

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Química y Textil



INFORME FINAL DE CURSO DE ACTUALIZACIÓN PROFESIONAL

Evaluación técnica del control de calidad del alcohol etílico comercializado en el Perú

Para obtener el título profesional en Ingeniería Química.

Elaborado por

Brady Nelson Falcón Almonacid

 [0009-0009-1163-7924](https://orcid.org/0009-0009-1163-7924)

Asesor

Dr. Jorge Luis Breña Oré

 [0000-0001-6450-7052](https://orcid.org/0000-0001-6450-7052)

LIMA – PERÚ

2025

Citar/How to cite	Falcón Almonacid [1]
Referencia/Reference	[1] B. Falcón Almonacid, " <i>Evaluación técnica del control de calidad del alcohol etílico comercializado en el Perú</i> " [Informe final de curso de actualización profesional]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2025.
Estilo/Style: IEEE (2020)	

Citar/How to cite	(Falcón, 2025)
Referencia/Reference	Falcón, B. (2025). <i>Evaluación técnica del control de calidad del alcohol etílico comercializado en el Perú</i> . [Informe final de curso de actualización profesional, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

Dedicatoria

A mis padres Óscar Falcón y Rosario Almonacid, que me acompañaron a lo largo de todo este gran camino, brindándome su apoyo incondicional en momentos difíciles para poder continuar, en especial a mi papá que se encuentra en el cielo y estoy seguro de que está orgulloso de mi.

Agradecimientos

Deseo expresar mi agradecimiento hacia mi *alma mater* por haberme formado a nivel profesional y humanístico, a los docentes, a todos los colaboradores de la facultad y a todos los compañeros y amigos que he logrado tener en las diferentes empresas en donde he podido desarrollarme.

Resumen

El trabajo de investigación presenta como objetivo general identificar las dificultades técnicas para el control de calidad en los diferentes tipos de alcohol etílico comercializados en el Perú y como objetivos específicos determinar si existen especificaciones técnicas de calidad, prácticas de adulteración y si existe una cultura adecuada de control de calidad. El estudio, por el propósito es aplicado, por el enfoque es cuantitativo, por el alcance es descriptivo, por el diseño es no experimental, por su temporalidad es ex post facto y se empleó un método analítico, por tanto, la revisión del problema fue exhaustiva. Se concluye que, en el Perú, sí existen especificaciones técnicas de calidad para el alcohol etílico usado en bebidas alcohólicas, siendo más restrictivas en comparación con países de Sudamérica, además presenta una cierta equivalencia con la Unión Europea. Por otro lado, para el caso del alcohol etílico empleado en alimentos, farmacéutica, etc no existen especificaciones técnicas, por ende, se deben tomar en cuenta las normas internacionales acorde a cada uno, tampoco existen especificaciones técnicas para el etanol anhidro, el etanol absoluto y el alcohol etílico de segunda. Otro problema es la adulteración del alcohol etílico principalmente para el uso en bebidas alcohólicas representando un serio problema de salud pública, además no existe una cultura totalmente adecuada del control de calidad, ya que no se realizan los ensayos analíticos requeridos en su totalidad, se necesita de una transformación profunda que involucre la implementación de capacitaciones continuas sobre normas técnicas de calidad, concientización sobre la importancia de la implementación y ejecución de ensayos analíticos críticos.

Palabras clave: alcohol etílico, norma técnica, adulteración, control de calidad

Abstract

The general objective of this research is to identify the technical difficulties in quality control of the different types of ethyl alcohol marketed in Peru. The specific objectives are to determine whether technical quality specifications, adulteration practices, and an adequate quality control culture exist. The study is applied in its purpose, quantitative in its approach, descriptive in its scope, non-experimental in its design, ex post facto in its temporality, and an analytical method was employed. Therefore, the review of the problem was exhaustive. It is concluded that, in Peru, technical quality specifications do exist for ethyl alcohol used in alcoholic beverages, although they are more restrictive compared to South American countries. Furthermore, they present a certain equivalence with the European Union. On the other hand, in the case of ethyl alcohol used in food, pharmaceuticals, etc., there are no technical specifications; therefore, international standards must be taken into account accordingly. There are also no technical specifications for anhydrous ethanol, absolute ethanol, and second-grade ethyl alcohol. Another problem is the adulteration of ethyl alcohol, mainly for use in alcoholic beverages, which represents a serious public health problem. Furthermore, there is no fully adequate culture of quality control, since the required analytical tests are not carried out in their entirety. A profound transformation is needed that involves the implementation of continuous training on technical quality standards, awareness of the importance of the implementation and execution of critical analytical tests.

Keywords: ethyl alcohol, technical standard, adulteration, quality control

Tabla de Contenido

Resumen.....	v
Abstract.....	vi
Introducción.....	xiv
Capítulo I. Parte introductoria del trabajo.....	1
1.1 Generalidades	1
1.2 Descripción del problema de investigación	5
1.2.1 Planteamiento general del problema de investigación.....	8
1.2.2 Planteamientos específicos del problema de investigación	8
1.3 Objetivos del estudio.....	9
1.3.1 Objetivo general.....	9
1.3.2 Objetivos específicos	9
1.4 Antecedentes de investigación.....	10
2 Capítulo II. Marco teórico y conceptual.....	14
2.1 Marco teórico	14
2.1.1 Alcohol etílico.....	14
2.1.2 La industria del alcohol etílico en el Perú	29
2.2 Marco conceptual	33
2.2.1 Normativa nacional	33
2.2.2 Normativa internacional	42
3 Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación	47
3.1 Metodología	47

3.2	Problemática en el control de calidad del alcohol etílico	50
3.2.1	Vacío normativo en la industria del alcohol etílico	51
3.2.2	Adulteración de alcohol etílico y bebidas alcohólicas	56
3.2.3	Concepciones y cultura en control de calidad del alcohol etílico ..	63
4	Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados	66
4.1	Norma técnica peruana vs otras normas técnicas.....	66
4.2	Adulteración de alcohol etílico y bebidas alcohólicas	69
4.3	Encuesta sobre usos y control de calidad del alcohol etílico	69
	Conclusiones.....	70
	Recomendaciones.....	71
	Referencias bibliográficas.....	72
	Anexos	78

Lista de Tablas

Tabla 1 Propiedades fisicoquímicas del alcohol etílico.	15
Tabla 2 Especificaciones técnicas típicas de dimensiones y capacidad para un biorreactor de fermentación alcohólica.	18
Tabla 3 Condiciones óptimas de fermentación alcohólica con <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	19
Tabla 4 Consumo de energía en la deshidratación de alcohol etílico.....	25
Tabla 5 Especificaciones técnicas para una zeolita 3A usada en deshidratación de etanol.....	28
Tabla 6 Requisitos organolépticos para alcohol etílico apto para consumo humano...	35
Tabla 7 Requisitos fisicoquímicos para el alcohol etílico apto para consumo humano.	36
Tabla 8 Estándares de calidad para el alcohol carburante.....	39
Tabla 9 Requisitos fisicoquímicos para el alcohol etílico destilado (no rectificado).	40
Tabla 10 Desnaturalizantes permitidos para ser mezclados con el alcohol etílico de segunda o industrial.....	41
Tabla 11 Especificaciones técnicas para el alcohol etílico según norma JECFA.....	43
Tabla 12 Especificaciones técnicas para el alcohol etílico según Farmacopea Internacional.	44
Tabla 13 Especificaciones técnicas para el alcohol etílico según USP.....	45
Tabla 14 Especificaciones técnicas para el alcohol carburante.	46
Tabla 15 Especificaciones técnicas para el etanol deshidratado según USP.	53
Tabla 16 Cuadro comparativo entre los tipos de alcohol etílico conocidos en Perú. ...	55
Tabla 17 Partidas arancelarias para las presentaciones de alcohol etílico.....	58
Tabla 18 Cantidades de alcohol etílico sin desnaturalizar que el Perú importó en el año 2024.	61

Tabla 19 Especificaciones técnicas para el alcohol etílico de 70 % v/v, uso medicinal.	62
Tabla 20 Listado de normas técnicas peruanas usadas en la industria del alcohol etílico.	65
Tabla 21 Especificaciones técnicas para un alcohol etílico apto para ingesta según normas de otros países.	68

Lista de Figuras

Figura 1	Fermentador industrial para producción de etanol.....	17
Figura 2	Diagrama de bloques del proceso de hidratación directa de etileno.....	21
Figura 3	Configuración de destilación Barbet para producción de alcohol etílico de 96 G.L.....	22
Figura 4	Configuración de destilación extractiva para producción de alcohol etílico de 96 G.L.....	23
Figura 5	Proceso de producción de etanol anhidro usando tamices moleculares.....	26
Figura 6	Columnas separadoras con tamices moleculares para la deshidratación de etanol.....	27
Figura 7	Importaciones peruanas de alcohol etílico sin desnaturalizar entre los años 2017 y 2021.....	59
Figura 8	Principales importadores de alcohol etílico sin desnaturalizar en el año 2021.	60

