómetro y cronómetro. En este proceso se realizó la carga completa al destilador batch con el residuo líquido de un grado de alcohol promedio de ~5% hasta concentrar al ~50% v/v aproximadamente. En las operaciones de destilación y control se siguió los procedimientos técnicos de manejo de temperatura, flujo volumétrico, grado alcohólico y tiempos establecidos por la planta.

A continuación, se detalla los procedimientos técnicos en la operación de la primera destilación.

- En primer lugar, se inspeccionó el equipo destilador de 5000 L, para el trabajo a realizarse y se verificó la disposición de energía y servicios básicos para no interrumpir el proceso.
- En segundo lugar, se realizó la carga completa al equipo destilador de 5000 litros con la ayuda de una bomba centrífuga de lodos hasta completar el volumen total.

- En tercer lugar, se estuvo atento a la primera producción de vapor o punto de burbuja, que se visualizó por el visor del equipo destilador, que luego se tomó el control con intervalo de una hora, temperatura, flujo volumétrico y la concentración de alcohol del inicio hasta el final del proceso.
- En cuarto lugar, ya transcurrido el tiempo de destilación hasta el agotamiento del grado de alcohol del residuo líquido se procede al enfriamiento del horno del equipo destilador, para lo cual se dejó de alimentar la biomasa.
- Al finalizar la etapa se inició la descarga de vinazas de los fondos del equipo a los recipientes de enfriamiento y luego se realizó la limpieza completa del equipo para el siguiente proceso a realizarse.

A continuación, se presenta la tabla 6 de control de parámetros del proceso de la primera destilación batch de la separación de alcohol del residuo líquido.

Tabla 6: *Hoja de control del proceso de la primera destilación batch de 5000 litros*

HOJA DE CONTROL DEL PROCESO DE DESTILACION DE 5000 LITROS					
FECHA/....../.....					
No	Hora	Temperatura T °C	Flujo V (ml/min)	%v/v Alcohol	Observaciones
01					
02					
.
.
.
19					
20					
Responsable....., Firma:					

Se muestra en la Figura 27, el equipo destilador batch de 5000 litros, con el cual se realizó el proceso de la primera destilación del residuo líquido.

Figura 27: *Equipo de destilador batch de 5000 litros, a) vista lateral, b) vista superior, c) vista de profundidad*



3.3.3. Segunda destilación del residuo líquido de la fermentación de cerveza.

Esta etapa consistió en elevar o incrementar el grado alcohólico, desde ~50 hasta ~85 %v/v de alcohol, este producto se denomina primera destilación, para la cual se usó un segundo equipo de destilación de 500 litros de capacidad, que está conformado por un tanque precalentador, sistema de enfriamiento tipo serpentín, tanque de recepción de alcoholes e instrumentos de control. Para las operaciones de destilación y control se siguieron los procedimientos técnicos en el manejo de temperatura, flujo volumétrico, grado alcohólico y tiempos establecidos por la planta.

A continuación, se detalla los procedimientos técnicos en la operación de la segunda destilación, por el equipo destilador de 500 litros.

- Primero se inspeccionó el equipo destilador de 500 litros, se verificó la disposición de energía y servicios básicos para no interrumpir el proceso.
- En segundo lugar, se realizó la carga completa al equipo destilador con la ayuda de una bomba centrífuga hasta completar el volumen total.
- En tercer lugar, se esperó el primer indicio de punto de burbuja, que se visualizó por el visor del equipo destilador, y luego se tomó el control cada una hora como el tiempo, temperatura, flujo volumétrico y la concentración de alcohol del inicio hasta el final del proceso.
- En cuarto lugar, ya transcurrido el tiempo de la segunda destilación hasta el grado alcohólico requerido en el producto obtenido, se procedió al enfriamiento del horno del equipo destilador, para lo cual se dejó de alimentar la biomasa.
- Al finalizar la etapa se inició la descarga de vinazas de los fondos del equipo a los recipientes de enfriamiento y luego se realizó la limpieza completa del equipo para el siguiente proceso a realizarse.

A continuación, se presenta la tabla 7, de control de parámetros del proceso de la segunda destilación de la elevación del grado alcohólico.

Tabla 7: Hoja de control del proceso de segunda destilación

HOJA DE CONTROL DEL PROCESO DE DESTILACION DE 500 L					
Fecha					
N	Tiempo	Temperatura	Alc. %v/v	Flujo V	Observaciones
01					
02					
.
.
23					
24					
Responsable.....Firma:					

Se muestra la Figura 28, el equipo destilador de 500 litros, con el cual se realizó la segunda destilación para incrementar el grado alcohólico del producto de la primera destilación.

Figura 28: *Equipo de destilador de 500 litros de vista frontal, vista del sistema de enfriamiento y vista del calderín*



3.3.4. Rectificación del alcohol del residuo líquido

En esta etapa se realizó la rectificación del alcohol obtenido de la segunda destilación para incrementar el grado de alcohol etílico desde los ~85% hasta los ~95% v/v Gay Lussac. Este proceso es una destilación binaria por columnas de relleno de cuarzo, consiste en que el equipo se encarga de concentrar el etanol hasta su capacidad máxima de purificación o punto azeotrópico de etanol y agua a presión atmosférica de 694.5 Milibares de la ciudad de Cusco, reteniendo en las colas agua, alcoholes pesados y fusel.

El equipo con el cual se purificó el alcohol de la segunda destilación es la columna combinada de platos y relleno con una capacidad de 300 litros y recirculación parcial para el enriquecimiento del componente más volátil que opera en forma discontinua o por lote y alimentada con fuente de energía a leña. Este equipo de rectificación cuenta con un sistema de refrigeración tipo serpiente, tanque de recepción de alcohol etílico e instrumentos de control como alcoholímetro, termómetros, manómetros, flujo volumétrico y cronómetro. Toda la operación de rectificación de alcohol se llevó a cabo con los procedimientos establecidos por la planta.

A continuación, se detalló los procedimientos técnicos en la operación de la rectificación del alcohol.

- Inicialmente se inspeccionó el equipo rectificador de 300 litros, con el objetivo de prevenir fugas de vapor de alcohol en las juntas y la disposición de servicios complementarios para no interrumpir el proceso.
- En segundo lugar, se realizó la carga completa al calderín del equipo destilador de alcohol a rectificar.
- En tercer lugar, como las demás destilaciones anteriormente se esperó la primera producción de punto de burbuja que se visualizó por el visor del equipo rectificador luego se controló los parámetros en intervalos de una hora, parámetros como el tiempo, temperatura, flujo volumétrico, presión manométrica y la concentración de alcohol hasta el final del proceso.

- Luego, ya completado el tiempo de la rectificación hasta el grado alcohólico requerido de ~95% en el producto final obtenido.
- Al finalizar la etapa se inició la descarga de los fondos del equipo para luego disponer la recuperación de los alcoholes restante.

A continuación, se presenta la tabla 8 de control de parámetros del proceso de la rectificación etanol-agua para la concentración del grado alcohólico.

Se presenta la siguiente Tabla 8, la hoja de control de parámetros del proceso de rectificación por columna de relleno para obtención de alcohol etílico.

Tabla 8: *Hoja de control de los parámetros físico-químicos para la rectificación*

HOJA DE CONTROL DEL PROCESO DE RECTIFICACION DE ALCOHOLES						
FECHA .../.../....						
N	Tiempo	Temperatura	Alc. %v/v	Flujo V	Presión	Observaciones
01						
02						
.
.
.
31						
32						
Responsable....., Firma:						

A continuación, se muestra en la Figura 29, el equipo rectificador de columna de relleno, con el cual se realizó el proceso de purificación del alcohol.

Figura 29: Equipo de rectificador de 300 litros. vista del calderín, vista de la columna de platos y rellenos, vista del sistema de enfriamiento



3.3.5. Adsorción de lecho fijo y filtración del alcohol etílico

Para la obtención del alcohol etílico purificado, el proceso consistió en separar las impurezas que contiene el alcohol rectificado obtenido a partir del residuo líquido, impurezas como los fenoles, partículas suspendidas y contaminantes orgánicos propios del residuo líquido. Para este proceso se usó el carbón activo de origen vegetal usado ampliamente en la industria de bebidas alcohólicas con las propiedades desodorizantes, que tiene una capacidad de adsorción en su superficie entre 500 – 1500 m²/g, conforme la ficha técnica que se muestra en el Anexo 1. Este proceso de purificación se realizó en columnas de absorción de lecho fijo rellenas con carbón activo. Este equipo cuenta con un sistema de bombeo, columnas de relleno de carbón activo, manómetro y control de flujo. Para finalizar se realizó la última filtración con el objetivo de garantizar la transparencia y que se encuentre libre de solidos suspendidos totales.

A continuación, se muestra en la Figura 30, el equipo de filtración y carbón activo de origen vegetal.

Figura 30: Columna de adsorción de lecho fijo y carbón activo vegetal



En la etapa final se realizó el análisis de las propiedades y características físico-químicas como densidad, pH, % alcohol y análisis organolépticos del alcohol etílico desodorizado y alcohol no desodorizados en las entrada y salida de la columna de adsorción.

A continuación, se presenta la Tabla 9 de las características físico químicas del alcohol etílico.

Tabla 9: Características físico-químicas de entrada y salida del alcohol etílico

No	Parámetros	Entrada		Salida		Promedio de salida
		Lote 1	Lote 2	Lote 1	Lote 2	
1	Temperatura (°C)					
2	Densidad (kg/m ³)					
3	Ph					
4	% v/v de Alcohol					
5	Aroma					
6	Sabor					
7	Color					

3.3.6. Control de calidad del alcohol etílico

El control de calidad del alcohol etílico recuperado del residuo líquido, debe cumplir un conjunto de cualidades y características para garantizar que el producto cumpla los requisitos mínimos de calidad, para cual se realiza los análisis físico-químicos y organolépticos, para ser comercializados y disponer como materia prima o insumo para elaborar o producir otros sub productos como desinfectante, biocombustible, thinner, disolventes, textil, colorantes, cosméticos, barnices, detergentes, aerosoles, bebidas alcohólicas y otros.

Para el control de calidad se realizó por el método comparativo que consistió en comparar los productos que ya existen en el mercado, para establecer sus similitudes y diferencias tanto como las propiedades y características físico-químicas, para definir la calidad del alcohol etílico recuperado del residuo líquido.

A continuación, se presenta la tabla 10, en comparación del alcohol etílico obtenido y alcoholes de otras marcas.

Tabla 10: Comparación del alcohol etílico del residuo líquido con otras marcas de alcoholes del mercado.

No	Parámetros de control	Alcohol etílico del residuo líquido	1° Alcohol etílico de otra marca	2° Alcohol etílico de otra marca
1	Temperatura (°C)			
2	Grado alcohólico %v/v			
3	Densidad (kg/m ³)			
4	pH			
5	TDS (ppm)			
6	Conductividad (µS/cm)			
7	Color			
8	Olor			
9	Sabor			

Luego se realizó la ficha técnica del alcohol etílico para que cumpla con las normas de seguridad y calidad, que se muestra en el anexo 2, para disposición como insumo y/o materia prima y transporte.

3.4. Elaboración de alcohol desinfectante

Para la elaboración de alcohol desinfectante del alcohol etílico recuperado del residuo líquido, se tomó en cuenta las recomendaciones de la OMS Y MINSA para el desinfectante y para la cual se requirieron insumos de calidad garantizados con ficha técnica como el alcohol etílico, agua destilada y glicerina como humectante para el cuidado de la piel.

Los ingredientes que se requirieron para la elaboración del alcohol desinfectante de 70 %v/v grado alcohólico, se presenta en la Tabla 11.

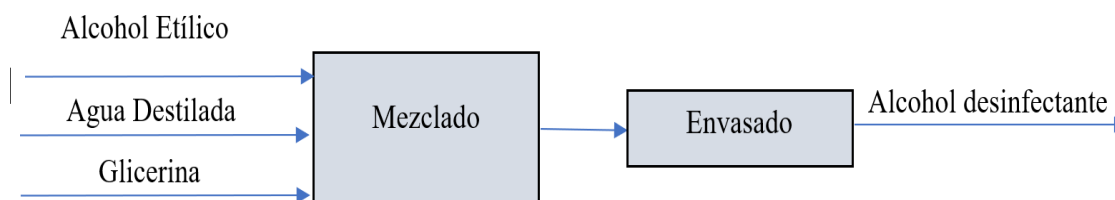
Tabla 11: *Insumos para la elaboración de alcohol desinfectante de 70 %V/V*

Materia prima e insumos	Unidades	Relación	Requerido	Fichas técnicas
Alcohol etílico	L			
Glicerina	g			
Agua destilada	L			

El alcohol desinfectante debe tener la calidad recomendada por las instituciones pertinentes como MINSA y DIGEMID, para que este en contacto con la piel y deberá cumplir su función de ser un producto de desinfección, antiséptica y viricida.

Para el proceso de elaboración se sigue el procedimiento de la Figura 31, en cual consiste en realizar la mezcla de los insumos requeridos en un recipiente de acero inoxidable, conforme con la formulación de alcohol desinfectante de 70 grados alcohólicos Gay Lussac.