Abreviaturas

A.A: Alcohol Anhidro

NTP: Norma Técnica Peruana

PNTP: Proyecto de Norma Técnica Peruana

NTC: Norma Técnica Colombiana

INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización

ICONTEC: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación

CTNB: Comité Técnico de Normalización de Bebidas alcohólicas

CTNP: Comité Técnico de Normalización de Petróleo y derivados

CTNP – NTP: Comité Técnico de Normalización de Proyectos de Normas Técnicas Peruanas

INACAL: Instituto Nacional de Calidad

USP: United States Pharmacopeia

ASTM: American Society for Testing and Materials

JECFA: Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

OMS: Organización Mundial de la Salud

MINEM: Ministerio de Energía y Minas

PRODUCE: Ministerio de la Producción

MINSA: Ministerio de Salud

DIGESA: Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria

DIRIS: Dirección de Redes Integradas de Salud

SUNAT: Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria

CIEN: Centro de Investigación de Economía y Negocios Globales

UNE – EN: Asociación Española de Normalización – Norma Europea

FOB: Free On Board

CIF: Cost, Insurance and Freight

Introducción

En el capítulo I, se narran aspectos generales sobre la importancia del alcohol etílico como insumo clave en diferentes sectores industriales, los desafíos asociados a las fuentes tradicionales, se indican las empresas en el Perú que lo producen y algunas de las normas técnicas peruanas e internacionales más importantes que se emplean. Además, se plantea la problemática de la investigación con sus respectivos objetivos, sobre las dificultades técnicas en el control de calidad de las distintas presentaciones de alcohol etílico comercializado en el Perú. Finalmente, se muestran los antecedentes a la problemática de investigación tanto a nivel nacional como internacional.

En el capítulo II, se profundiza en el desarrollo del marco teórico en relación a: la naturaleza fisicoquímica del alcohol etílico, las vías de obtención a nivel industrial como la fermentación alcohólica y la hidratación catalítica del etileno, los esquemas típicos de procesos de destilación, la deshidratación mediante tamices y se realiza una descripción sobre los procesos de producción de cada empresa perteneciente a la industria del alcohol etílico en el Perú. Además, en el marco conceptual se describen detalladamente las principales normas técnicas peruanas y las normas internacionales referidas al uso del alcohol etílico.

El capítulo III, describe la metodología a seguir en el presente trabajo de investigación, se argumenta el tipo de investigación dependiendo de los criterios de clasificación y se desarrolla a profundidad los problemas y retos en el control de calidad del alcohol etílico, tales como: el vacío normativo, la adulteración y su cultura.

El capítulo IV, desarrolla el análisis y discusión de los resultados obtenidos a partir de: la búsqueda de normas técnicas peruanas para el alcohol etílico en sus diferentes presentaciones, la búsqueda de noticias sobre su adulteración y las conclusiones de mi experiencia profesional sobre las concepciones y cultura en el campo del control de calidad del alcohol etílico.

Capítulo I. Parte introductoria del trabajo

1.1 Generalidades

El alcohol etílico es un insumo de mucha importancia por su utilidad en varios sectores de la industria como las bebidas alcohólicas, el sector alimentario, agroquímico, cosmético, farmacéutico, minero, en productos de limpieza, en productos de higiene personal, también por su uso en la industria de hidrocarburos, en la mezcla con gasolina para elevar el octanaje y como biocombustible puro. Es muy conocida su gran versatilidad como solvente, reactivo químico, como medio de extracción de otros productos químicos e insumo en varios productos finales.

A nivel mundial existen dos vías principales de producción del etanol, está el proceso petroquímico el cual consta de la hidratación del etileno catalizado con ácidos, H_2SO_4 o H_3PO_4 , y la fermentación biológica, la cual se logra gracias a la acción de microorganismos que son capaces de actuar sobre azúcares simples produciendo el etanol y liberando dióxido de carbono, CO_2 , normalmente esta fermentación biológica ocurre utilizando fuentes tradicionales como: la caña de azúcar, el maíz o el sorgo dulce las cuales son fuentes que contienen una cantidad importante de azúcares. Sin embargo, a pesar de que las materias primas que han sido mencionadas son perfectamente utilizables, presentan muchos problemas como por ejemplo la competencia con la producción de alimentos, el impacto ambiental negativo generado y también existe una dependencia de la industria en el mundo por estos cultivos. Debido a esto se buscaron nuevas alternativas como fuentes de producción de etanol entre ellas se pueden mencionar a los tubérculos convencionales como: la papa, el camote, la yuca o mandioca, los cuales necesitan un proceso de transformación un poco más complicado a comparación del proceso que

necesitan las fuentes tradicionales, la diferencia radica en que los tubérculos al tener un alto contenido de almidón, estos no pueden fermentarse directamente y necesitan un proceso de hidrólisis para romper la estructura compleja de dicho polisacárido con el fin de obtener azúcares simples que sí puedan ser fermentables.

Otra alternativa interesante para obtener etanol es usando como materia prima a los residuos lignocelulósicos los cuales son una fuente con elevado contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina, estos residuos se pueden encontrar fácilmente en desechos de la agroindustria como por ejemplo: las cáscaras de frutas, el bagazo de caña de azúcar, el cual es uno de los más conocidos, utilizados y estudiados, la cascarilla de arroz, las cáscaras de tubérculos y hay fuentes menos empleadas y conocidas como la paja de caña de azúcar o simplemente fuentes que han sido poco estudiadas como los tallos, las hojas y mazorcas (Viñals Verde et al., 2012).

En el Perú, la materia prima principal en la producción de alcohol etílico es la caña de azúcar debido a las importantes plantaciones de dicho cultivo en el norte del país, siendo esa zona en donde se encuentran los grandes complejos azucareros. También se hace uso del maíz, aunque en mucha menor medida, y en proceso de investigación se encuentran fuentes como el camote, la yuca y en especial la papa ya que el país goza de una gran variedad de este recurso, sin embargo, también hay algunas experiencias en el uso de residuos lignocelulósicos, en especial en instituciones académicas como las universidades.

Asimismo, existen varias empresas que producen alcohol etílico, podemos mencionar a las empresas que forman parte del grupo Gloria como lo son: Agroindustrias San Jacinto S.A.A, Cartavio S.A.A y Agroindustrial Casa Grande S.A.A, encontramos también a Agroindustrial Laredo S.A.A, perteneciente a capitales colombianos, y a Caña Brava del grupo Romero. Estas empresas producen principalmente los siguientes tipos de alcohol etílico que son aptos para su uso en bebidas alcohólicas, estos son: el alcohol

etílico rectificado, alcohol etílico neutro y alcohol etílico extraneutro. Dichos alcoholes están clasificados en base a la norma técnica peruana, la cual define cada uno de estos, da lineamientos acerca de su muestreo, sobre el correcto etiquetado, indica las especificaciones de calidad que cada uno debe cumplir y muestra la metodología a seguir para los análisis de calidad correspondientes, estos tipos de alcohol etílico han sido normados pensando en que sean aptos para su uso en la fabricación de bebidas alcohólicas, esto no quiere decir que no pueden ser usados para los fines que la industria química en general requiere. Sin embargo, también se produce otro tipo de producto conocido como el alcohol etílico de segunda o de cabezas y colas o inclusive llamado simplemente como alcohol industrial, el cual es un alcohol con alta concentración de impurezas orgánicas, no apto para consumo humano, usado como: solvente, agente de extracción y actualmente no existen especificaciones técnicas de calidad para dicho producto.

Con respecto a Caña Brava, está conformada por 3 empresas: Agrícola del Chira S.A, encargada de la siembra y cosecha de la caña de azúcar, Bioenergía del Chira S.A, responsable de la generación de energía eléctrica a partir del bagazo de la caña de azúcar y Sucroalcolera del Chira S.A responsable del proceso productivo del alcohol etílico anhidro o deshidratado el cual presenta una graduación alcohólica de 99.7 % en volumen o grados Gay Lussac como mínimo, también produce el alcohol carburante o alcohol anhidro desnaturalizado, es decir se encuentra mezclado con un agente desnaturalizante como: la gasolina natural, gasolina sin plomo o componentes de gasolina, el alcohol carburante está destinado para mezclarse con gasolina obteniéndose de esta forma el combustible conocido como gasohol, actualmente Sucroalcolera del Chira S.A produce el etanol anhidro principalmente para su comercialización en territorio nacional pero también exporta una cantidad apreciable del producto (Caña Brava, 2025).

La norma técnica peruana NTP 211.100:2018, establece las definiciones, terminología a nivel estándar, unidades y las abreviaturas con respecto a la producción de

alcohol etílico mediante procesos fermentativos y su comercialización, también establece la clasificación del alcohol etílico en base a sus diferentes usos (CTNB, 2018).

La NTP 211.007:2014, establece los requisitos que están obligados a cumplir cada tipo de alcohol etílico usado para la preparación de bebidas alcohólicas, tales como la evaluación sensorial y físico química, en esta evaluación se considera ensayos como: el grado alcohólico a 20 °C, tiempo de oxidación con el permanganato de potasio, el contenido de acidez total, aldehídos, ésteres, metanol, alcoholes superiores, furfural, residuo no volátil además de los métodos para su muestreo, análisis, etiquetado y envasado (CTNB, 2015b).

La NTP 210.024:2014, establece los estándares de calidad que está obligado a satisfacer el alcohol etílico destilado, este alcohol es aquel que no ha pasado por un proceso de rectificación. Entre los requisitos que menciona esta norma técnica está la evaluación sensorial y físico química, en esta evaluación se considera ensayos como: el grado alcohólico a 20 °C, el contenido de acidez total, aldehídos, ésteres, metanol, alcoholes superiores, furfural, residuo no volátil además de los métodos para su muestreo, análisis, etiquetado y envasado (CTNB, 2015a).

La NTP 211.049:2014, establece las definiciones y requisitos que se deben cumplir sobre el máximo contenido de metales pesados que pueden estar presentes en bebidas alcohólicas destiladas, sin considerar a las bebidas alcohólicas fermentadas o vitivinícolas. Los metales pesados que se consideran son: el cobre, plomo, arsénico y zinc (CTNB, 2015c).

Con respecto a las empresas que pertenecen al campo farmacéutico existe una exigencia para el alcohol etílico que usan en sus procesos, el cual es que dicho producto cumpla con los requisitos de calidad considerados por la Farmacopea Internacional o también se considera a la Farmacopea de los Estados Unidos, USP. La USP referida al alcohol etílico considera algunos ensayos analíticos diferentes a la norma técnica peruana

como, por ejemplo: prueba de identificación espectroscópica en el infrarrojo, el contenido de benceno y la absorción en el ultravioleta.

El alcohol etílico es considerado un aditivo alimentario, por tal motivo para las empresas pertenecientes al rubro de alimentos, existe una norma específica propia de dicho sector, es la norma dada por JECFA, Comité Mixto de Expertos en Aditivos Alimentarios, el cual es un comité científico internacional administrado en conjunto por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO, y la Organización Mundial de la Salud, OMS, dicha norma considera ensayos analíticos muy parecidos a los considerados por la Farmacopea de los Estados Unidos (FAO, 2025).

1.2 Descripción del problema de investigación

La industria del alcohol etílico en el Perú presenta diversos aspectos a nivel técnico y estratégico que influyen negativamente en la producción, como las limitaciones en el campo tecnológico, en la seguridad, en las capacitaciones a operarios, entre otros. En muchos países existe el problema de la dependencia de materias primas convencionales como: la caña de azúcar, la melaza, el maíz, entre otros y el Perú no es ajeno a dicho problema, estas materias primas son vulnerables en cuanto a su costo y disponibilidad, además está la polémica que se crea en torno a utilizar como fuente de etanol, insumos que pueden ser utilizados como alimento para la población. En el campo tecnológico el problema está enfocado en la tecnología de producción ya que existen casos de plantas de producción relativamente antiguas, aunque también están las plantas productivas que con el transcurso de los años fueron modernizándose gradualmente, todo esto afecta en la calidad del alcohol etílico que se pretende obtener.

En el Perú se comercializan diferentes tipos de alcohol etílico, entre ellos se encuentran los que son aptos para la ingesta, es decir los que son usados para elaborar bebidas alcohólicas como el vodka, la ginebra entre otros, estos son: alcohol etílico

rectificado, alcohol etílico neutro y alcohol etílico extraneutro, siendo este sector un campo importante en la rigurosidad para cumplir estándares de calidad, es por ello que las normas técnicas peruanas están referidas a un alcohol etílico apto para su uso en bebidas alcohólicas, pero no existen especificaciones técnicas para un alcohol etílico que se pretenda usar en sectores como limpieza y desinfección, cosmética, alimentos, pinturas, resinas, entre otros, con la salvedad que normalmente ante este vacío normativo se suele tomar como referencia lo indicado por la norma internacional más acorde al sector industrial en cuestión, esto se da para el sector farmacéutico, en donde se considera lo mencionado por la Farmacopea Internacional o por la Farmacopea de los Estados Unidos y para el sector alimentario se considera lo mencionado por la norma JECFA.

Por otro lado, se encuentran los tipos de alcohol etílico que no son aptos para la ingesta, estos son: alcohol etílico anhidro o bioetanol, alcohol etílico absoluto, alcohol carburante o etanol anhidro desnaturalizado, alcohol etílico destilado y el alcohol etílico de segunda. Para el caso del alcohol etílico anhidro y alcohol etílico absoluto, se evidencia también un vacío normativo en el Perú, ya que sólo se encuentran definidos los grados alcohólicos mínimos que deben presentar. Un caso similar es respecto al alcohol etílico de segunda ya que sólo se encuentra conceptualizado en la NTP 211.100:2018 mas no existen especificaciones técnicas sobre su graduación alcohólica y el contenido máximo de impurezas orgánicas que debe cumplir.

En este contexto resulta un problema serio la comercialización y el poco control de calidad que se realiza al alcohol etílico de segunda, ya que al no existir una norma técnica nacional que regule las especificaciones técnicas de calidad en cuanto a su graduación alcohólica y a su contenido de impurezas orgánicas, entonces esto genera que muchas veces sea elaborado de forma inescrupulosa en base a mezclas de diferentes solventes como: metanol, alcohol isopropílico de baja calidad y agua, además de un contenido menor de alcohol etílico, de esta manera no se cumple con la calidad del producto ya que al no ser etanol propiamente dicho, al momento de usarlo para determinado fin industrial, este

puede ser limitado en su rendimiento o disminuir la calidad de algún producto final, pudiéndose dar una contaminación de sustancias, la obtención de bajas purezas o algún otro problema relevante.

Sumado a este contexto, también es de conocimiento que existen fabricantes inescrupulosos que distribuyen bebidas alcohólicas adulteradas en muchas partes del mercado peruano, estas bebidas adulteradas suelen presentar metanol en su composición, lo cual ha generado consecuencias irremediables como la muerte o la pérdida de ciertas facultades en personas, por tanto, representa un serio problema que afecta a la salud pública. El problema de la presencia de metanol también se encuentra latente en el caso del alcohol etílico de 70 % v/v o alcohol medicinal, el cual es vendido muchas veces sin mayor reparo en varias farmacias, boticas y tiendas comerciales de dudosa procedencia, el contenido de metanol en este producto medicinal altera de forma negativa su poder desinfectante, aumenta el riesgo de toxicidad si se consume accidentalmente y modifica sus propiedades fisicoquímicas.

En otro ámbito se encuentran las prácticas de control de calidad, las cuales en la mayoría de los casos son limitadas, no realizándose la totalidad de ensayos analíticos requeridos por las normas técnicas peruanas o por alguna norma internacional, esto se ve reforzado por el poco conocimiento o poco interés de las empresas que usan el alcohol etílico en cumplir dichas normas, ya que muchas veces basta con sólo realizar ensayos analíticos rápidos como una evaluación organoléptica y la medición del grado alcohólico para aprobar el producto y utilizarlo sin mayor reparo, omitiendo análisis de relevancia como el contenido de metanol, alcoholes superiores, ésteres, aldehídos, entre otras impurezas orgánicas.

A partir de la descripción del problema de investigación se puede plantear las siguientes interrogantes:

1.2.1 Planteamiento general del problema de investigación

¿Cuáles son las dificultades técnicas para el control de calidad de las diferentes presentaciones de alcohol etílico comercializado en el Perú?

1.2.2 Planteamientos específicos del problema de investigación

¿En el Perú, existen especificaciones técnicas de calidad para cada presentación de alcohol etílico comercializado?

¿En el Perú, existe la práctica de adulteración de las diferentes presentaciones de alcohol etílico comercializado?

¿En el Perú, existe una cultura adecuada de control de calidad a las diferentes presentaciones de alcohol etílico comercializado?

1.3 Objetivos del estudio

Los objetivos de esta investigación son los siguientes:

1.3.1 *Objetivo general*

Identificar las dificultades técnicas para el control de calidad de las diferentes presentaciones de alcohol etílico comercializado en el Perú.

1.3.2 *Objetivos específicos*

Determinar si en el Perú, existen especificaciones técnicas de calidad para cada presentación de alcohol etílico comercializado.