Figura 31: Diagrama para la elaboración de alcohol desinfectante



3.3.1. Procedimiento en la elaboración de alcohol desinfectante

Para la elaboración de alcohol desinfectante, inicialmente se realiza los cálculos matemáticos de concentraciones para la mezcla de alcohol, es por el método de la dilución de alcohol y porcentaje masa -volumen para la incorporación de glicerina. Este método de diluciones que se usa se aplica solo a soluciones líquidas, que consistió en agregar agua desmineralizada al alcohol etílico para obtener la concentración de 70 %v/v grados de alcohol. Para la cual se muestra la ecuación para la dilución.

$$V_i \times C_i = V_f \times C_f$$

Donde:

V_i y C_i , son la concentración y volumen inicial

V_f y C_f , son la concentración y volumen final

Para la adición de la glicerina de acuerdo a la ficha técnica que recomienda de 1 hasta 5 g/L. en esta elaboración como humectante para el cuidado de la piel de las manos se usó la ecuación siguiente para el cálculo de porcentaje masa – volumen.

$$\% \left(\frac{m}{v} \right) = \left(\frac{\text{masa soluto}}{\text{volumen soluto}} \right) \times 100\%$$

En la elaboración del alcohol desinfectante a 70 %v/v, se debe concluir con el control de calidad, para lo cual se realiza los análisis físico-químicos del producto final. El alcohol desinfectante obtenido debe ser útil y seguro para el uso como desinfectante de manos y artículos.

A continuación, se presenta en la Tabla 12 los valores obtenidos del análisis del alcohol desinfectante.

Tabla 12: *Control de calidad del alcohol desinfectante*

No	Parámetros de control del alcohol desinfectante	Resultados
1	Temperatura (°C)	
2	Grado alcohólico (%v/v, gay Lussac)	
3	Densidad (kg/m ³)	
4	Ph	
5	TDS (ppm)	
6	Conductividad (μS/cm)	
7	Color	
8	Olor	
9	Sabor	

3.4.2. Disposición de alcohol desinfectante de 70 % V/V como producto final

Después de la elaboración de alcohol desinfectante, se envasó en diferentes presentaciones y volúmenes para su comercialización en forma de uso personal para el público en general y en agranel.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Características del residuo líquido.

Los resultados de la caracterización del residuo líquido se muestran en la Tabla 13, correspondientes al mes de febrero y marzo del año 2022, el valor promedio del porcentaje de alcohol es de 5.10 %v/v que se usó para la obtención de alcohol desinfectante. Se puede observar que los promedios de los demás parámetros son: temperatura 6.15 °C, pH 5.21, y densidad 1014 kg/m³, valores que caracterizan al residuo líquido como buen sub producto para la recuperación de alcohol.

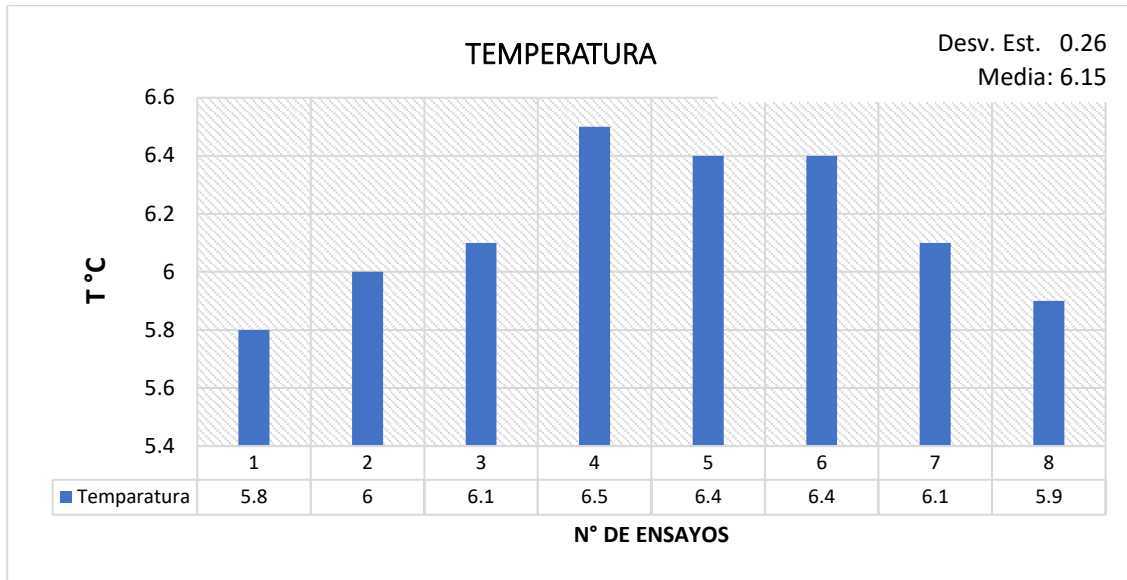
Tabla 13: *Características del residuo líquido*

No de Ensayos	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Promedio				
T (°C)	5.80	6.00	6.10	6.50	6.40	6.40	6.10	5.90	6.15
pH	5.18	5.19	5.22	5.25	5.20	5.21	5.20	5.20	5.21
Densidad (kg/m ³)	1020	1017	1013	1011	1012	1011	1015	1015	1014
Alcohol (%v/v)	4.85	4.88	5.10	5.35	5.15	5.35	5.00	5.05	5.10

4.1.1. Temperatura del residuo líquido.

La Figura 32, muestra la variación de la temperatura de las diferentes muestras; observándose el valor promedio de 5.90°C, con un valor mínimo de 5.8 °C y máximo de 6.5 °C.

Figura 32: Variación de la temperatura de las muestras del residuo líquido



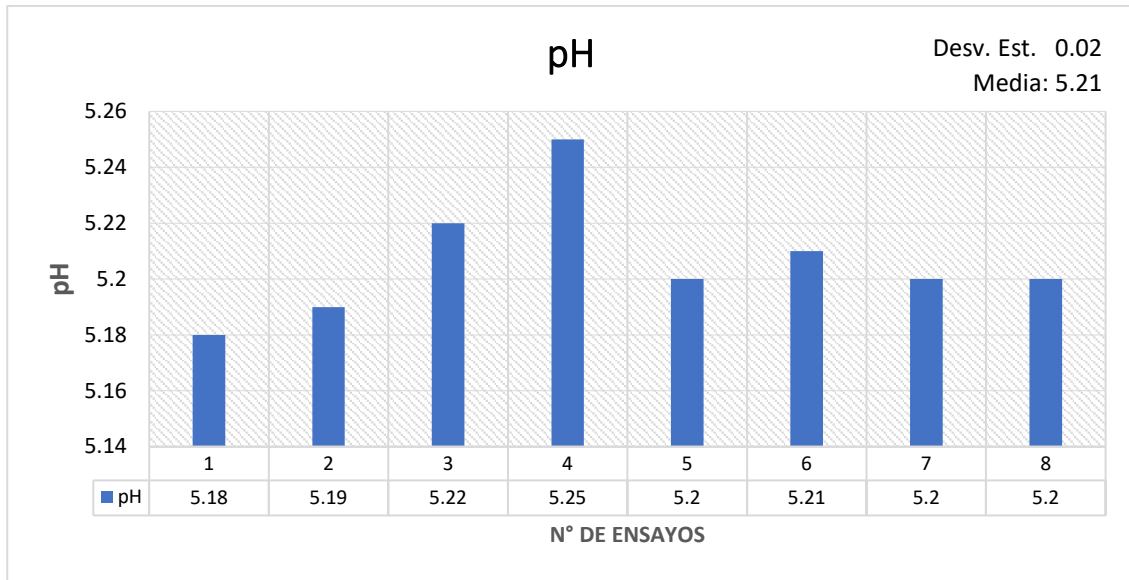
La Figura 32, indica que la desviación estándar es de 0.26, el cual es mínimo y un promedio de temperatura de 6.15°C, estas ligeras variaciones de la temperatura del residuo líquido indican, que se mantuvo a bajas temperaturas para la buena conservación de la levadura gastada y garantizar la calidad del alcohol recuperado. Estos valores se pueden comparar con los datos de la temperatura de finalización de fermentación, según *Hernández. S y Fremio. (2009)*, donde indica que la temperatura de 4 a 10 es suficiente para inactivar la levadura en suspensión y así precipitarla al fondo del tanque fermentador, para que luego sean retirados. La temperatura de 6.15°C del residuo líquido está dentro del rango mencionado, esto indica que la temperatura de la inactivación de la levadura es muy importante, porque detiene la actividad de descomposición del residuo líquido almacenado en los tanques para su disposición o tratamiento. Caso contrario un mal manejo en el almacenamiento podría alterar los demás parámetros dando lugar a los malos aromas y la disminución del porcentaje del grado alcohólico Gay Lussac.

4.1.2. pH del residuo líquido.

Los resultados de los análisis físico-químicos muestran los datos con respecto al pH que mide la concentración de hidrogeniones indicando el grado de acidez del residuo líquido. Se puede observar la Figura 33, el valor promedio de 5.21, con un valor mínimo de 5.18 y máximo de 5.25; también se puede observar la desviación estándar es de 0.02 y

este valor indica que las muestras del residuo líquido son similares con respecto a las demás muestras analizadas.

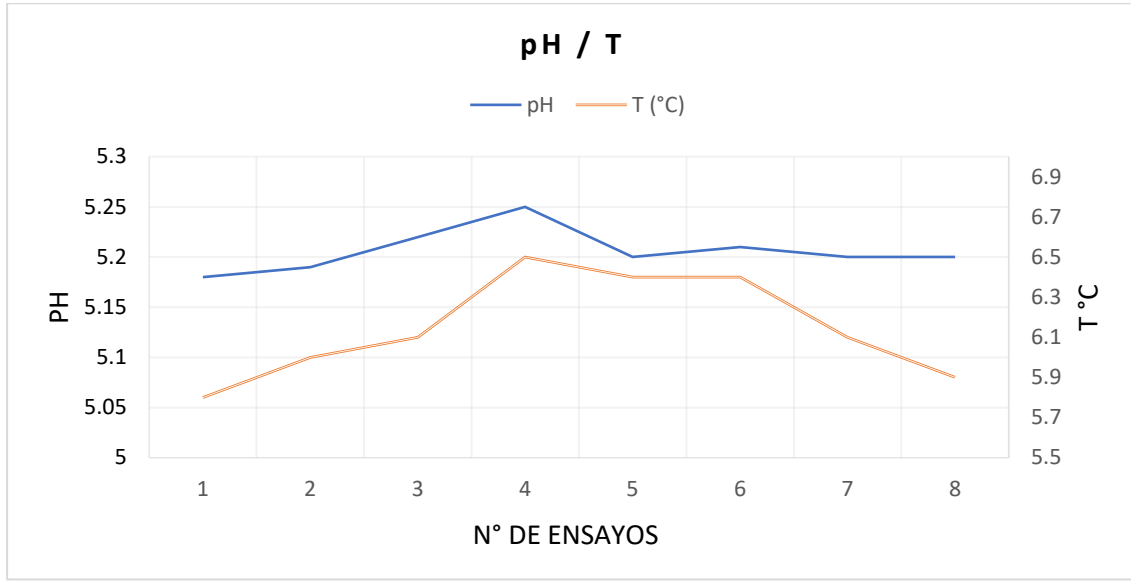
Figura 33: Variación del pH de las muestras del residuo líquido



El rango de los valores de 5.18 – 5.25 de pH del residuo líquido, se pueden comparar con los datos del pH de la fermentación, según *Coote, N., & Kirsop, B. H. (1976)*, que indica si la levadura en suspensión está agotada tendrá un pH alto mayor a 4.5, debido al citoplasma liberado por la levadura o la autólisis, por tanto, las levaduras estudiadas respondieron de manera positiva, por lo mencionado el pH del residuo líquido se mantiene constante con respecto a los demás parámetros estudiados (temperatura, densidad y porcentaje de alcohol), esta información indica que a bajas temperatura y con un tiempo corto de almacenamiento se cumple con los procedimientos de recepción y almacenamiento.

En la Figura 34, se observa la comparación de la curva de pH con respecto a la curva de Temperatura, ambas curvas tienen el mismo comportamiento según la toma de datos de las muestras analizadas.

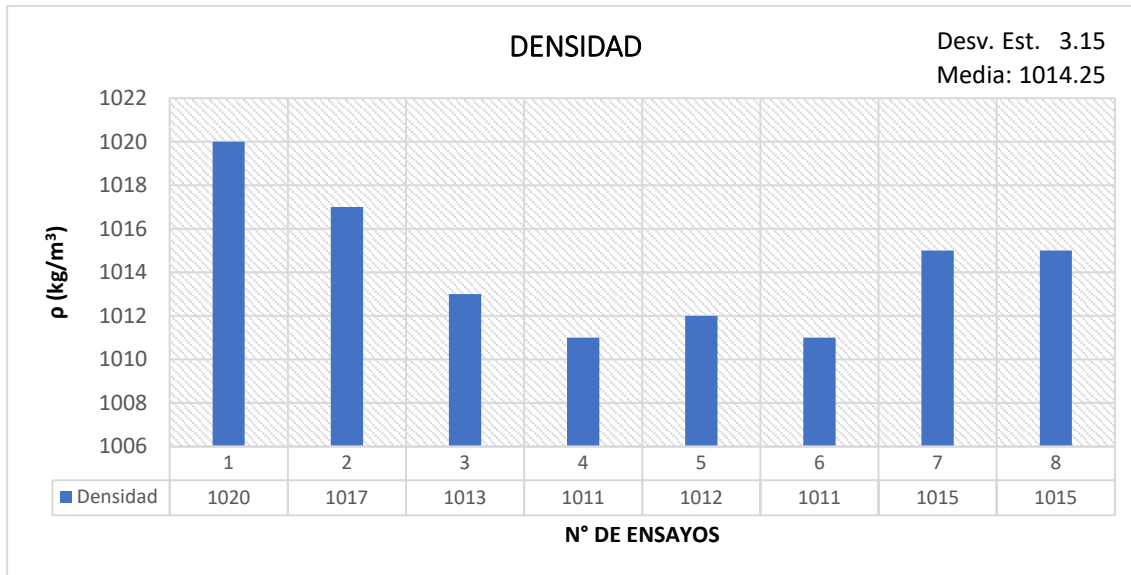
Figura 34: Relación de pH con respecto a la temperatura



4.1.3. Densidad del residuo líquido.

Los resultados del análisis de densidad del residuo líquido se pueden observar en la Figura 35, un valor promedio de 1014 kg/m³, con un máximo de 1020 kg/m³ y un valor mínimo de 1011 kg/m³. También se puede indicar que la desviación estándar es de 3.15 ligeramente bajo debido a que la densidad del residuo líquido es similar con respecto a las demás muestras analizadas.