Determinar si en el Perú, existe la práctica de adulteración de las diferentes presentaciones de alcohol etílico comercializado.

Determinar si en el Perú, existe una cultura adecuada de control de calidad a las diferentes presentaciones de alcohol etílico comercializado.

1.4 Antecedentes de investigación

Con relación a los antecedentes de investigación, la búsqueda bibliográfica muestra el estado del arte en investigaciones a nivel nacional.

Las investigaciones de Huamán (2023) para obtener el título profesional de químico farmacéutico en la Universidad Norbert Wiener presentó el trabajo titulado "Identificación de metanol y la concentración del alcohol de 70 % en las diferentes marcas comercializadas en el mercado central - Lima 2023" (p.1). El objetivo principal se centró en evaluar la calidad de 20 muestras de alcohol etílico de 70 % v/v o también llamado alcohol etílico medicinal de diferentes marcas, que se encontraban disponibles a la venta en el mercado peruano considerando en este caso tanto a las farmacias como a las tiendas comerciales ubicadas en el mercado central, tomando como parámetros importantes de calidad: las características sensoriales, el contenido de metanol, la densidad, el pH y la concentración alcohólica, el estudio se realizó bajo un enfoque cuantitativo y un diseño no experimental. Los resultados obtenidos revelaron hallazgos alarmantes: el 90 % de las muestras obtenidas de tiendas comerciales, presentaban en su composición metanol y por otro lado un 20 % de las muestras procedentes de farmacias también contenían esta sustancia tóxica, además se encontró que varias de las muestras analizadas presentaban una graduación alcohólica menor al 70 % v/v que se requiere para que cumpla con su función antiséptica. Se concluye sobre la importancia de implementar controles de calidad estrictos en los productos de corte farmacéutico, particularmente del alcohol etílico medicinal y resalta la necesidad de determinar procedimientos más estrictos y mecanismos efectivos de monitoreo para resolver el grave problema de la adulteración de productos químicos en el mercado peruano.

Por otro lado, Laureano y Vargas (2020) con el objetivo de conseguir el título profesional de químico farmacéutico en la Universidad Norbert Wiener, presentaron el trabajo "La adulteración y calidad desinfectante del alcohol expendido en oficinas farmacéuticas y otros establecimientos comerciales, Lima - Cercado, septiembre 2020" (p.1), dicho trabajo se enfocó en evaluar la calidad del alcohol etílico de 96 % v/v que se halla disponible en el mercado peruano. El estudio manejó un enfoque a nivel cuantitativo y un diseño no experimental de tipo descriptivo, se analizaron en total 32 muestras de alcohol etílico y se logró identificar que en un 13.3 % de muestras que provenían de farmacias existía la presencia de metanol y en muestras obtenidas de otros establecimientos comerciales el valor alcanzó un 11.76 %. Además, al realizarse la medición del grado alcohólico, el resultado promedio fue inferior al valor esperado, registrándose un valor promedio de 93 % v/v en farmacias y de 79 % v/v en otros establecimientos, adicionalmente se realizaron evaluaciones del poder desinfectante de las muestras conforme al método UNE-EN 1040. Se concluye que las muestras con graduación alcohólica menor mostraban un poder de desinfección menor, en este trabajo se muestra una preocupación por la adulteración de productos desinfectantes y el impacto negativo de esta práctica en la salud pública.

Por su parte, Bastidas (2015) en sus estudios para obtener el título profesional de químico farmacéutico en la Universidad Alas Peruanas, con la tesis "Concentración de metanol en pisco elaborado artesanalmente" (p.1), llevó a cabo una investigación referente a la existencia de alcohol metílico o metanol en el pisco artesanal que se produce en cinco diferentes bodegas de la ciudad de Ica en Perú. El estudio se realizó bajo un enfoque cuantitativo y un diseño no experimental de tipo descriptivo, se hizo uso del método de cromatografía de gases, encontrando el analito en cuestión, además de otras impurezas orgánicas o congénicas del etanol. Los resultados obtenidos mostraron que el metanol se encontraba presente en cada una de las muestras, sin embargo, sus concentraciones estaban en el rango de 20.9 g/hL - 37.5 g/hL de alcohol anhidro, es decir por debajo del

límite máximo que es aceptado por la normativa peruana, de igual forma las concentraciones de componentes volátiles o congenéricas del etanol resultaron por debajo del límite máximo permitido para este tipo de bebida. En esta investigación se concluye que a pesar de la presencia de metanol y congenéricos presentes en bebidas alcohólicas fabricadas artesanalmente, estas son mínimas y cumplen con las exigencias de calidad para bebidas de su tipo, sin embargo, su presencia resulta un indicador de una destilación no del todo correcta. Esta investigación sirve como ejemplo para próximas investigaciones en relación con el control de calidad de bebidas alcohólicas de origen artesanal, la seguridad alimentaria y la optimización de procesos de destilación con el fin de reducir al mínimo el contenido de metanol y otros congenéricos del etanol no deseados.

Por otro lado, con relación a los antecedentes internacionales el estado del arte muestra:

En la indagación realizada por Kovaleva et al. (2023) titulada "El problema de la calidad y seguridad de los productos alcohólicos" (p.156), hicieron un estudio de tipo descriptivo y analítico con un enfoque dado en el mercado de bebidas alcohólicas en Rusia, por dicho motivo examinó información estadística sobre las ventas realizadas en la década transcurrida entre los años 2011 a 2020 asimismo se recurrió a la Agencia Federal Reguladora del alcohol etílico, para analizar información publicada en los reportes oficiales. La investigación utilizó técnicas como el análisis documental y la revisión de datos estadísticos de corte oficial para la evaluación de los problemas de calidad y la adulteración de bebidas alcohólicas. El objetivo primordial fue realizar el análisis de los problemas en cuanto a calidad y seguridad se refiere de aquellos productos, con el fin de proponer soluciones viables. En las conclusiones, se indica lo necesario que resulta implementar inspecciones de control de calidad más rigurosas en todas las fases productivas, además del fortalecimiento en la lucha frente a la producción no autorizada y hacer más eficiente el monitoreo del mercado y poder detectar productos ilegales.

Por su parte, Piekarz et al. (2021), desarrollaron una investigación experimental titulada "Detección de contaminación por metanol en alcohol etílico empleando un sensor de microondas de alta sensibilidad especialmente diseñado" (p.1). Esta investigación se orientó en crear tecnología de punta para poder identificar contaminación por alcohol metílico o metanol a través de unos sensores diseñados para microondas. El grupo de estudio se basó principalmente en mezclas controladas de etanol y metanol con distintas concentraciones; las muestras concretas oscilaban entre el 0 % y el 3 % v/v. Los procedimientos empleados incluyeron sensores coplanares de tipo tira junto con análisis vectoriales. El objetivo central fue llevar a cabo el desarrollo de un sistema eficaz que sea capaz de detectar cantidades mínimas, tan pequeñas como 0.02 % v/v, sin dañar las muestras iniciales. Dentro de las conclusiones se destaca la capacidad efectiva del sensor bajo condiciones extremadamente sensibles, además del perfeccionamiento de los controles de impurezas químicas críticas, ya que probablemente tengan un impacto directo en los estándares internacionales del comercio internacional y también en la protección de la salud pública.

Por otro lado, Olefir et al. (2020), realizaron una investigación titulada "Control de calidad del alcohol etílico empleado como medicamento" (p.6). Este estudio se categoriza como una revisión analítica, orientada en evaluar la relación de la calidad del alcohol etílico utilizado en productos farmacéuticos respecto a los materiales de origen, procedimientos y tecnologías productivas. La población tomada para la investigación constó de diferentes fuentes y variedades de alcohol etílico utilizados en la industria farmacéutica de Rusia. Primordialmente se utilizaron métodos de análisis del tipo documental y comparativo entre estándares distintos de farmacopeas a nivel global. La finalidad fue examinar la relación del origen y proceso de producción sobre la calidad final del producto. Se concluyó sobre la importancia del control estricto de compuestos congenéricos volátiles entre ellos el metanol, además de la necesidad por mejorar los métodos de identificación de estos contaminantes mediante absorbancia ultravioleta y espectroscopía infrarroja.

Capítulo II. Marco teórico y conceptual

2.1 Marco teórico

2.1.1 *Alcohol etílico*

El alcohol etílico es un compuesto químico orgánico, el cual concierne a la familia de los alcoholes. Es un líquido volátil, inflamable, incoloro, con un sabor ardiente y un olor muy característico por ser penetrante, presenta miscibilidad con el agua en cualquier proporción debido a que entre sus grupos hidroxilos y las moléculas de agua se forma una fuerza intermolecular conocida como puente de hidrógeno. En la industria se pueden encontrar diferentes presentaciones como: el alcohol etílico de 96 % v/v, alcohol etílico de 70 % v/v, bioetanol o etanol anhidro con un grado mayor a 99 % v/v, etanol absoluto y alcohol etílico de segunda o industrial.

El etanol posee propiedades fisicoquímicas que se muestran en la tabla 1, tales como: densidad, punto de ebullición, constante dieléctrica, punto de fusión, viscosidad y otras más, estas propiedades hacen posible su uso amplio en distintas aplicaciones industriales. Su naturaleza volátil se explica por su alta presión de vapor, resulta ser un solvente versátil debido a su constante dieléctrica, presenta una viscosidad dinámica que hace posible su manipulación y aplicación, también se puede usar como biocombustible puro o mezclado con gasolina gracias a su poder calorífico inferior, de esta forma se convierte en una materia prima clave en varios sectores de la producción e ingeniería (Lide, 2006).

Tabla 1*Propiedades fisicoquímicas del alcohol etílico.*

Propiedad	Valor o descripción
Densidad	0.789 g/mL a 20 °C
Punto de ebullición	78.37 °C
Constante dieléctrica	24.3 a 20 °C
Solubilidad en agua	Miscible
Punto de fusión	-114.1 °C
Viscosidad	1.074 mPa.s a 20 °C
Poder calorífico inferior	26.8 MJ/L
Índice de refracción	1.361 a 20 °C
Presión de vapor	5.95 kPa a 20 °C

Nota. Fuente: Handbook of Chemistry and Physics (Lide, 2006).

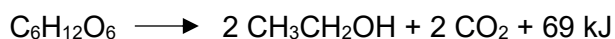
Existen diferentes vías a seguir para lograr la producción de alcohol etílico, esto depende tanto de la materia prima, así como del proceso aplicado.

2.1.1.1 Fermentación alcohólica

El término fermentación se origina de la palabra latina *fervere*, dicha palabra tiene como significado la ebullición, fue aplicada debido a la conversión que se daba en la corriente del mosto de uva al prepararse vino, considerando también que durante este proceso se forma anhídrido carbónico en cantidades apreciables en todo el líquido, esta peculiar situación genera la impresión que se produce la ebullición de todo el líquido. La fermentación alcohólica es un procedimiento de carácter bioquímico, el cual está basado en una serie de reacciones químicas anaerobias, donde un sustrato orgánico de procedencia vegetal, con carencia de nitrógeno, es transformado en etanol y anhídrido carbónico. Este proceso se lleva a cabo a través de la transformación de carbohidratos o sus derivados debido a la actividad de microorganismos, como: levaduras, bacterias,

bacilos o mohos, como consecuencia, se da la liberación de energía y un característico desprendimiento de gases. Desde la antigüedad, la fermentación alcohólica ha sido objeto de estudio, debido a su influencia en la elaboración de bebidas fermentadas y su gran trascendencia en muchas aplicaciones industriales. El progreso de este proceso está sujeto a factores ambientales que hacen posible la interacción entre los microorganismos y los sustratos orgánicos que son propensos a ser fermentados (Usucachi, 2011).

La fermentación depende de la naturaleza de la materia prima, en el caso de las materias sacaroideas normalmente requieren de un tratamiento previo o inclusive algunas veces no lo requieren, en cambio las materias de origen celulósico o amiláceo necesitan primero ser hidrolizadas y convertirse en azúcares aptos para ser fermentados, una vez dado esto, los microorganismos pueden actuar sobre ellas. Resulta relevante el tratamiento previo, la concentración del azúcar, la temperatura óptima y el pH. La transformación de glucosa en alcohol etílico mediante el accionar de microorganismos se da debido a una serie de reacciones químicas, cuya ecuación química global es:



Esta ecuación tan conocida fue desarrollada por Gay Lussac, él indica un rendimiento teórico de la siguiente manera: por cada 100 g de glucosa se puede obtener un 51.1 % de $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ y un 48.9 % de CO_2 . Se sabe que el rendimiento real siempre resulta menor al teórico, ya que una parte de la glucosa inicial sirve como nutrición y para la reproducción de los microorganismos, además se presentan reacciones secundarias que generan productos como el ácido succínico, el ácido láctico o el aceite de fusel, mezcla de alcoholes superiores (Usucachi, 2011).

El proceso de fermentación se realiza en biorreactores industriales apropiados para dicho fin, como los que se muestran en la figura 1, estos biorreactores presentan especificaciones técnicas típicas de dimensiones y capacidad, un ejemplo de estos valores se presenta en la tabla 2, en la cual se observa que para un biorreactor de capacidad total 50 m^3 o 50000 L se recomienda trabajar con un volumen del 80 % de su capacidad máxima, es decir 40 m^3 o 40000 L de mosto producto de fermentación, con una relación de altura/diámetro de 3.4/1, la cual es óptima para producción industrial y un área de transferencia de calor correspondiente para dichas dimensiones de 75 m^2 . Además, se considera una masa del biorreactor vacío de 12000 kg y una masa, con un 80 % de su capacidad máxima, de 42000 kg .

Figura 1

Fermentador industrial para producción de etanol.



Nota. Reproducido de (SUCRANA, 2025).

Tabla 2

Especificaciones técnicas típicas de dimensiones y capacidad para un biorreactor de fermentación alcohólica.

Característica	Valor
Volumen total	50000 L (50 m ³)
Volumen de trabajo	40000 L (80 % de la capacidad máxima)
Altura	9 m
Diámetro	2.65 m
Relación altura/diámetro	3.4/1 (óptima para una producción a nivel industrial)
Peso vacío	12000 kg
Peso lleno	52000 kg
Área de transferencia de calor	75 m ²

Nota. Fuente: Fermentation and Biochemical Engineering Handbook (Vogel y Todaro, 2014).

La *Saccharomyces cerevisiae* es la levadura por excelencia en ser utilizada para llevar a cabo una fermentación del tipo alcohólica, es de naturaleza heterótrofa, presenta una elevada eficiencia en el proceso de conversión de azúcares aptos para ser fermentados como: glucosa, maltosa, fructosa y otros en etanol y anhídrido carbónico, además presenta una gran tolerancia a elevadas concentraciones del etanol que va produciendo, de esta forma logra alcanzar un rendimiento conveniente. Su aplicación más extendida se encuentra en la industria de panificación, en la industria de los vinos, la cerveza y en general del etanol, además al ser inactivada por medio de temperatura, hace factible su uso como fuente nutritiva para animales y humanos. La crema de la *Saccharomyces cerevisiae* concentrada presenta un valor de materia seca de 18 – 20 %, con contenido proteínico bruto de 32 – 36 % en base seca (Suárez et al., 2016).

Durante todo el proceso de fermentación se da el desarrollo de la levadura siendo de esta forma un producto valioso que se puede recircular al inicio del proceso fermentativo, después de la fermentación se someten a una centrifugación para ser separadas y se lavan, luego transitan por filtros prensas o rotatorios con el fin de disminuir el contenido de agua presente hasta un 68 – 70 % de humedad, esta levadura es almacenada a bajas temperaturas. La producción de etanol y así como de levadura son reacciones exotérmicas por tanto se debe manejar el calor producido en el proceso manteniendo la temperatura en el rango óptimo de 33 – 34 °C, en caso contrario la temperatura puede ascender hasta un rango de 40 – 42 °C provocando una pérdida de rendimiento (Suárez et al., 2016).

El proceso de fermentación alcohólica usando como microorganismo a la *Saccharomyces cerevisiae* se debe llevar a cabo tomando en consideración las condiciones óptimas de operación mostradas en la tabla 3, tales como: la concentración inicial de azúcares, el pH, la velocidad de agitación, la temperatura, el tiempo de fermentación y demás parámetros.

Tabla 3

Condiciones óptimas de fermentación alcohólica con Saccharomyces cerevisiae.

Característica	Valor
Concentración inicial de azúcares	Máximo 22 % p/v
Control de pH	4.0 – 5.0
Velocidad de agitación (en la fase exponencial)	50 – 80 rpm
Presión operativa	0.5 – 1.5 bar
Temperatura de fermentación	30 – 35 °C
Tiempo de fermentación	24 – 48 horas/ciclo
Rendimiento	85 – 90 % del rendimiento teórico
Concentración final de etanol	10 – 12 % v/v
Productividad	2 – 2.5 g/L.h

Nota. Fuente: Biotechnology Advances (F. W. Bai et al., 2008).