Figura 35: Variación de la densidad



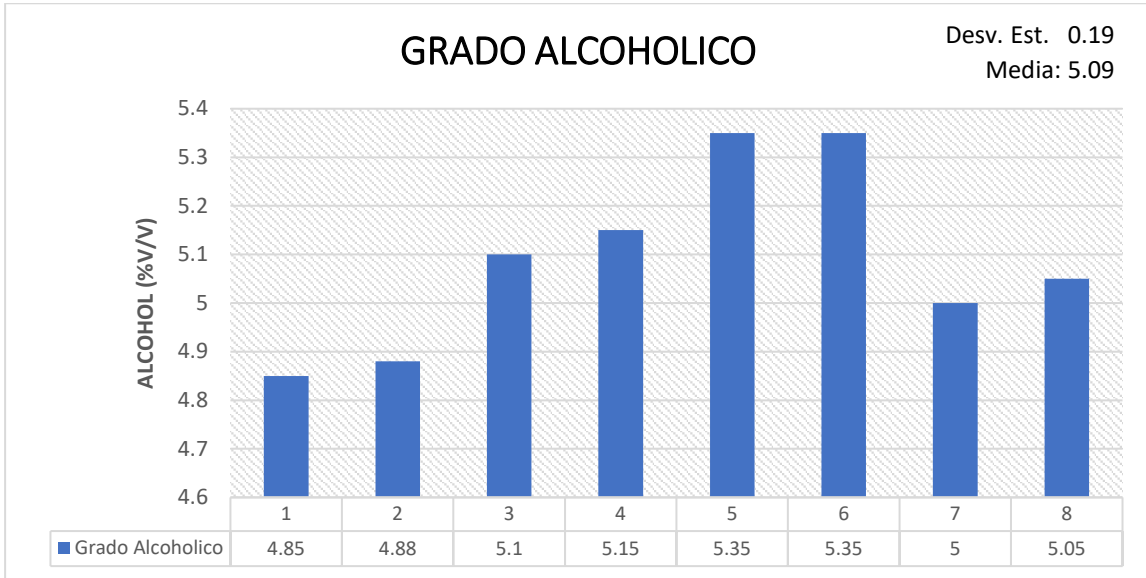
De acuerdo a la Figura 35, se puede diferenciar el valor más alto de la densidad de la muestra estudiada que corresponde al de mayor contenido de levadura gastada en los fondos de los fermentadores y el menor valor de densidad indica menor contenido de levadura gastada. Se puede mencionar según *F. castro, (2003)* que la producción de levadura en la fermentación de cerveza es variable por el tipo de producto a elaborar y puede variar de 1 hasta 5g. y la adición de insumos para la precipitación de levadura, todo ello varía en la densidad del residuo líquido, que se genera en la fermentación de cerveza. La variación de la densidad del residuo líquido se da por factores como la agregación de agua en la limpieza de los tanques fermentadores, arrastre de las cervezas que están más cercanas al fondo de levaduras precipitadas y tipos de cervezas producidas. También se pudo observar que a mayor densidad existe mayor precipitación de sólidos en el fondo del equipo destilador de laboratorio, propenso a quemarse y lo contrario ocurre con las de baja densidad que hay mínimo restos de levadura en el fondo del equipo del destilador.

4.1.4. Contenido de alcohol del residuo líquido.

Se puede observar en la Figura 36, el valor promedio es de 5.09 %v/v, con un valor mínimo de 4.85 %v/v, máximo de 5.35 %v/v y la desviación estándar es de 0.19 que indica que los datos obtenidos son cercanos con respecto a las demás muestras analizadas. Se puede contrastar con los datos mencionados según *M. Gisbert, (2016)* que la graduación alcohólica en la producción de cerveza industrial es amplia y generalmente está comprendida entre los 3 hasta 9 %v/v. Se puede mencionar que el porcentaje del grado alcohólico obtenido está dentro del rango mencionado, pudiendo variar el porcentaje de alcohol del residuo líquido por la adición de agua, como en la limpieza de los tanques de fermentación.

A continuación, se muestra en la figura 36 la variación del porcentaje de alcohol del residuo líquido.

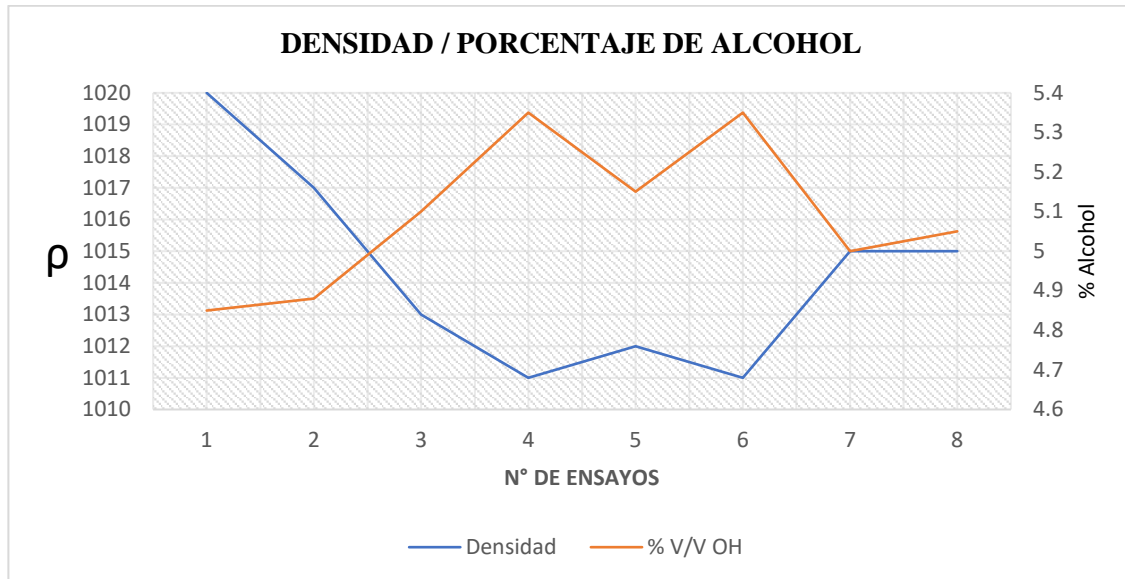
Figura 36: Variación del grado alcohólico



De acuerdo a la Figura 36, se puede observar que los porcentajes de grado alcohólico no son iguales por ser un residuo líquido, la variación de grado alcohólico del residuo líquido, va conforme descarguen los fondos de los fermentadores de la industria cervecera con un contenido de levaduras gastadas con resto de la cerveza producidas y finalmente un lavado con agua y conforma el residuo líquido.

A continuación, se muestra en la figura 37 la relación de la densidad con respecto al porcentaje de alcohol en el residuo líquido.

Figura 37: Relación de densidad con respecto al contenido de alcohol



Por la Figura 37 se puede observar la comparación de la curva de densidad con respecto a la curva del porcentaje de alcohol presente en el residuo líquido, que las curvas son opuestas, que a mayor densidad de 1020 kg/m³ hay menor contenido de porcentaje de alcohol de 4.85 %(v/v) y a menor densidad de 1011 kg/m³ hay mayor contenido de alcohol de 5.35 %(v/v), esta comparación indica que la densidad está relacionada inversamente proporcional al contenido de alcohol en el residuo líquido.

4.2. Recuperación de alcohol etílico del residuo líquido.

Los resultados del contenido de alcohol se muestran en la Tabla 14, alcanzando así el segundo objetivo específico de la investigación en la recuperación de alcohol etílico del residuo líquido.

Tabla 14: *Resultados de la recuperación del alcohol etílico del residuo líquido.*

Etapas de la obtención de alcohol etílico	Resultados		
	1° lote	2° lote	Promedio
Recepción, control y almacenamiento	5.05 % v/v, 5000 L	5.10% v/v, 5000 L	5.08 % v/v, 5000 L
1° Destilación	50 % v/v, 480 L	50 % v/v, 484 L	50 % v/v, 482 L
2° Destilación	85 % v/v, 269 L	85 % v/v, 271 L	85 % v/v, 270 L
Rectificación	95 % v/v, 209.5 L	95 % v/v, 210.5 L	95 % v/v, 210 L
Adsorción por lecho fijo	95 % v/v, 209 L	95 % v/v, 210 L	95 % v/v, 209.5 L
Microfiltración	95 % v/v, 209 L	95 % v/v, 210 L	95 % v/v, 209.5 L

Durante el proceso de recuperación del alcohol del residuo líquido se tomaron en cuenta los parámetros establecidos en la línea de entrada y salida de cada etapa del proceso.

Los parámetros evaluados fueron T (°C), pH, ρ (kg/m³), %v/v alcohol y el flujo V⁰ (ml/min) promedio de carga y descarga de cada etapa del proceso.

A continuación, se presenta la Tabla 15, de las líneas del diagrama de flujo de procesos en la recuperación de alcohol etílico del residuo líquido.

Tabla 15: Datos de las líneas del diagrama de flujo de proceso de la obtención del alcohol etílico.

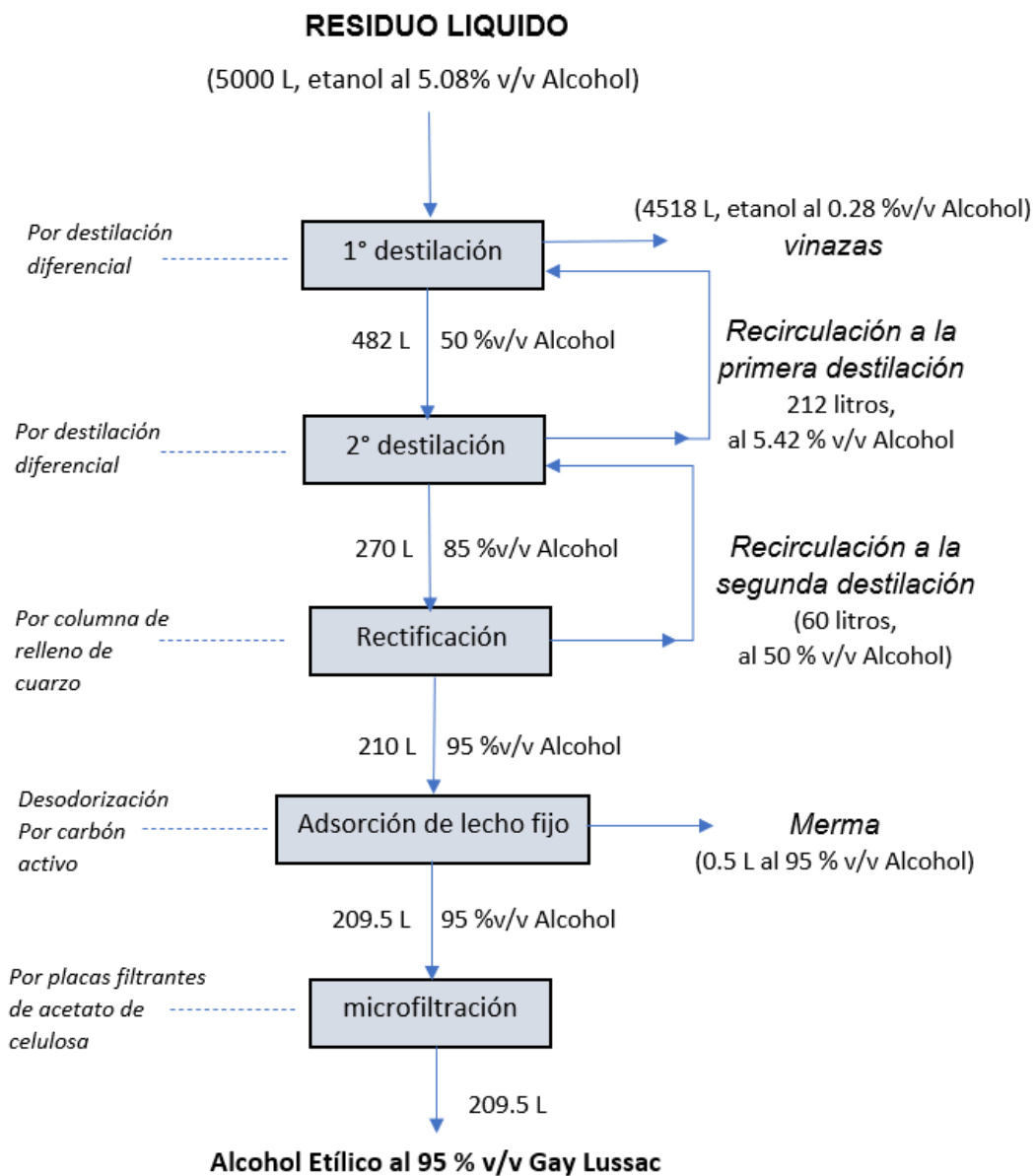
No de líneas	1	2	3	4	5	6	7	8
Fluido	Residuo líquido	1^{er} Destilado	Vinazas	2^{do} Destilado	RFE 2^{do} Destilado	Rectificado	RFE Rectificado	Alcohol etílico
Temp. (°C)	11	20	89	20	70	20	70	20
pH	5.23	5.35	.....	6.25	.....	6.93	.....	7.02
Densidad (kg/m³)	1018	928	1018	876	.....	805	.....	803
Grado alcohol (% v/v)	5.8	50	0.28	85	5.42	95	50	95
Flujo V ml/min	..... ..	402	226×10^3	375	42.4×10^3	437.5	20×10^3	3500

Nota. RFE: Recirculación de los fondos del equipo

Balance de materia volumétrica del proceso de recuperación de alcohol etílico.