2.1.1.2 Hidratación catalítica directa del etileno

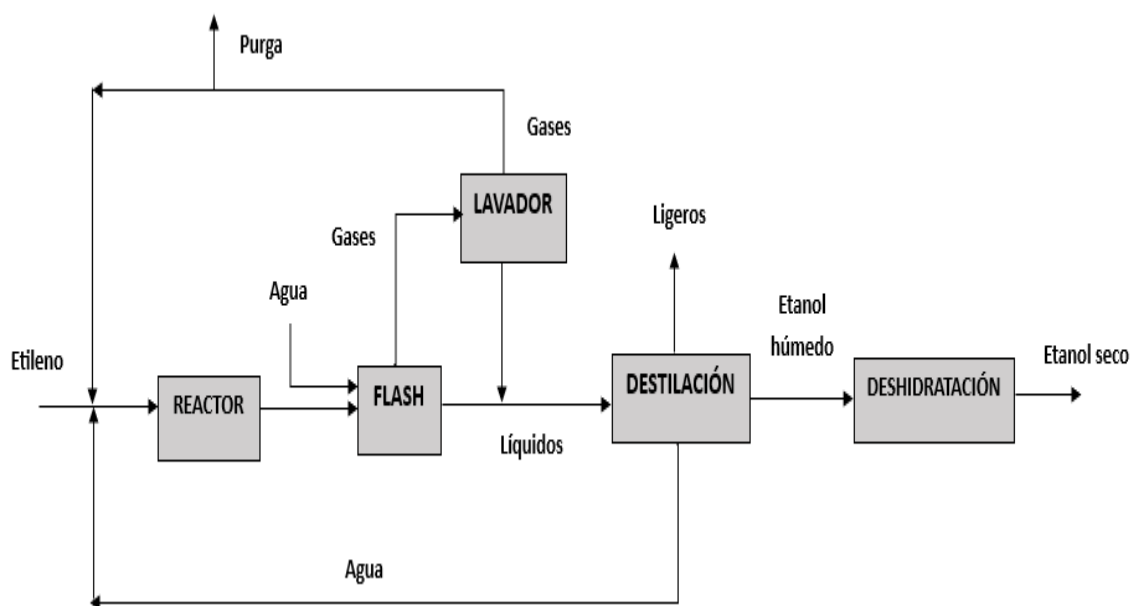
A nivel industrial la hidratación del etileno para obtener etanol se lleva a cabo bajo condiciones de presión de 6 – 8 MPa y temperaturas entre 250 – 300 °C, se usan catalizadores ácidos como el H₂SO₄ o H₃PO₄ sobre sílice. En esta reacción también suelen ocurrir reacciones secundarias, de esta manera se forman subproductos como el dietiléter, acetaldehído y crotonaldehído, este último representa un elemento nocivo para los catalizadores usados (Cruz, 2018).



En la figura 2, se observa este proceso, en el cual un gas con alta pureza de etileno es sometido a compresión, se le añade agua de proceso, se calienta hasta llegar a una temperatura óptima de reacción e ingresa a un reactor de lecho catalítico, en el cual se ha impregnado con H₃PO₄, para que se pueda dar la conversión a etanol. El producto del reactor ingresa a una unidad flash en donde es enfriado y separado en una corriente gaseosa y otra líquida, la corriente gaseosa se somete a un lavado con agua para remover el etanol presente, hay una corriente de purga para el etileno que recircula al reactor, y la corriente líquida ingresa al sistema de refinación del etanol en donde se purifica con destilaciones en 2 etapas y la deshidratación (González, 2011).

Figura 2

Proceso de hidratación directa de etileno.



Nota. Imagen adaptada de Modelado y simulación de una planta de producción de etanol por hidratación directa de etileno, por (González, 2011).

2.1.1.3 Procesos de destilación

Existen arreglos típicos de columnas de destilación para procesar el mosto obtenido de la fermentación alcohólica, esto con el fin de obtener alcohol etílico de diferentes calidades que se requieren en la industria peruana. Normalmente estos arreglos constan de 3 o hasta de 4 columnas de destilación a las cuales se les atribuyen diferentes nombres en base a la función principal que desempeñan.

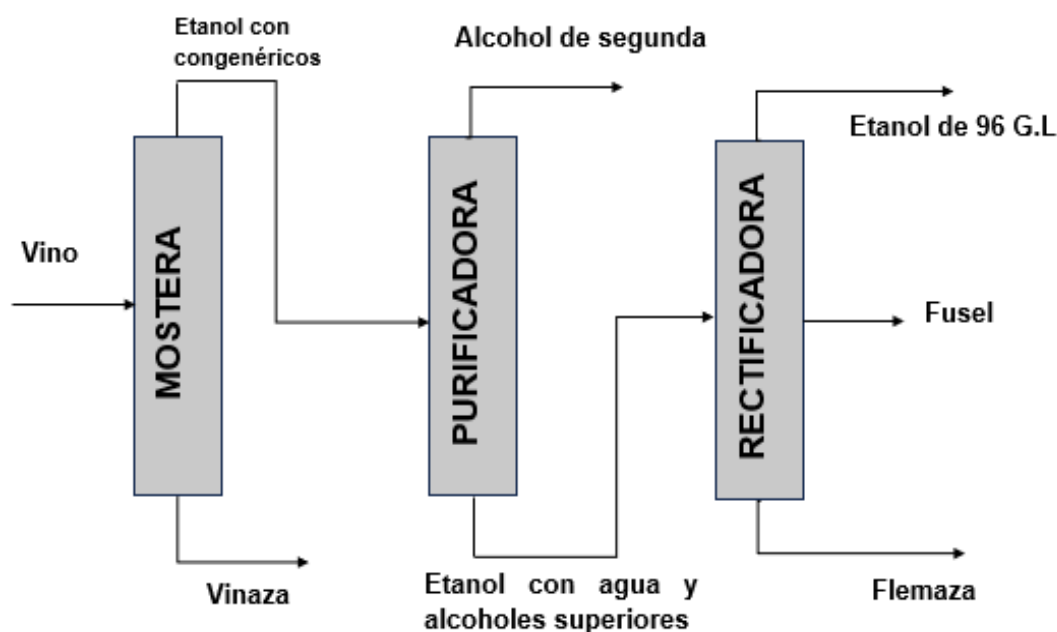
2.1.1.3.1 Destilación Barbet

Esta configuración es mostrada en la figura 3, en donde la primera columna es llamada mostera, destrozadora o stripper, realiza la separación en forma de vapor de todo aquello diferente al agua, glicerol y sólidos, ya que estos salen como corriente por el fondo de la columna con el nombre de vinaza. Posteriormente la corriente liviana obtenida por el tope de la primera columna, entra a la segunda llamada purificadora, destiladora o de cabezas, aquí se evaporan los componentes de mayor volatilidad como: metanol, ácidos

orgánicos, aldehídos y cetonas, quedando el etanol mezclado con agua y alcoholes superiores, esta mezcla sale del fondo de la columna y es la corriente de alimentación de la tercera columna llamada de rectificación o concentración, en esta última el etanol aún con cierto contenido de impurezas congénicas remanentes sale como destilado final por el tope, los alcoholes superiores como aceite de fusel son extraídos por medio de una corriente en el primer tercio de la columna y por el fondo sale una corriente principalmente de agua contaminada, con el nombre de flemaza (Espinosa y Ovando, 2012).

Figura 3

Configuración de destilación Barbet para producción de alcohol etílico de 96 G.L.



Nota. Imagen adaptada de El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala, por (Espinosa y Ovando, 2012).

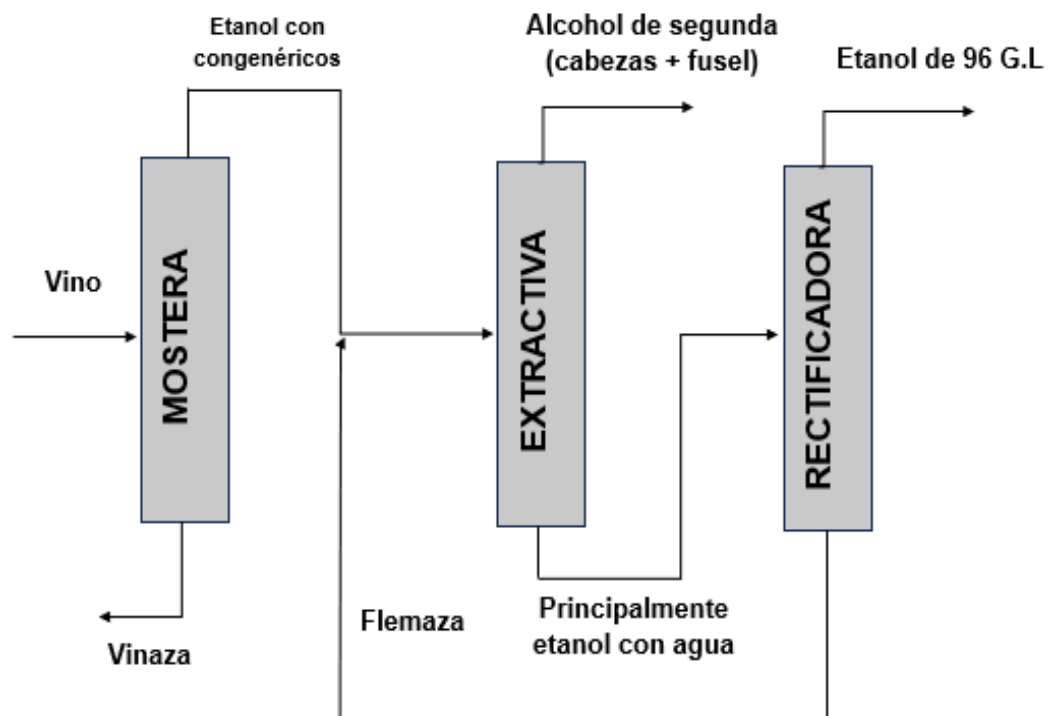
2.1.1.3.2 Destilación extractiva

Esta configuración se muestra en la figura 4, es similar a la destilación Barbet, la diferencia se encuentra en que la columna purificadora es sustituida por una de destilación extractiva, esto quiere decir que en este equipo se dan de forma simultánea la destilación y extracción. Se basa en que la mezcla de componentes congénicos livianos y pesados del etanol, presenta una volatilidad relativa mayor a una solución hidroalcohólica de etanol