Para el balance de materia volumétrica, se usaron los datos promedios de la recuperación de alcohol etílico del residuo líquido, los cuales se muestran en la Figura 38.

Figura 38: Balance de materia volumétrica de la recuperación de alcohol etílico del residuo líquido.



En la Figura 38, se puede observar en la primera destilación, la salida de la vinaza que se descarga después de concluir el proceso que fue de 4518 litros con grado alcohólico de 0.28%v/v como merma. También se muestra que al finalizar el proceso de la segunda destilación hay una recirculación de 212 litros de los fondos por contener resto de alcohol de 5.42%v/v que no fueron destilados hasta su agotamiento total, esta recirculación se hizo para evitar pérdidas, se recircula todo el fondo hasta el primer equipo de destilación del residuo líquido a destilar para concluir el proceso de la destilación.

Se observa también en la Figura 38, se muestra que, al finalizar el proceso de la rectificación del alcohol, inicia la descarga de los fondos que aun contiene alcohol en buen porcentaje de 50 %v/v que no fueron destilados hasta su agotamiento total y por tal razón se hace una recirculación total de 60 litros que quedaron, en el segundo equipo de destilación para concluir con el proceso en la recuperación de alcohol.

De acuerdo a la Figura 38, se observó el proceso de purificación por adsorción de lecho fijo, hay una merma de 0.5 litros de alcohol etílico para ambos lotes, se puede mencionar que en el carbón activo hay una mínima cantidad de pérdida de alcohol etílico, pero el porcentaje de alcohol se mantiene constante en el proceso adsorción, se puede decir que en este proceso de lecho fijo de carbón activo se mejora la calidad de las características físico-químicos del alcohol etílico, por tanto en ambos lotes se alcanzaron los objetivos esperados.

4.2.1. Primera destilación.

En el equipo de destilación se hizo la carga de 5000 litros con un promedio de grado alcohólico de 5.08 %v/v del lote 1 y lote 2. Posteriormente se inició con el calentamiento que tardó un tiempo aproximado de 22 horas en llegar al punto de burbuja a la temperatura de 79°C y los datos se muestran en la Tabla 16 del proceso de la primera destilación que se mantuvo 20 horas continuas hasta su agotamiento en alcohol del residuo líquido.

A continuación, se presenta la Tabla 16, los datos del proceso de la primera destilación del residuo líquido.

Tabla 16: *Datos del proceso de la primera destilación.*

No	Hora	V (ml/min)	%v/v Alcohol	T °C
1	8:10 a.m.	325	65	79
2	9:10 a.m.	380	63	80
3	10:10 a.m.	426	63	80.5
4	11:10 a.m.	472	62	81
5	12:10 p.m.	480	62	81
6	1:10 p.m.	482	62	81
7	2:10 p.m.	478	60	82
8	3:10 p.m.	476	57	84
9	4:10 p.m.	460	54	87
10	5:10 p.m.	455	54	87
11	6:10 p.m.	451	52	88
12	7:10 p.m.	442	49	88
13	8:10 p.m.	420	47	89
14	9:10 p.m.	408	45	89
15	10:10 p.m.	398	42	89
16	11:10 p.m.	382	40	89
17	12:10 a.m.	374	37	89.1
18	1:10 a.m.	315	33	89.1
19	2:10 a.m.	293	31	89.2
20	3:10 a.m.	280	30	89.5

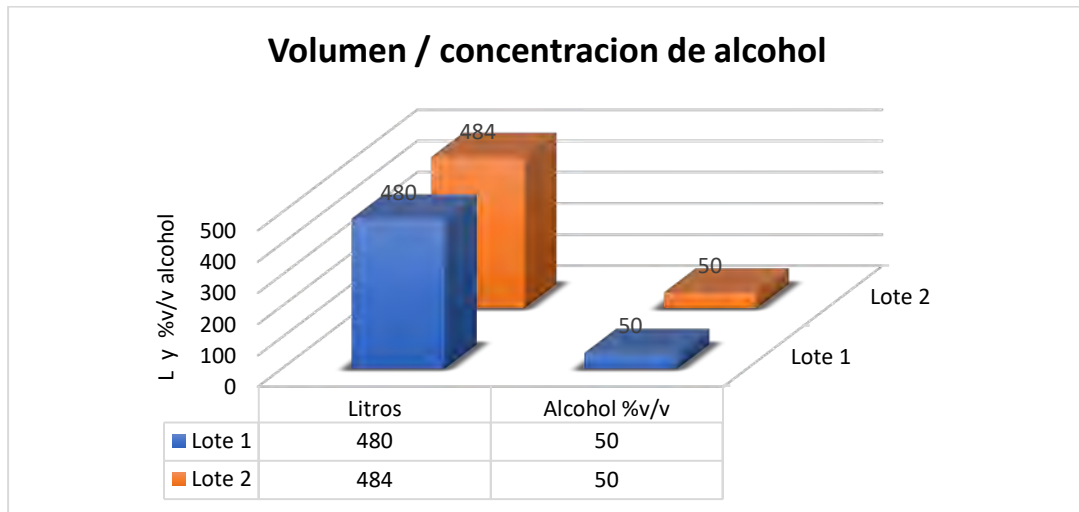
En la Tabla 16, se muestran los datos obtenidos en el proceso de la primera destilación del residuo líquido, se muestran los datos con respecto a la hora, flujo volumétrico, porcentaje de alcohol y la temperatura. El inicio de carga fue a las 10:00 a.m., transcurriendo 22 horas en el calentamiento del residuo líquido hasta su del primer punto de burbuja que fue a las 8:10 a.m. del día siguiente y después tardo 20 horas más en concluir la destilación, los datos se recopilaron con un intervalo de una hora.

Se observa en la Tabla 16, con el primer dato registrado, de temperatura 79 °C como lectura mínima, indica el inicio de la destilación transcurriendo el tiempo del proceso va incrementado lentamente hasta registrar su máximo valor de 89.5 °C; al llegar al punto de

ebullición del agua, de la presión atmosférica de la ciudad de Cusco (T. 89 °C y P atm. 694 mbar) este valor indica que hay mínima concentración de alcohol en el destilador, este dato indica que la destilación ha concluido.

A continuación, se presenta la Figura 39 del volumen y concentración del alcohol obtenido de la primera destilación del residuo líquido.

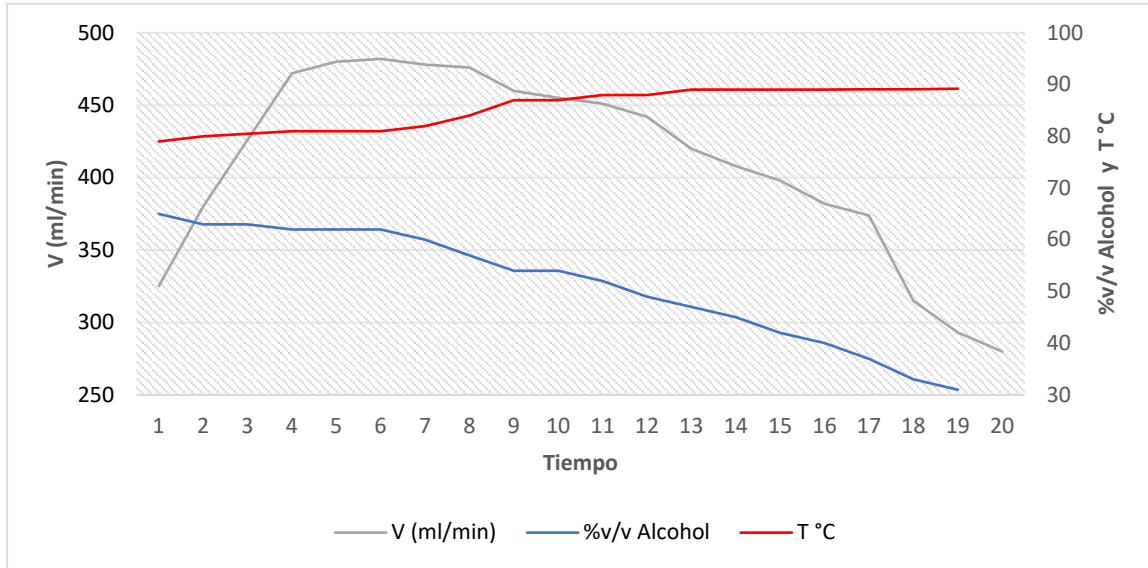
Figura 39: Volumen y porcentaje de alcohol obtenido en la primera destilación.



Se muestran en la Figura 39 la etapa de la recuperación de alcohol del residuo líquido por el proceso de la destilación simple diferencial y obteniendo los siguientes datos; del lote 1 se obtuvo 480 litros y en el lote 2 se obtuvo 484 litros a 50 %v/v de grado de alcohol para ambos lotes.

En la siguiente figura 40, se observa las curvas del flujo volumétrico, porcentaje de alcohol y temperatura de la primera destilación del residuo líquido, con un control continuo de cada una hora. También se describe en la curva el flujo volumétrico de la primera destilación que indica el primer dato registrado es de 325 ml/min, transcurriendo seis horas, se eleva al máximo el flujo volumétrico de 482 ml/min y se mantiene ocho horas ligeramente constantes, luego inicia un descenso lentamente hasta finalizar el proceso de la destilación del residuo líquido que fue con un flujo de 280 ml/min promedio, con un tiempo total del proceso de destilación de 20 horas.

Figura 40: Variación del flujo, Temperatura y % de alcohol en proceso de la primera destilación.



De la Figura 40, se puede observar la línea descendiente del porcentaje de alcohol con respecto a la línea ascendente de la temperatura, es inversamente proporcional al proceso de la destilación, la curva del flujo volumétrico es independiente a estas líneas mencionadas por no influir en el proceso.

4.2.2. Segunda destilación.

En esta etapa se realizó el proceso de la segunda destilación del residuo líquido con el equipo de destilación de 500 L, para el incremento de grado alcohólico por destilación diferencial de una sola etapa.

El alcohol obtenido del primer lote con 480 litros, el segundo lote 484 litros con grado alcohólico de 50 %v/v para ambos casos de la primera destilación, estos productos se usaron para la segunda etapa de destilación para incrementar el grado alcohólico, se siguieron los procesos establecidos por la planta y se inició con el calentamiento de la carga, que tardó un tiempo aproximado de tres horas en llegar al punto de burbuja de la mezcla a una temperatura de 68°C, el proceso de la segunda destilación se mantuvo doce horas continuas hasta su agotamiento parcial de alcohol en el equipo destilador y los datos recolectados cada 30 minutos.

A continuación, se presenta la Tabla 17, los datos del proceso de la segunda destilación.

Tabla 17: *Datos del proceso de la segunda destilación.*

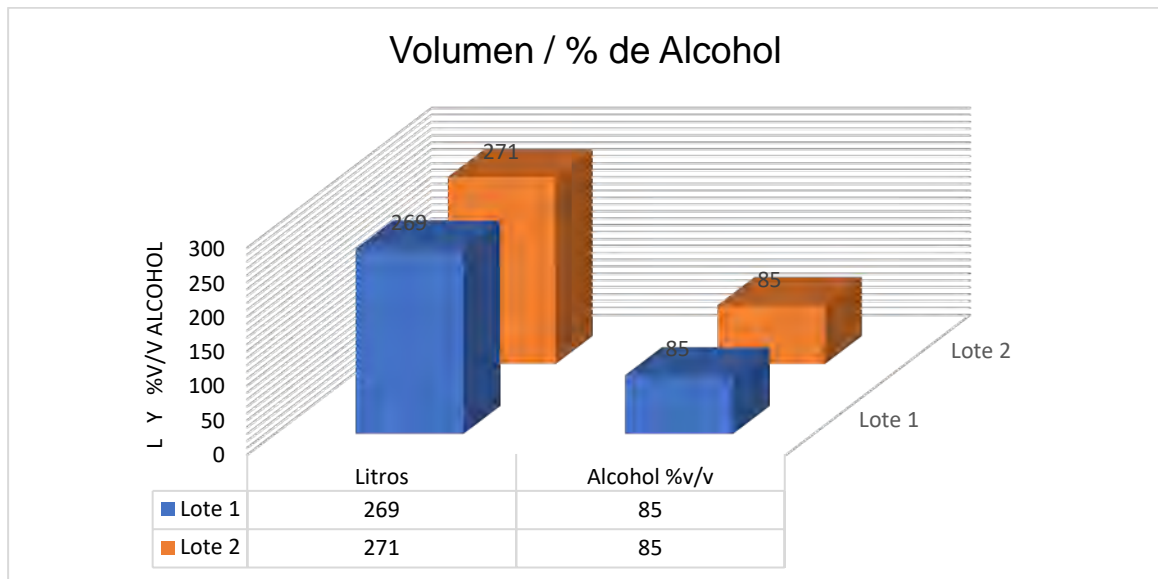
No	Hora	%v/v Alcohol	T °C	V (ml/min)
1	9:50 a.m.	88	68	349
2	10:20 a.m.	87.5	68	364
3	10:50 a.m.	87.4	68	406
4	11:20 a.m.	87	68	429
5	11:50 a.m.	87	68	439
6	12:20 p.m.	87	68	436
7	12:50 p.m.	87	68	428
8	1:20 p.m.	86.5	68.2	417
9	1:50 p.m.	86.1	68.5	407
10	2:20 p.m.	86	68.5	400
11	2:50 p.m.	85.6	69	394
12	3:20 p.m.	85.2	69	384
13	3:50 p.m.	84.8	69.5	380
14	4:20 p.m.	84.5	69.5	370
15	4:50 p.m.	84	70	357
16	5:20 p.m.	83.5	70	354
17	5:50 p.m.	83	70.5	344
18	6:20 p.m.	83	71	342
19	6:50 p.m.	83	71	339
20	7:20 p.m.	82.6	71.5	335
21	7:50 p.m.	82.1	72.5	332
22	8:20 p.m.	81.8	73	328
23	8:50 p.m.	81	73	326
24	9:20 p.m.	81	73	322

En la Tabla 17, se muestran los datos obtenidos en el proceso de la segunda destilación, con respecto al tiempo, flujo volumétrico, porcentaje de alcohol y la temperatura, desde el

encendido del equipo transcurrieron 3 horas en el calentamiento del residuo líquido, hasta la primera formación de punto de burbuja que fue a las 9:50 a.m. del mismo día y después tardó 12 horas en concluir la destilación y se registró el control cada 30 minutos.

Con los datos obtenidos en esta etapa, se muestra la siguiente Figura 41, para observar la diferencia de lote 1 y lote 2 con respecto al volumen y concentración de alcohol obtenidos.

Figura 41: *Volumen y Porcentaje de alcohol obtenido en la segunda destilación.*



De la Figura 41, del primer y segundo lote de destilado se observa el volumen y porcentaje de alcohol obtenido de la segunda etapa de destilación. En el lote 1 se obtuvo 269 litros y en el lote 2 se obtuvo 271 litros con 85 %v/v de grado de alcohol para ambos lotes.

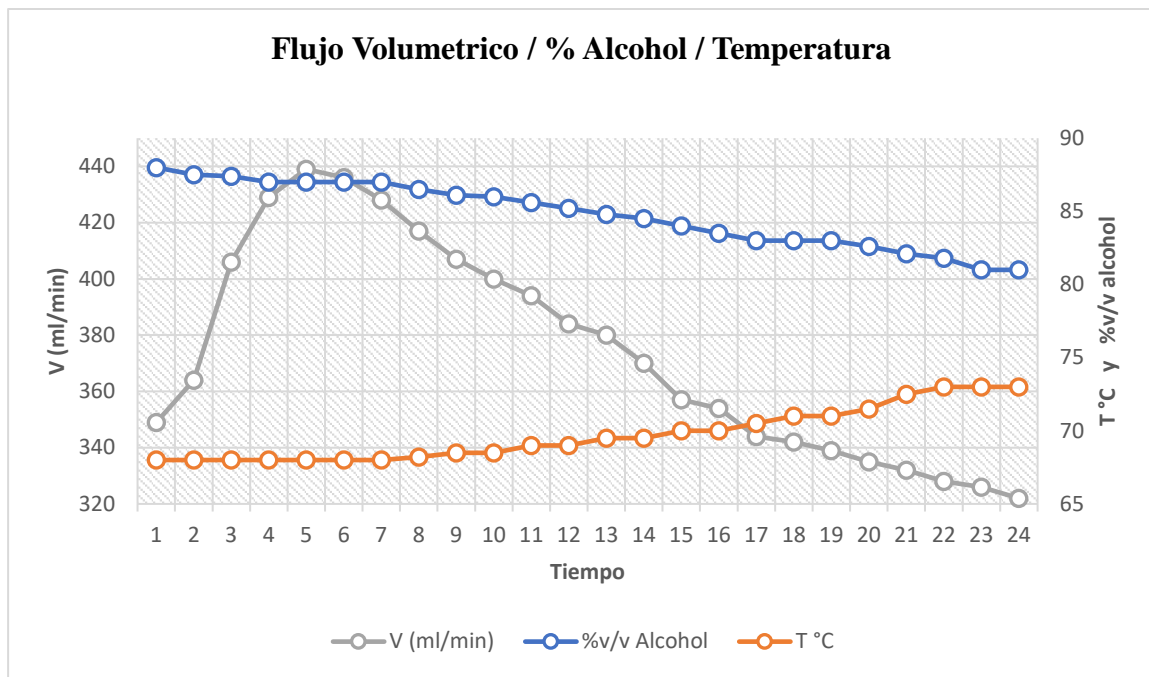
En la siguiente Figura 42, se observa las curvas del flujo volumétrico, porcentaje de alcohol y temperatura de la segunda destilación, también se describe la curva del flujo volumétrico y nos indica que el primer dato registrado es de 349 ml/min, transcurriendo 2 h 30 min se eleva al máximo el flujo volumétrico de 439 ml/min después inicia el descenso hasta finalizar el proceso de la destilación con un flujo de 322 ml/min promedio.

En la Figura 42, se observa la línea descendiente de la concentración de alcohol en porcentaje volumen-volumen. Iniciando con el primer dato registrado de 88 % v/v de alcohol como máximo valor, transcurriendo las 12 horas continuas, la línea sigue la forma

descendiente en el grafico hasta su agotamiento parcial en alcohol requerida y finaliza con 81 %v/v de alcohol.

La línea de temperatura del proceso de la destilación se puede observar en la Figura 42 e indica que es una línea ascendente curvada, iniciando con el primer dato registrado de 68 °C como la lectura mínima, transcurriendo el tiempo del proceso va incrementado lentamente hasta finalizar el proceso de la destilación requerida y registrando su máximo valor de 73°C.

Figura 42: *Flujo volumétrico / Temperatura / porcentaje de alcohol en proceso de la segunda destilación.*

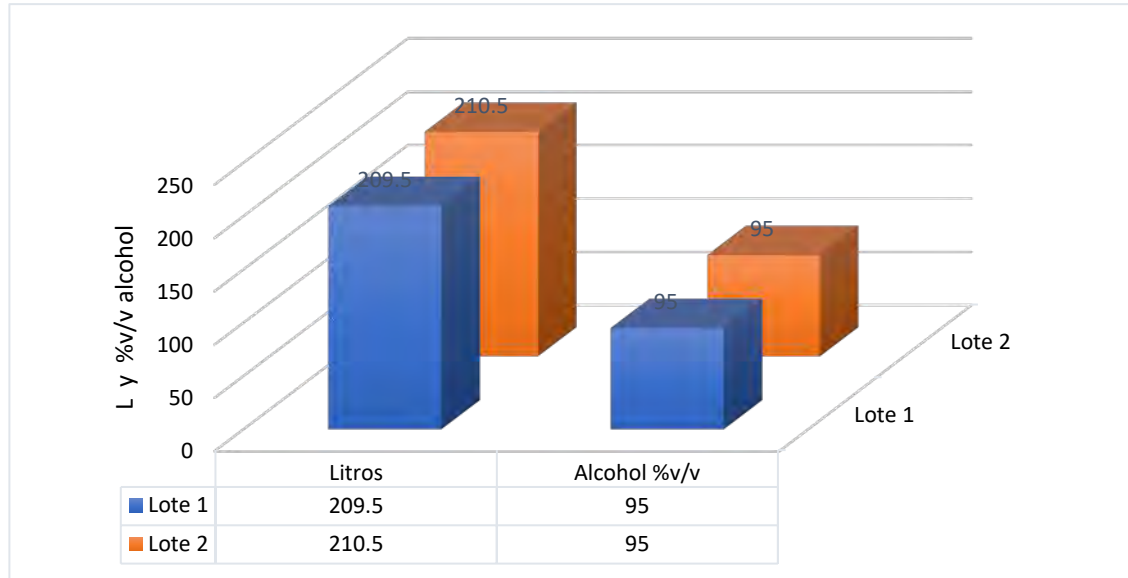


4.2.3. Rectificación del alcohol

En esta última etapa de la destilación por columna de relleno, el proceso se realizó con el objetivo de enriquecer el alcohol étlico. El proceso inicial de rectificación del alcohol se hizo con los lotes obtenidas de la segunda destilación, el lote uno con 269 litros y el lote dos con 271 litros con un grado alcohólico de 85 %v/v para ambos, se hicieron las cargas respectivas para el proceso de rectificación respectiva, tardando un tiempo aproximado de 2 horas en llegar a la temperatura de punto de burbuja de la mezcla de 61°C y se mantuvo 8 horas continuas hasta su agotamiento parcial de alcohol en el equipo rectificador.

Con los datos obtenidos en esta etapa del proceso de rectificación del alcohol se muestra en la siguiente Figura 43, para observar la diferencia de lote 1 y lote 2 con respecto al volumen y concentración de alcohol obtenido.

Figura 43: *Volumen y Porcentaje de alcohol etílico de la rectificación*



De acuerdo a la Figura 43, en el lote 1 se obtuvo 209.5 litros de 95 %v/v de grado de alcohol y en el lote 2 se obtuvo 210.5 litros de 95 %v/v de grado de alcohol, se puede observar el primer y segundo lote que hay una diferencia de un litro de volumen en el producto final obtenido y no hay diferencia en el porcentaje de alcohol en ambos lotes, la graduación de grado alcohólico es de 95 %v/v, es el tope máximo de purificación que puede realizar el equipo rectificador.

En la Tabla 18, en adelante se muestran los 32 datos registrados en el proceso de la rectificación, con respecto al tiempo, flujo volumétrico, porcentaje de alcohol, temperatura y la presión manométrica de la columna de relleno. En el proceso la mezcla alcanzó el primer punto de burbuja a 76 °C, y tardó 8 horas en concluir el proceso de la destilación, se registró el control cada 15 minutos por ser de alto grado alcohólico requiriendo mayor control.

A continuación, se presenta la Tabla 18, los datos del proceso de rectificación del alcohol etílico.

Tabla 18: *Proceso de la rectificación del alcohol*

No	Hora	Y (ml/min)	%v/v Alcohol	T °C	P m (mbar)
1	10:25 a.m.	385	95.5	76	36
2	10:40 a.m.	452	95.5	76	38
3	11:55 a.m.	488	95.5	76.5	40
4	11:10 a.m.	520	95.4	77	44
5	11:25 a.m.	525	95.4	78	44
6	11:40 a.m.	532	95.35	79	44
7	11:55 a.m.	530	95.3	80	44
8	12:10 p.m.	525	95.3	81	48
9	12:25 p.m.	525	95.2	81	50
10	12:40 p.m.	520	95.2	82	50
11	12:55 p.m.	518	95.2	82	50
12	1:10 p.m.	505	95.2	82	50
13	1:25 p.m.	485	95.2	82	50
14	1:40 p.m.	473	95.2	82	50
15	1:55 p.m.	460	95.2	82	50
16	2:10 p.m.	458	95.2	82	50
17	2:25 p.m.	430	95.2	82	52
18	2:40 p.m.	415	95.15	82	52
19	2:55 p.m.	388	95.15	82.5	52
20	3:10 p.m.	368	95.1	82.5	52
21	3:25 p.m.	355	95.1	82.5	52
22	3:40 p.m.	340	95.1	82.5	52
23	3:55 p.m.	328	95	82.5	52
24	4:10 p.m.	312	95	82.5	54
25	4:25 p.m.	285	95	83	54
26	4:40 p.m.	275	95	83	54
27	4:55 p.m.	270	94	83	60
28	5:10 p.m.	255	93	84	62
29	5:25 p.m.	252	92	85	64
30	5:40 p.m.	252	92	86	66

31	5:55 p.m.	250	91	87	70
32	6:10 p.m.	248	90	89	70

En la figura. 44, se observa las curvas del flujo volumétrico, porcentaje de alcohol, temperatura y presión manométrica en el proceso de rectificación, se realizó el control y registro continuo cada 15 minutos.

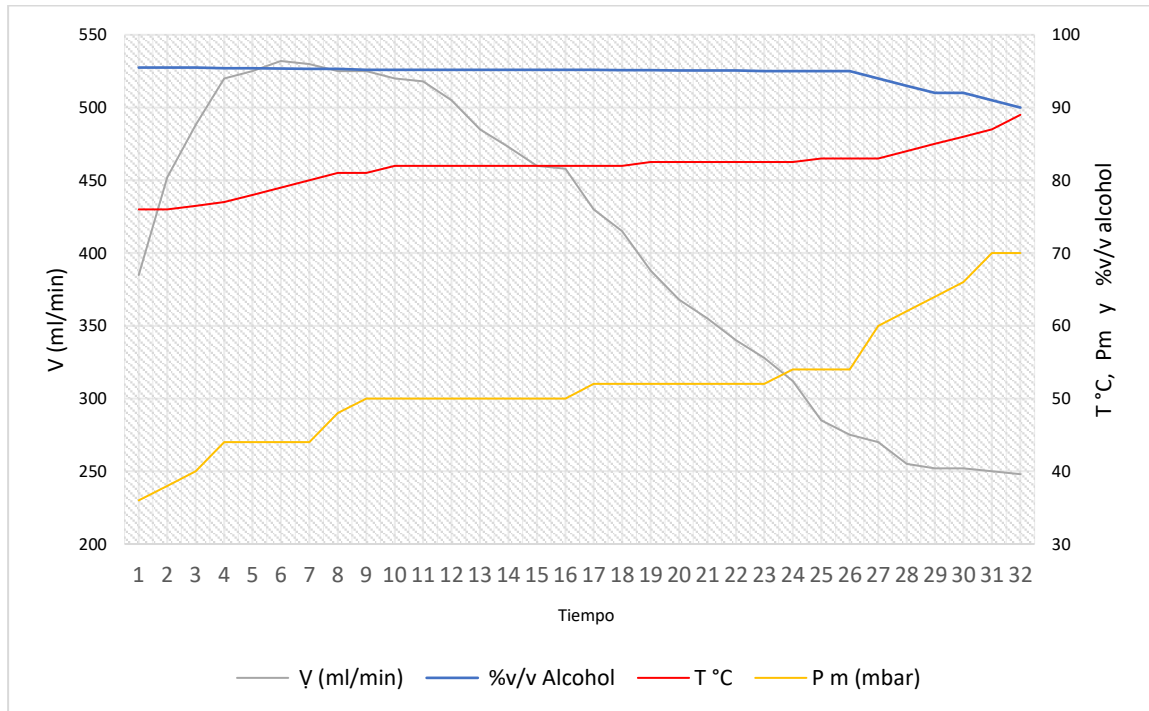
En la Figura 44, se muestra la curva del flujo volumétrico correspondiente al proceso de la rectificación y nos indica el primer dato registrado es de 385 ml/min, hasta llegar a un máximo de flujo volumétrico de 532 ml/min y después la curva sigue en forma descendiente, registrando un flujo de 322 ml/min, finalizando el proceso de la purificación del alcohol.