y agua de una concentración similar al 14 % v/v. Por tanto, el agua presente en la corriente que sale del fondo de la tercera columna, recircula y sirve para la dilución de la corriente recuperada por el tope de la primera columna, de esta forma se crean las condiciones necesarias para que en la columna de destilación extractiva se pueda extraer el etanol de la mezcla y salga por la corriente del fondo de la columna para luego alimentar a la columna de rectificación, en donde se da la separación del etanol como una destilación binaria con mayor facilidad (Espinosa y Ovando, 2012).

Figura 4

Configuración de destilación extractiva para producción de alcohol etílico de 96 G.L.



Nota. Imagen adaptada de El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala, por (Espinosa y Ovando, 2012).

2.1.1.4 Deshidratación

Años atrás para deshidratar el etanol y producir etanol anhidro se utilizaban procesos como: la destilación al vacío, destilación azeotrópica y diferentes formas de destilación extractiva con solvente o sal, no obstante, en la actualidad es más usado la adsorción con tamices moleculares, estos tamices son sustancias granulares llamadas zeolitas generalmente hechas de aluminosilicatos de potasio, las cuales poseen la propiedad de retener al agua sobre su superficie. El proceso de deshidratación usando tamices moleculares puede realizarse en fase líquida o vapor, sin embargo, cuando se efectúa en fase líquida es necesario utilizar posteriormente un gas caliente como el N_2 o CO_2 , ya que son inertes, para regenerar el lecho del tamiz, esto puede provocar un rápido deterioro del mismo debido al cambio brusco de temperatura, en contraste cuando la operación se realiza en fase vapor es posible incrementar la vida útil del tamiz hasta aproximadamente en unos 10 años, esto se debe a que la regeneración se realiza con la recirculación de una parte del vapor del etanol anhidro sobrecalentado hacia el lecho para poder retirar el agua adsorbida (Uyazán et al., 2004).

En la figura 5, se observa el proceso de obtención de etanol anhidro, el cual empieza en una columna despojadora en donde se produce una corriente líquida de etanol con baja pureza y un buen contenido de impurezas congénicas, esta corriente es la alimentación a una columna rectificadora, la cual produce una corriente de vapor de etanol en estado azeotrópico que ingresa a la unidad de deshidratación, en esta unidad el proceso se realiza en fase vapor y se emplean 2 lechos de tamiz molecular, en el primer lecho se realiza la deshidratación haciendo pasar la corriente de vapor de etanol en un rango de presión de 205 – 345 kPa y una temperatura cercana a 423 K, estas condiciones optimizan la capacidad de adsorción del sistema, luego el etanol deshidratado es condensado y subenfriado. Este primer lecho opera hasta que se encuentre saturado un 70 % con el agua, posteriormente es colocado en modo de regeneración (Uyazán et al., 2004).

De forma paralela, en el segundo tamiz se da el proceso de regeneración a una presión cercana a 26 pulgadas de Hg, con la disminución de la presión se genera un cambio en el equilibrio de adsorción y es más factible la remoción del agua adsorbida con anterioridad, esta remoción se lleva a cabo con la recirculación de un 15 – 40 % del alcohol etílico anhidro que se produce en el primer lecho, de esta forma se consiguen soluciones de etanol con un 65 % aproximadamente de pureza que son recirculadas a una de las destilaciones anteriores. Cuando el ciclo de deshidratación y regeneración se completa, el primer lecho pasa a regenerar y el segundo a deshidratar (Vásquez y Vásquez, 2017).

Actualmente, la tendencia en el diseño y aplicación de procesos presenta como uno de los requisitos más importantes mantener la eficiencia energética de las operaciones de separación y transformación, en el caso de la deshidratación del etanol para poder elegir entre una de las varias tecnologías existentes se toma en consideración el consumo energético que demanda producir 1 kg de etanol anhidro, en la tabla 4 se muestran consumos energéticos para operaciones unitarias de deshidratación de etanol, tales como: destilación al vacío, destilación azeotrópica, destilación extractiva y los tamices moleculares (Montoya et al., n.d.).

Tabla 4

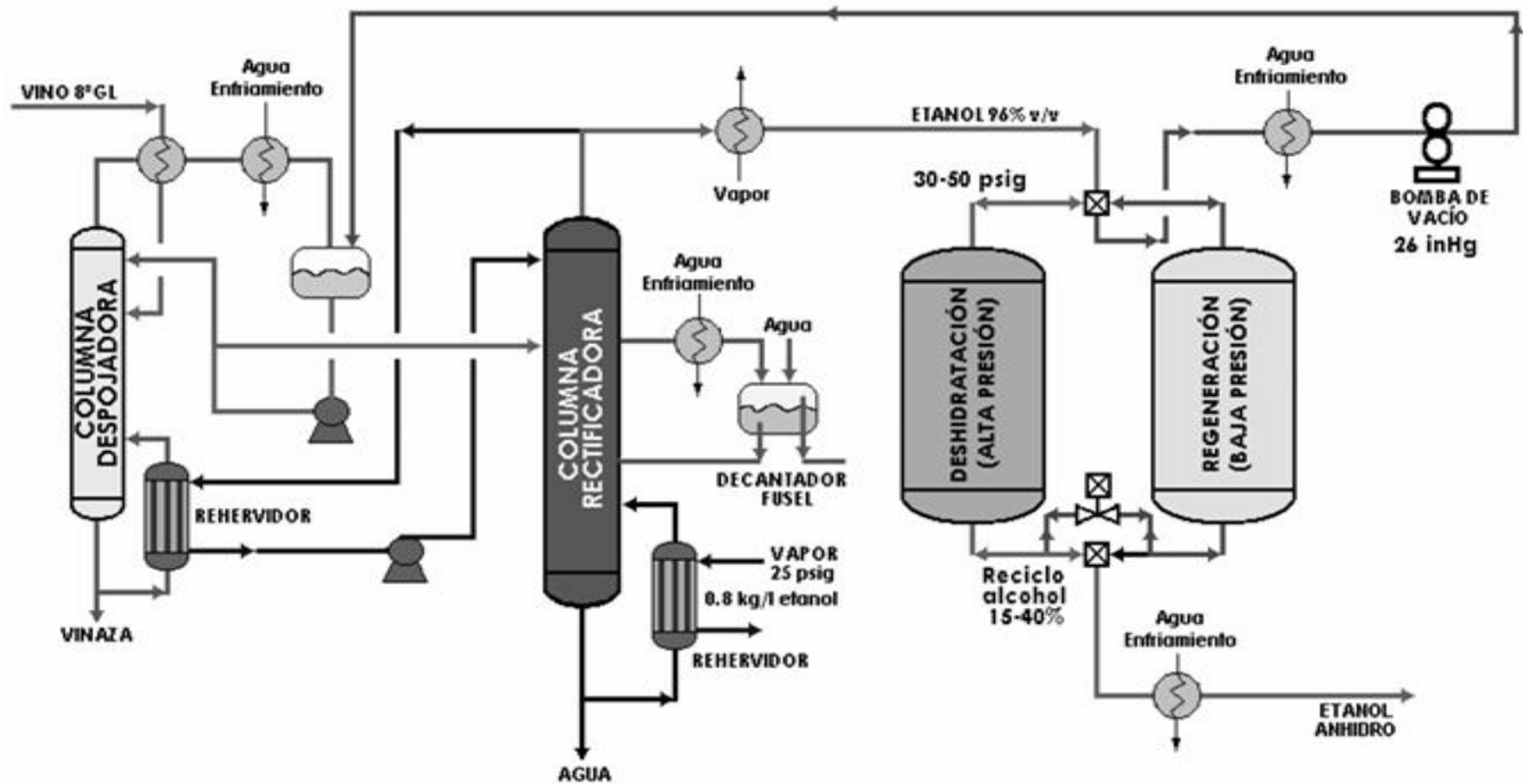
Consumo de energía en la deshidratación de alcohol etílico.