En la Figura 44, se visualiza una línea ligeramente descendiente en la concentración de alcohol en %v/v gay Lussac. Iniciando con el primer dato registrado de 95.5 % v/v de alcohol como máximo valor, transcurriendo las 8 horas continuas, la línea sigue en forma descendiente en el grafico hasta su agotamiento de alcohol requerido y finaliza con 90 %v/v de alcohol.

También se observa una línea ascendiente de la temperatura del proceso de la destilación por columna de relleno se inicia con el primer dato de 76 °C registrados en la Tabla 18; como la temperatura mínima transcurriendo las 8 horas del proceso de purificación de alcohol va incrementando lentamente hasta finalizar el proceso y registrando su máximo valor 89°C.

Por último, la presión en el proceso de la purificación del alcohol se muestra en la Figura 44, una línea en forma ascendiente cuando se inicia el proceso de la rectificación del alcohol, se incrementa la presión dentro de la columna por el relleno de cuarzo que contiene. El primer dato registrado es de 36 mbar (mili bares), transcurriendo las 8 horas continuas se incrementa la presión hasta alcanzar su máximo valor de 70 mbar al finalizar el proceso.

Figura 44: Flujo volumétrico / Temperatura / Presión nanométrica / % de alcohol.



Se consigue el grado alcohólico del producto final a 95 %v/v Gay Lussac, por el método de control de alcoholímetro permanente en el tanque de alcohol etílico como producto final, hasta que indique los 95%v/v en la mezcla y finaliza el proceso de la rectificación de los alcoholes del residuo líquido. Estos valores de grado alcohólico recomendados, según *EsSalud (2019)* el alcohol etílico contiene no menos de 94.9% y no más de 96.9% en volumen de etanol a una temperatura entre 15°C y 20°C y además debe ser un líquido transparente, incoloro, miscible con agua y volátil.

4.2.4. Adsorción por lecho fijo del alcohol etílico

El alcohol etílico de 95 %v/v Gay Lussac obtenido del residuo líquido, presenta olores y aromas característicos a la cerveza, que será desodorizado por adsorción de lecho fijo, que consiste en columnas empacadas de carbón activo que elimina todo los fenoles y la turbidez que contiene el alcohol etílico. La Tabla 19, se presenta las características físico-químicas de entrada y salida del alcohol etílico del equipo de adsorción de lecho fijo.

Tabla 19: *Características físico-químicas del alcohol etílico desodorizado*

No	Parámetros	Entrada		Salida		Promedio de salida
		Lote 1	Lote 2	Lote 1	Lote 2	
1	Temperatura (°C)	20	20	20	20	20
2	Densidad (kg/m ³)	805	806	803	804	803
3	pH	6.93	6.92	7.02	7.01	7.01
4	% v/v de Alcohol	95	95	95	95	95
5	Aroma	A Cerveza	A Cerveza	Etéreo	Etéreo	Etéreo
6	Sabor	Acre	Acre	Amargo	Amargo	Amargo
7	Color	Opaco	Opaco	Cristalino	Cristalino	Cristalino

De acuerdo a la Tabla 19, se puede comparar la densidad del alcohol etílico de los lotes 1 y 2 a la entrada y salida del proceso de adsorción notándose una ligera disminución debido a que el carbón activado retuvo sólidos disueltos e impurezas. El valor del pH cambia de manera contrario a la densidad, porque se incrementa ligeramente el alcohol etílico al pasar por el equipo de adsorción, las características físico-químicas de la temperatura y el porcentaje de alcohol etílico de los lotes 1 y 2, se mantienen constante en la entrada y salida del proceso de adsorción por carbón activo.

También se observa las características organolépticas del alcohol etílico del lote 1 y 2, al pasar por el proceso de adsorción que contiene carbón activo hay diferencia en calidad organoléptica, mejorando el alcohol etílico el aroma, sabor y color.

4.2.5. Control de calidad del alcohol etílico

El control de calidad del alcohol etílico obtenido del residuo líquido como producto final del proceso, se hizo el análisis receptivo como las propiedades y características físico-químicas tales como temperatura, pH, grado alcohólico, densidad, TDS, conductividad, color, aroma y sabor. Los productos obtenidos serán útiles y seguros, si los resultados son comparables con otros productos similares que ya existen en el mercado. El alcohol etílico de 95%v/v Gay Lussac, puede ser utilizado como materia prima o insumo para la producción y elaboración de productos como: desinfectante, biocombustible, thinner, disolventes, textil, colorantes, cosméticos, barnices, detergentes, aerosoles, bebidas alcohólicas, otros.

A continuación, se presenta la tabla 20, el control de calidad del alcohol etílico recuperado del residuo líquido.

Tabla 20: *Comparación de parámetro físico-químicos del alcohol etílico obtenido del residuo líquido con otras marcas.*

No	Parámetros de control	Alcohol del residuo	Alcohol 1 (Marca 1)	Alcohol 2 (Marca 2)
1	Temperatura (°C)	20	20	20
2	Grado alcohólico (%v/v, gay Lussac)	95	95	94
3	Densidad (kg/m ³)	803	812	810
4	pH	7.01	7.35	7.20
5	TDS (ppm)	0.00	0.00	0.00
6	Conductividad (μS/cm)	0.00	0.00	0.00
7	Color	Incoloro	Incoloro	Incoloro
8	Olor	Herbales	Etéreo	Etéreo
9	Sabor	Amargo	Acre	Acre

De acuerdo a la Tabla 20, se puede observar el porcentaje de grado alcohólico de la marca 2, que tiene 94% vol. con respecto a los demás y también no coincide como lo menciona su etiqueta.

Se puede observar en la misma tabla 20, que el pH del alcohol etílico recuperado del residuo líquido es neutro con pH 7.01 comparando con otros alcoholes etílicos de las mismas características que existen en el mercado, alcoholes etílicos con pH de 7.20 y 7.35. La densidad del alcohol etílico es 803 kg/m³, que es menor comparado con los demás alcoholes etílicos, también, se observa las características físico-químicas de los alcoholes etílicos presentes son idénticos, los parámetros de TDS es 0.00 ppm y Conductividad 0.00 μS/cm, esto explica que ambos productos son destilados y rectificado, por lo cual no contiene sales disueltas. Con respecto al color que son incoloros para ambos alcoholes etílicos, el sabor del alcohol etílico del residuo líquido es más amargo con respecto a los

dos alcoholes de otras marcas y el olor del alcohol etílico del residuo líquido es ligeramente floral, con respecto a otros alcoholes que son etéreo.

De acuerdo a la tabla 20, se puede concretar que el alcohol etílico del residuo líquido reúne las características requeridas para el mercado y como parte de control de calidad, se elaboró la ficha técnica y control de seguridad para el alcohol etílico para su disposición como insumo y/o materia prima y transporte (Anexo 4).

A continuación, se presenta en la figura 45, las otras marcas de alcohol etílico que se usó para la comparación.

Figura 45: Alcohol de 95% v/v Gay Lussac de las marcas 1 y 2



4.3. Elaboración de alcohol desinfectante.

La elaboración de alcohol desinfectante a 70 grados de alcohol Gay Lussac, a partir del alcohol etílico de 95% vol recuperado del residuo líquido, se realizó agregando el humectante y agua desmineralizada, los cuales contaron con sus respectivas fichas técnicas

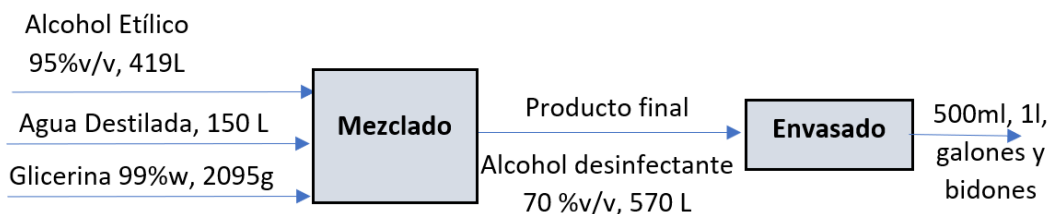
y control de calidad que garantiza al producto. Los insumos requeridos para la elaboración de alcohol desinfectante de 70 grados alcohólicos se muestran en la Tabla 21.

Tabla 21: *Materia prima e insumos para la elaboración de alcohol desinfectante*

Materia prima e insumos	Unidades	Relación	Requerido	Fichas técnicas
Alcohol etílico de 95% vol.	L	.....	419	Anexo 4
Glicerina de 99%	g	5 g/L	2095	Anexo 3
Agua destilada	L	.....	150	Anexo 2

Se tiene conocimiento que los demás productos de los alcoholes de desinfección en el mercado contienen el Bitrex (benzoato de denatonio), sustancia química más amarga que impide que sea usado como bebida alcohólica. El alcohol desinfectante elaborado a partir del residuo líquido contiene α y β ácidos o humulonas, son sustancias específicas del lúpulo y le da propiedades psicoactivas. El alcohol etílico del 95%v/v obtenido contienen esas sustancias amargas propias de la levadura, que por procesos físicos no se pueden retirar por completo. A la vez es beneficioso para la salud y en la elaboración de alcohol desinfectante, según *Cabello Núñez, C. (2021)*. Con las materias primas e insumos calculados en la Tabla 21 se realizó la mezcla de todos los componentes para la elaboración del alcohol desinfectante y se presenta en la siguiente Figura 46.

Figura 46: *Diagrama de proceso de elaboración de alcohol desinfectante.*



De acuerdo a la Figura 46, se obtuvo 570 litros de alcohol desinfectante al 70 %v/v. Se empleó 419 litros de alcohol etílico de 95% vol, que correspondieron a los lotes 1 y 2 obtenidos por los procesos de destilaciones 2095 gramos de glicerina que actúa como humectante para el cuidado de la piel, y para graduar el grado alcohólico a 70%v/v se adicionó 150 litros de agua, de acuerdo a las proporciones mencionadas anteriormente.

A continuación, se presenta la tabla 22 donde se realizó el Control de calidad correspondiente al alcohol desinfectante de 70% vol.

Tabla 22: *Control de calidad del alcohol desinfectante*

No	Parámetros de control	Alcohol desinfectante
1	Temperatura (°C)	20
2	Grado alcohólico (% v/v, gay Lussac)	70
3	Densidad (kg/m ³)	861
4	pH	7.00
5	TDS (ppm)	0.00
6	Conductividad (µS/cm)	0.00
7	Color	Incoloro
8	Olor	Herbales
9	Sabor	Amargo

Se realizó el control de calidad del alcohol desinfectante a 70 %v/v Gay Lussac, evaluando los parámetros físico-químicos descritos anteriormente, datos que aseguran que cumple con la calidad requerida para la venta y distribución segura para su uso como desinfectante de manos y artículos. *Según Chelino y Chilca, (2022)* en el control de calidad de alcohol medicinal de 70°, que se dio en 15 muestras analizadas de diferentes marcas dieron como resultados que la mayoría tuvieron un pH de 5.5 hasta 6.0 y solo 3 muestras tuvieron un pH de 8.0 con tendencia a la alcalinidad, llegando a concluir que la concentración de etanol y parámetros de calidad del alcohol según las marcas comerciales analizadas en su mayoría no corresponden a un alcohol comercial de 70°.

De acuerdo a la tabla 22, se puede concluir que el alcohol desinfectante obtenido del residuo líquido es mejor en su calidad, por tener un pH neutro y está libre de impurezas.

CONCLUSIONES

Esta investigación tecnológica, tuvo como resultados la obtención del alcohol desinfectante a partir del residuo líquido de la fermentación de cerveza, con las mejores características y la obtención de alcohol desinfectante.

- El volumen final de la elaboración del alcohol desinfectante se obtuvo con la mezcla de 419 litros de alcohol etílico de 95 %v/v, 150 litros de agua destilada y 2095 g de glicerina como humectante. Como resultado de la combinación se obtuvo 570 litros de 70 %v/v con las características requeridas por la OMS para cumplir la función de desinfectante.
- Los resultados de la caracterización del residuo líquido, fueron el grado alcohólico de 5.5 %v/v Gay Lussac, densidad 1014 kg/m³, pH 5.21 y temperatura 6.15 °C en promedio de todas las muestras caracterizadas.
- La recuperación total del alcohol etílico de 10000 litros de volumen inicial del residuo líquido, tuvo como resultado en la primera destilación 964 litros con 50% v/v, en la segunda destilación 540 litros con 85%v/v, en la rectificación 420 litros con 95%v/v y de la adsorción final se obtuvo 419 litros con 95%v/v de grado alcohólico.

RECOMENDACIONES

Se recomienda los siguientes.

- Realizar más estudios al residuo líquido en la concentración de levadura como alimento de ganado vacuno.
- Recuperación del aceite esencial del lúpulo del residuo líquido.
- Obtención de alcohol anhidro carburante del residuo líquido.

BIBLIOGRAFÍAS

- AOAC International methods committee guidelines for validation of qualitative and quantitative food microbiological official methods of analysis. *Journal of AOAC International*, 85(5), 1187–1200. <https://doi.org/10.1093/jaoac/85.5.1187>
- AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis*. USA: INTERNATIONAL.
- Aravena, F. M. C. (2003). Estudio de los residuos industriales líquidos y evaluación de las alternativas de mejoras para la Industria Cervecera Valdivia. Universidad Austral de Chile.
- Backus y Johnston. (2021). Backus Planta Cusco. Accesado en octubre del 2021.
- Belchi, A. (2020, abril 6). Reparten botellas de cerveza con alcohol desinfectante para el sur de la Florida. *Voz de América*. Obtenido de: <https://www.vozdeamerica.com/a/reparten-botellas-cerveza-alcohol-desinfectante-sur-florida/5361591.html>
- Belitz, H.D., Grosch, W. *Química de los alimentos*. 2ª Ed. Acirbia, 1997.
- Bourdon, I. (2012). *Illustres Médecins Et Naturalistes Des Temps Modernes...* Nabu Press.
- Briggs (2004). *Beer in health and disease prevention*. Elsevier Inc. USA 980 pp.
- Brown, C., Cambell, I., Priest, F. (1989). *Introducción a la biotecnología*. Editorial Acirbia. España 167 pp.
- Cabello Núñez, C. (2021). *Botánica e importancia farmacéutica del lúpulo (Humulus lupulus L.)*. Universidad de Sevilla. Departamento de Biología Vegetal y Ecología.
- Campos, V. A. (julio de 2021). Universidad del Pacifico. Obtenido de <https://repositorio.up.edu.pe/handle/11354/2356>
- Carlos Cabello Nuñez, trabajo de fin de grado en farmacia 2021, *Botánica e importancia farmacéutica del lúpulo (Humulos Lupulos)*, Universidad de Sevilla.
- Chelino Torres, J., & Quilca Reyes, Y. M. (2022). Control de calidad de alcohol medicinal de 70° según técnica propia en establecimientos farmacéuticos de la ciudad de Huancayo, 2021.
- Coote, N., & Kirsop, B. H. (1976). Factors responsible for the decrease in pH during beer fermentations. *Journal of the Institute of Brewing*. Institute of Brewing (Great Britain), 82(3), 149–153.

- COVID-19-INACAL. Guía para la limpieza y desinfección de manos y superficies brinda orientaciones para prevenir el COVID-19 en tu hogar.
- CYTED. (2016). Aprovechamiento de subproductos y valorización de recursos autóctonos: interrelación investigación-producción-desarrollo y sociedad. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.
- De ciencia, A. [ApuntesCiencia]. Obtenido de: Twitter. <https://twitter.com/>
- De Leandro, V. T. las E. (2019, junio 14). Dry Hopping: Efecto Sobre el Amargor.Zythología. <https://zythologia.home.blog/2019/06/14/dry-hopping-efecto-sobre-el-amargor/>
- del Estado, B. O. (2016). Real Decreto 678/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba la norma de calidad de la cerveza y de las bebidas de malta. BOE núm. 304. de 17/12/2016. Pág. 88520.
- Destilación flash. (2018). JustFlows. Obtenido de: <https://sites.google.com/site/jusstflowss/>
- Destilación simple diferencial o por cargas. (2021). Obtenido de: <https://www.studocu.com/es/home>
- Diomedi, A. (2017). Antisépticos y desinfectantes: apuntando al uso racional. Recomendaciones del Comité Consultivo de Infecciones Asociadas a la Atención de Salud, Sociedad Chilena de Infectología. 156-174.
- Efluentes de cervecería: ¿residuos o materia prima? (s/f). Edu.ar. Obtenido de: https://www.unl.edu.ar/noticias/news/view/efluentes_de_cervecer%C3%ADa_%C2%BFresiduos_o_materia_prima
- Embo, P. (2018). The Beer Market in Peru. Flanders Investment & Trade Peru. Obtenido de: lima@fitagency.com
- Euromonitor International. (2017). Beer in Perú. Obtenido de: <http://www.portal.euromonitor.com>
- Feldsine, P., Abeyta, C., Andrews, W. H., & AOAC International Methods Committee. (2002). AOAC International methods committee guidelines for validation of qualitative and quantitative food microbiological official methods of analysis. Journal of AOAC International, 85(5), 1187–1200. <https://doi.org/10.1093/jaoac/85.5.1187>

- Fereyra L., Vicente A., Ortiz L.C. (2014). Elaboración de cerveza, Historia y evolución, desarrollo de actividades de capacitación e implementación de mejoras tecnológicas para productores artesanales. Argentina.
- Ferreya, L. (2014). Elaboración de cerveza: Historia y evolución, desarrollo de actividades de capacitación e implementación de mejoras tecnológicas para productores artesanales. Universidad Nacional de La Plata, Argentina. Obtenido de <https://lipa.agro.unlp.edu.ar/wp-content/uploads/sites/29/2020/03/Trabajo-Final-Leonel-Ferreya-.pdf>
- García, J. G. (11 de Setiembre de 2018). Distribución de bacterias contaminantes de cerveza lactobacillus y pediococcus en el ambiente de elaboración de cerveza. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/13964/>
- García, L. A. Biotecnología de la Producción de Cerveza. Universidad de Oviedo. 2013. España.
- Guaata Dimaté, A. D. P. (2002). Evaluación de impactos ambientales generados en el proceso de elaboración de cerveza y subproductos, en Bavaria SA Cervecería de Bogotá.
- HACH. (2015). Control de Calidad. Análisis del amargor y el color en la cerveza terminada, 1-4. Obtenido de <https://www.hach.com/asset-get.download.jsa?id=50809387823>.
- HANNA, I. (2020). Obtenido de Control de pH en la Elaboración de Cerveza. Obtenido de: <https://www.hannainst.es/blog/>
- Hernández Urzúa, M.A. (2016). Microbiología de Alimentos. Edit. Médica Panamericana. Obtenido de: https://www.profisica.cl/images/stories/2006-Un_frasco_muy_inteligente.pdf
- Huige, N. (2006). Brewery by-products and effluents. In Handbook of Brewing, 2nd ed.; Priest, F.G., Stewart, G.G., Eds.; Taylor & Francis Group: Boca Raton, FL, USA; pp. 656–707.
- In, M.J., Kim, D.C., and Chae, H.J., 2005. Downstream Process for the Production of Yeast Extract Using Brewer's Yeast Cells. Biotechnology and Bioprocess Engineering, 10; 85-90.
- Innovación-InBev. (2020). AB InBev. Obtenido de <https://ab-inbev.eu/yeast.html>

- Instituto Nacional de Calidad. (2020). Guía para la Limpieza y Desinfección de Manos y Superficies. Dirección de Normalización, Lima – Perú.
- Jackson, M. (1998). The ultimate beer. DK Publishing Group. USA 192 pp. Kerby, C., Vriesekoop, F. (2017). An Overview of the Utilization of Brewery By-Products as Generated by British Craft Breweries. Beverages 3, 24.
- Laroche, C., Michaud, P., 2007. New developments and prospective applications for β (1,3) glucans. Recent Patents on Biotechnology, 1, 59-73.
- Leal Granadillo, I., Tarantino Rodríguez, G., Hernández Motzezak, R., & Morán Guillén, H. (2014). Efecto de la temperatura y el pH en la fermentación. Multiciencias, 375-381. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/904/90433839012.pdf>
- León, L. R. (2019). Elaboración de cerveza artesanal a partir de subproductos de cereal. Universidad de Valladolid, Valladolid, España. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/227080212.pdf>
- Ley22. (2011). Ley 22/2011, de residuos y solidos contaminados. (d. r. Ley 22/2011, Productor). Obtenido de <https://www.ecolex.org>.
- Limpieza y sanitización. (s/f). Cerveza Artesanal S/M. Obtenido de: <https://www.cervezaartesanalism.com.ar/limpieza-y-sanitizacion/>
- Madigan, M. T. (2003). Brock biology of microorganisms / Michael T. Madigan, John M. Martinko, Jack Parker. (10th ed. ed.). Prentice-Hall.
- MARTINEZ, Javier. (2020). Producción de harina de bagazo a partir de un residuo de la industria cervecera. Tesis de Licenciatura.
- McCabe, W. L., Smith, J.C., Harriot, P. (2005). Unit Operations of Chemical Engineering. 7th ed. The McGraw-Hill Companies, Inc. USA.
- McDonnell, G., Russell, A.D. (1999). Antiseptics and Disinfectants: activity, action and resistance. Clin Microbiol Rev, 12: 147-79.
- Medigan, M., Martinko, J., Parker, J. (2003). Biología de los microorganismos. Pearson education 1096 pp.
- Meilgaard, M., Bang Moltke, A., Trolle, B., (1995). The utilization of hops during brewing process as judged by countercurrent distribution analysis. Proc. Eur. Brew. Conv. Congr. Baden Baden, 109 pp.

- Naciones Unidas (2018), La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3)
- Narodoslawsky, M. (2013). Chemical engineering in a sustainable economy. Chem. Eng. Res. Desgn. 91(10), 2021-2028.
- OEFA. (2002). Reglamento de organización y funciones del organismo de evaluación y fiscalización ambiental. Ministerio del Ambiente (MINAM) (págs. 1-29). Lima: Diario el Peruano.
- Papazian, C. (1991) The complete Joy of Homebrewing Third edition. Paperback. 224 pp
- Pérez Loayza, J. (2013). Los procesos industriales sostenibles y su contribución en la prevención de problemas ambientales. Industrial Data, 108-117.
- Perry, R.H., Green, D.W. (2008). Perry's Chemical Engineers' Handbook. 8th ed. McGraw-Hill Companies, Inc. USA.
- Pinochet I. Licenciado en física, Universidad Católica de Chile 2006
- PRODUCE. N°-003-2002-| (s.f.). Reglamento de Protección Ambiental para el Desarrollo de las Actividades de la Industria Manufacturera. EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA (págs. 1-8). Lima: Diario el peruano.
- Proyecto europeo. (2020). LIFE YEAST. Obtenido de: <https://lifeyeast.com/>
- Raber, A.T. (2018). Sustainability in Chemical Engineering. Undergraduate Voices. 4. University of Dayton. Obtenido de: <https://ecommons.udayton.edu/undergradvoices/4>
- Real Decreto 678/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba la norma de calidad de la cerveza y de las bebidas de malta, núm. 304, de 17 de diciembre de 2016, páginas 88520 a 88524 (5 págs.) BOE-A-2016-11952. Obtenido de: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2016/12/16/678>
- Reciclaje de levadura de cerveza gastada en aplicaciones industriales innovadoras. (2021). LIFE YEAST. Obtenido de: <https://lifeyeast.com/>
- Revalorización de residuos de la industria cervecera. (s/f). Ciatej.mx. Obtenido de: <https://www.ciatej.mx/el-ciatej/comunicacion/Noticias/Revalorizacion-de-residuos-de-la-industria-cervecera/148>
- Sánchez-Saldaña-Sáenz. (2005). Antisépticos y desinfectantes. 1-22. Obtenido de https://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/dermatologia/v15_n2/pdf/a02.pdf

- SANTOLAYA, E. (2002). La Sociedad Chilena de Infectología. 222-225. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-10182002019300011&lang=es
- STRYER, L. (1988). Biochemistry. New York.
- Suarez Diaz M. (2013). Cerveza Componentes y Propiedades. Universidad de Oviedo, España.
- Suaréz, M. D. (2013). cerveza: componentes y propiedades. universidad de oviedo, España.
- Subproducto o Residuo según la Ley 22/2011 de 28 de Julio [Internet]. Gestión de residuos, tratamiento de suelos y aguas - Emgrisa. [citado 5 de mayo de 2019]. Obtenido de: <http://www.emgrisa.es/publicaciones/subproducto-o-residuo/>
- Subproductos de la industria cervecera. (s/f). AB InBev. Obtenido de: <http://ab-inbev.eu/yeast.html>
- Torrente, S. E. (2019). Aprovechamiento de los subproductos generados en la industria cervecera. UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID, España. Obtenido de: <http://147.96.70.122/web/tfg/tfg/memoria/sandra%20esteban%20torrente.pdf>
- Tratamiento y valorización de efluentes en la industria cervecera. (2020, febrero 24). Condorchem Envitech. Obtenido de: <https://condorchem.com/es/blog/tratamiento-vertidos-industria-cervecera-valorizacion-residuos/>
- UNIT. (2017). Principios básicos de la industria cervecera y la producción. Instituto Uruguayo de Normas Técnicas, Uruguay. Obtenido de [https://ec.europa.eu/programmes/erasmus-plus/project-result-content/f83dc09a-0cda-4a3d-b724-76115a75960a/UNIT%201%20-%20BREWING%20\(ES\).pdf](https://ec.europa.eu/programmes/erasmus-plus/project-result-content/f83dc09a-0cda-4a3d-b724-76115a75960a/UNIT%201%20-%20BREWING%20(ES).pdf)
- Wade, J., & Merriman, R. W. (1911). CIV.—Influence of water on the boiling point of ethyl alcohol at pressures above and below the atmospheric pressure. Journal of the Chemical Society, 99(0), 997–1011. Obtenido de: <https://doi.org/10.1039/ct9119900997>
- World Health Organization Regional Office for Europe. (2018). Circular Economy and Health: Opportunities and Risks. United Nations City, Copenhagen, Denmark.
- Wade, J., & Merriman, R. W. (1911). Influence of water on the boiling point of ethyl alcohol at pressures above and below the atmospheric pressure. 997-1011. Obtenido de <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/1911/ct/ct9119900997>

YEAST-LIFE. (27 de OCTUBRE de 2020). bioproductos, Reconvirtiendo levadura de cerveza en nuevos. Obtenido de <https://www.cde.ual.es/life-yeast-reconvirtiendo-levadura-de-cerveza-en-nuevos-bioproduetos/>

ANEXOS

1. FICHA TÉCNICA DE CARBON ACTIVO.

Beverage Treatment Products

Technical Data Sheet

Beverage Stabilization SIHA® Activated Carbon GE

SIHA Activated Carbon GE fining agent is a specially formulated activated carbon with vegetable origin for the use in the beverage industry with mainly deodorizing properties. This highly pure carbon of vegetable origin is used to correct aroma and flavor defects in beverages.

Through a special, very gentle activation process the pore structure of the activated carbon is made especially capable of binding undesired aroma and flavor substances in beverages.

SIHA Activated Carbon GE fining agent can be used for mashes, musts, wines, sweet must, juices, and spirits.

The specific advantages of SIHA Activated Carbon GE fining agent:

- Adsorbs undesired aroma and flavor substances in beverages
- Has a large inner surface and therefore results a high adsorptive capacity
- Builds a compact turbidity depot thanks to good sedimentation

Application Wine, Fruit Juice, Spirits

In order to use the full adsorptive power of SIHA Activated Carbon GE fining agent Eaton recommends that carbon fining will be carried out in the clarified and filtered beverage to prevent displacement of the active surface through turbidities.

If used in combination with another fining agent, always add SIHA Activated Carbon GE fining agent first in order not to reduce the high adsorptive capacity of the carbon.

We recommend that the quantity of SIHA Activated Carbon GE fining agent determined by a preliminary test be mixed to a paste with a small amount of the beverage in order to completely moisten the powder. Then add more beverage to the paste to allow a quantitative rinsing of the entire batch. Afterwards, it is necessary to stir vigorously to guarantee an even distribution of the product in the beverage. Depending on the action of the agitator, the stirring time should be 10 to 20 minutes.

After approx. 1 hour, stir the beverage thoroughly once again to utilize the full adsorptive capacity of SIHA Activated Carbon GE fining agent. As the carbon develops its adsorptive power as soon as it is added, fining takes just a few hours.

Racking by filtration should follow after two days at the latest.

Quantities required

- To correct undesired flavors in wines due to the vintage or rot, a quantity of 2.5 – 4.17 lb/1,000 gal (30 – 50 g/hl) SIHA Activated Carbon GE fining agent is required. For best results correction should be done in the mash or in the must; a quantity of 2.5 – 6.68 lb/1,000 gal (30 – 80 g/hl) can be used, depending on the strength of the foreign taste. The rule of thumb is: for each % of rotten harvest use 0.08 lb/1,000 gal (1 g/hl) SIHA Activated Carbon GE fining agent.
- To treat the desliming or separator turbidity, a quantity of 6.68 – 8.35 lb/1,000 gal (80 – 100 g/hl) SIHA Activated Carbon GE fining agent is required.
- To remove rot, barrel, mold and other foreign aromas or flavors in wines and juices, 0.83 – 3.34 lb/1,000 gal (10 – 40 g/hl) SIHA Activated Carbon GE should be used.
- To treat fresh yeast sediment, up to 8.35 lb/1,000 gal (100 g/hl) SIHA Activated Carbon GE fining agent is required.
- The taste of beverages can be harmonized and rounded off with just 0.25 – 0.42 lb/1,000 gal (3 – 5 g/hl) SIHA Activated Carbon GE fining agent.
- Wines with a bitter or rape taste can also be improved with 0.83 – 4.17 lb/1,000 gal (10 – 50 g/hl) SIHA Activated Carbon GE fining agent.
- To improve the flavor of spirits, a quantity of at least 8.35 lb/1,000 gal (100 g/hl) SIHA Activated Carbon GE fining agent is required - in some cases 16.69 – 41.73 lb/1,000 gal (200 – 500 g/hl) to prevent a moldy-musty aroma or flavor.
- The activated carbon dosage for wine treatment is limited to a maximum of 8.35 lb/1,000 gal (100 g/hl).

Application Beer

For application in beer, pre-application tests Eaton also recommends in order to determine the quantity required.

If the last wort is reused, color intensification and a broad, hard beer taste may be expected. This can be counteracted by adding activated carbon to the last wort with a dosage of approx. 8.35 lb/1,000 gal (100 g/hl).

Slight imperfections in the beer, such as yeast bitterness or a broad or slightly oxidized taste, can be corrected by using only about 0.42 – 0.83 lb/1,000 gal (5 – 10 g/hl, even in returned beer). However, in most cases, it is recommended to re-krausen beer that has been treated with activated carbon (approx. 20%) and to blend it with faultless beer depending on requirements. Add the carbon 5 – 7 days prior to filtration, preferably by turning over the tanks. This procedure can remove even more severe imperfections, such as smoky taste or similar faults. Diacetylic taste or similar imperfections are not influenced by activated carbon.

Pre-Application Test

The exact quantity of SIHA Activated Carbon GE fining agent is best determined by performing initial tests with 0.34 fl oz (100 ml) of the beverage. For this, a 5% suspension of SIHA Activated Carbon GE fining agent is prepared. The suspension is then pipetted to 0.34 fl oz (100 ml) of the beverage in increasing quantities.

0.007 fl oz (0.2 ml) of the 5% suspension per 0.34 fl oz (100 ml) beverage corresponds to a quantity of 8.35 lb/1,000 gal (10 g/hl) of SIHA Activated Carbon GE fining agent.

The initial tests should be carried out according to the following table.

SIHA Activated Carbon GE suspension fl oz/gal (ml in 100 ml)	Corresponding quantity to be added to the beverage lb/1,000 gal (g/hl)
0.51 (0.4)	1.67 (20)
1.02 (0.8)	3.34 (40)
1.54 (1.2)	5.01 (60)
2.05 (1.6)	6.68 (80)
2.56 (2.0)	8.35 (100)

Intermediate values can be chosen accordingly.

Stir the fining preparations vigorously and then filter off through a pleated filter that has been sufficiently wetted beforehand. The first 0.34 fl oz (100 ml) of the filtrate is discarded. The filtrate is then tasted and compared with the initial sample. The exact quantity of SIHA Activated Carbon GE fining agent is determined by tasting the samples.

Safety

If used properly and correctly no detrimental effects of SIHA Activated Carbon GE fining agent are known.

Further safety information can be found in the relevant Material Safety Data Sheet, which can be downloaded from our website.

Storage

SIHA Activated Carbon GE fining agent stores well. Due to high adsorptive capacity of the carbon, it has to be stored in a dry, cool, well ventilated and odorless room. Opened packages should be sealed tight and used up quickly.

Delivery Information

SIHA Activated Carbon GE fining agent is sold under article no. 63.101 and is available in the following package size:

44.09 lb (20 kg) paper bag

Certified Quality

SIHA Activated Carbon GE fining agent complies with all pertinent legal requirements. It is monitored constantly during the production process to ensure consistently high quality.

These inspections cover technical function criteria as well as approval in accordance with the law governing the production and sale of foodstuffs. Strict controls are carried out immediately before and during final packing.

2. Ficha técnica de agua destilada

FICHA TÉCNICA

Agua destilada

Descripción

Líquido cristalino

Formula

H₂O

Peso molecular

18,02g/mol

Numero de registro

R.U. N° 08 – AE –
00162

Propiedades	Valor Especificado
Densidad 20 °C	998 kg/m ³
TDS	0.00 ppm
Conductividad 20°C	0.00 µS/L
Salinidad	0.00 g/L
Ph	7.00
Dureza total	0.00 mEp/L
Punto de ebullición, 1atm	100 °C
Coliformes totales	0 ufc/100ml
Coliformes fecales	0 ufc/100ml
Olor	Inodoro
Salor	Insípido
Color	Incoloro

Gold Puma Distillery S.A.C.

Ruc: 20600609999

Dirección: San Antonio A-10, San Sebastián, Cusco, Peru

Email: Goldpumadistillerysac@gmail.com

Contactos: 991713215 / 952705290

Realizada por: Ing. Yanet Aucchahuaqui Torres

Fecha: 21/03/2022

3. Ficha técnica de glicerina líquida



FICHA TÉCNICA Glicerina USP

DESCRIPCIÓN

Líquido cristalino con aspecto a jarabe y sabor dulce.

FÓRMULA:

$C_3H_8(OH)_3$

PESO MOLECULAR:

92.09 g/mol

NÚMERO CAS:

56-81-5

PROPIEDADES	ESPECIFICACIÓN
Color	Transparente
Apariencia	Líquido espeso, claro
Olor	Suave, característico
pH	5.0 – 6.5
Densidad gr/cm ³ a 25°C	1.25802
Viscosidad a 20°C	1410 cP
Punto de ebullición	290 °C
Punto de congelamiento	17 °C
Pureza	99.5 - 101.0%
Residuo por ignición	0.015 máx
Humedad karl fisher	5% máx
Cloruros	0.001% máx
Sulfatos	0.002% máx
Esteres y ácidos grasos	1.0 máx
Compuestos clorados	0.003% máx
Gravedad específica	>1.249
Solubilidad	Agua y alcohol. No soluble en éter.

www.glin.com.mx

Oficinas generales: Calle Uranio #80, Arenales
Tapatíos, 45066 Zapopan, Jal.
T: (33) 3180 4413 / (33) 31805262

Planta: Av. Paseo de la Primavera #167,
Zapopan, Jal.
T: (33) 31807709 / (33) 31802240





FICHA TÉCNICA Glicerina USP

USOS

Se conocen cientos de usos de la glicerina distintos. Se utiliza para elaborar alimentos, medicamentos, suplementos, cremas, jabones, productos de limpieza, como base para vapear, jarabes para la tos, golosinas, caramelos, repostería, carnes, pasta de dientes, desodorante, pomadas para la piel, cosméticos, entre otros.

ALMACENAMIENTO

Almacenar en su empaque original en sitio fresco y seco. Manteniendo cerrado mientras no se use y no exponerlo a la intemperie.

VIDA ÚTIL

Dos años.

PRESENTACIÓN

250, 50 y 25 kg.

www.glin.com.mx

Oficinas generales: Calle Uranio #80, Arenales
Tapatíos, 45066 Zapopan, Jal.
T: (33) 3180 4413 / (33) 31805262

Planta: Av. Paseo de la Primavera #167,
Zapopan, Jal.
T: (33) 31807709 / (33) 31802240

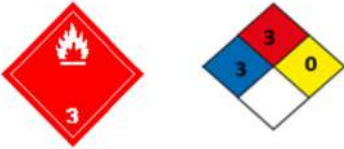


4. Ficha técnica del alcohol etílico de 95 %vol.

FICHA TÉCNICA Y DE SEGURIDAD	
Alcohol etílico 95%vol.	
1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y EMPRESA	
Producto	Alcohol etílico (etanol) 95%vol a 20°C
Registro único	R.U. N° 08 – AE – 00162 PRODUCE
Usos recomendados:	Antisépticos, desinfectante, insumos industriales, diluyente, textiles, cosméticos, detergentes, biocombustible, otros
Proveedor	Gold Puma Distillery S.A.C.
Dirección	San Antonio A-10, San Sebastián, Cusco, Peru
Email	Goldpumadistillerysac@gmail.com
Contacto	991713215 / 952705290
2. COMPOSICIÓN	
Componente	Alcohol etílico o etanol
Proporción	95 %vol a 20°C
Formula	C ₂ H ₅ OH
Peso Molecular	46.1
3. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS (a 1 atm)	
Descripción	Líquido incoloro de olor característicos a alcohol
Punto de ebullición	78 – 79 °C a 1 atm
Ph	7.05
Punto de inflamación	19°C
Punto de congelación	-140 °C
Temperatura de auto - inflamación	423 °C
Presión de vapor	44.6 mmHg a 20 °C
Densidad	798 kg/m ³

Peso específico del vapor	1.56 (en relación al aire = 1)
Límites de explosividad	Inferior: 3.30 %vol. Superior: 19 %vol.
Solubilidad en agua	Soluble en todas las proporciones

4. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

Peligros principales	Líquido y vapores inflamable
Toxicidad N.F.P.A.	3: Material que en situaciones de emergencia causa daños permanentes.
Inflamabilidad N.F.P.A.	3: Material que puede inflamarse a temperatura ambiente
Reactividad N.F.P.A.	0: Material estable, incluso expuesto al fuego, y no reacciona con el agua
Peligros físicos y químicos	Producto inflamable, los recipientes pueden sufrir aumento de la presión interna, si son expuestos al calor o al fuego. Los vapores pueden formar una mezcla explosiva con el aire y puede quemar con llama invisible.
Efectos Ambientales	N / A
Identificación apropiada para el etiquetado	

5. PRIMEROS AUXILIOS

Inhalación	Trasladar a la persona al aire libre, de ser necesario suministrar respiración artificial. Asistencia médica.
Contacto con los ojos	Lavar los ojos y parparos con abundante agua, por los menos durante 15 minutos. Asistencia médica.

Contacto con la piel	Remover la ropa contaminada, hacerle beber 4 vasos de agua. No dar nada vía oral a una persona inconsciente. Si hay síntomas gastrointestinales consultar con un médico.
Quemaduras	Refrescar inmediatamente las partes de la piel con agua fría, durante el tiempo como sea posible. Asistencia médica.

6. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

Incidente con encendido del vehículo sin fuga del recipiente.	Atacar el fuego con los equipos de extinción que posee el vehículo (extintores a base de CO ₂ , polvo químico ABC). Refrigerar el recipiente con agua pulverizada, si el fuego o el calor actúasen sobre el cisterna o recipiente.
Incidente con fuga en la cisterna	Principales agentes de extinción: agua, polvo extintor, líquido espumógeno todos apto para el alcohol.
Peligros específicos	Mantener alejado de fuente de ignición y de calor

7. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Los alcoholes son rápidamente biodegradables en agua superficial y subterránea de 5 a 25 días. Presenta toxicidad a concentraciones altas de 100.000 ppm.

8. ELIMINACIÓN DE PRODUCTO Y ENVASE

Disponer los residuos de acuerdo a las disposiciones nacionales y municipales aplicables.

9. INFORMACIÓN REGULATORIA

El producto está clasificado como peligroso bajo SGA y también está clasificada como peligroso para el transporte.

10. INFORMACIÓN ADICIONAL

La información contenida, está basada en el reporte del proveedor y/o fabricante del producto. Si describen ciertos peligros, no es posible asegurar que sean los únicos. cualquier información adicional puede ser consultado en la ficha técnica del producto