Operación unitaria	kcal/kg de etanol anhidro
Destilación al vacío	3682.70
Destilación azeotrópica	2958.57
Destilación extractiva	2555.30
Tamices moleculares	2128.88

Nota. Fuente: Efecto del esquema de separación de producto en la producción biotecnológica de alcohol carburante (Montoya et al., n.d.).

Figura 5

Proceso de producción de etanol anhidro usando tamices moleculares.



Nota. Reproducido de Deshidratación del etanol, por (Uyazán et al., 2004).

2.1.1.5 Tamices moleculares

Son materiales con porosidad como algunos tipos de zeolitas sintéticas y aluminosilicatos, estos presentan cavidades en su red cristalina y son capaces de adsorber muchas sustancias, dependiendo del tamaño de estas. A nivel industrial se pueden encontrar tamices moleculares con formas de pellets, esferas y hasta como polvos, suelen presentar un diámetro nominal de poro entre 3 y 10 Å, normalmente son utilizados en deshidratar líquidos y gases, además de separar mezclas gaseosas o líquidas de hidrocarburos. Las zeolitas más utilizadas son aluminosilicatos hidratados con un alto grado de cristalinidad, las cuales luego de someterse a una deshidratación forman una estructura cristalina ideal que se caracteriza por tener una distribución uniforme de poros, cuyo tamaño depende del tipo de zeolita, de los cationes presentes en la estructura y de las condiciones específicas de los tratamientos aplicados durante su preparación, dentro de estos tratamientos se encuentran la lixiviación, la calcinación entre otros (Díaz, 2008).

En la figura 6, se muestran columnas separadoras las cuales presentan en su interior tamices moleculares, estos son un lecho de zeolitas aptas para la deshidratación, este proceso se suele realizar en fase vapor para no dañar el tamiz.

Figura 6

Columnas separadoras con tamices moleculares para la deshidratación de etanol.



Nota. Reproducido de (NG Metalúrgica S.A, 2019).

Las zeolitas se caracterizan porque poseen una relación específica entre la cantidad de SiO_2 y Al_2O_3 al ser preparadas, esta relación puede ser ajustada por medio de tratamientos ácidos para aumentarla, o durante la preparación, para garantizar que la estructura cristalina de la zeolita es la adecuada, se suelen utilizar diversas técnicas analíticas, entre las cuales se encuentran: la difracción de rayos X, la resonancia magnética nuclear y el electroscopio de alta resolución (Díaz, 2008).

La zeolita más utilizada para la deshidratación de etanol es la zeolita 3A, en la que los iones de sodio han sido reemplazados por iones de potasio, este intercambio iónico reduce el tamaño de los poros a 3 Å optimizándola para la adsorción de agua, en la tabla 5 se indican especificaciones técnicas típicas para una zeolita de este tipo, estas son: la forma, el diámetro, densidad aparente, resistencia al aplastamiento, capacidad de adsorción de agua y humedad residual (Pingxiang Global New Materials Technology Co., 2025).

Tabla 5

Especificaciones técnicas para una zeolita 3A usada en deshidratación de etanol.

Característica	Unidades	Datos técnicos			
La forma		Pellet		Esfera	
Diámetro	mm	1.5 – 1.7	3.0 – 3.3	1.6 – 2.5	2.5 – 5.0
Densidad aparente	g/mL	Mínimo 0.65	Mínimo 0.65	Mínimo 0.7	Mínimo 0.7
Resistencia al aplastamiento	N	Mínimo 45/cm	Mínimo 60/cm	Mínimo 45/pieza	Mínimo 60/pieza
Capacidad de adsorción de agua	%	Mínimo 20	Mínimo 20	Mínimo 20	Mínimo 20
Humedad residual	%	Máximo 1.5	Máximo 1.5	Máximo 1.5	Máximo 1.5

Nota. Fuente: Zeolita 3A Secado de etanol tamiz molecular (Pingxiang Global New Materials Technology Co., 2025).

2.1.2 La industria del alcohol etílico en el Perú

En el Perú, la industria del alcohol etílico se ha afianzado en los últimos años como un sector estratégico, no sólo por su contribución a la economía nacional sino también por su relevancia en diferentes mercados, incluyendo el de bebidas alcohólicas, biocombustibles, farmacéutico y cosmético. Este sector se sostiene en la producción del insumo mencionado a partir de la caña de azúcar, para esto se aprovechan las condiciones climáticas favorables que se tienen en regiones como La Libertad y Piura.

La producción de alcohol etílico en el Perú ha adoptado prácticas de sostenibilidad, como la generación de energía utilizando biomasa, como el bagazo y el uso cada vez más eficiente de recursos, alineándose de esta manera bajo los principios de la economía circular. En este contexto, empresas como Corporación Azucarera del Perú S.A, Agroindustrial Laredo S.A.A y Caña Brava han surgido como actores clave, para liderar la producción y exportación de alcohol etílico, contribuyendo de esta forma a la mejora del posicionamiento del Perú como un referente en la industria de alcohol etílico a nivel regional.

2.1.2.1 Corporación Azucarera del Perú S.A

Llamada también Coazúcar, es una compañía agroindustrial de capital peruano y forma parte del Grupo Gloria, sus líneas de negocios son el azúcar y el alcohol etílico, por tal motivo se dedica a la siembra y al procesamiento de caña de azúcar para obtener productos derivados como: azúcar, melaza, bagazo y etanol, de esta forma los comercializa. Es un conjunto de varias empresas por tanto sus operaciones están desarrolladas en los ingenios de San Jacinto, Casa Grande, Cartavio y Agrolmos, por otro lado, sus operaciones agrícolas se dan en Agrícola Sintuco y Agraria Chiquitoy, también tiene alcance internacional ya que tiene presencia en Ecuador con la empresa Producargo y el ingenio La Troncal. En los ingenios azucareros se produce azúcar de diferentes calidades como: rubia, blanca, refinada y orgánica, en cuanto al alcohol etílico,

Agroindustrial Casa Grande S.A.A produce rectificado, anhidro e industrial, Cartavio S.A.A produce rectificado e industrial y Agroindustria San Jacinto S.A.A produce neutro, rectificado e industrial (Class y Asociados S.A., 2022).

El proceso de producción de alcohol etílico consta de: fermentación tipo batch para la transformación de caldos azucarados, dándose una recuperación de la levadura utilizada, produciendo un mosto o vino con graduación alcohólica de 8 a 10 % v/v, para seguir por el tren de columnas de destilación, empezando por las columnas destrozadoras en donde se obtiene etanol con pureza entre 45 y 50 % v/v, en seguida dicho etanol se envía a las columnas hidroseladoras para eliminar impurezas orgánicas congénicas, posteriormente pasa por las columnas de rectificación y desmetilizadoras logrando una graduación alcohólica mayor a 96 % v/v, el proceso finaliza con una deshidratación por medio de tamices moleculares, en donde se eleva la concentración del etanol hasta un 99.80 % v/v como mínimo (Corporación azucarera del Perú S.A, 2025).

2.1.2.2 Agroindustrial Laredo S.A.A

Pertenece al grupo empresarial Manuelita, de capitales colombianos, presenta operaciones en 4 países de Latinoamérica, estos son: Perú, Colombia, Brasil y Chile. Sus actividades se desarrollan en sectores de la agroindustria y la acuicultura, sin embargo, su principal actividad económica es el manejo de caña de azúcar para transformarla y comercializar azúcar en diferentes presentaciones como: azúcar blanca refinada, industrial y doméstica, además de otros derivados como: el alcohol etílico, melaza y bagazo. En cuanto al alcohol etílico se produce principalmente uno con calidad de extraneutro y como subproducto al alcohol de segunda o industrial (Agroindustrial Laredo S.A.A, 2024).

El proceso productivo del alcohol etílico extraneutro es a partir de melaza y consta de la dilución de melaza hasta unos 12 °Brix utilizando agua condensada como diluyente, obteniéndose un caldo azucarado que se fermenta por batch usando como levadura a la *Saccharomyces Cerevisiae*, esta es desarrollada en el laboratorio de la empresa. En los

fermentadores se da la transformación, obteniendo alcohol etílico y dióxido de carbono, este último es emitido a la atmósfera, al término de la fermentación el mosto obtenido es alimentado por la parte superior de la columna mostera, además por la parte inferior ingresa vapor saturado de 10 psi para calentamiento, los vapores obtenidos por el tope de la columna son condensados y se retorna una parte como reflujo, la otra parte se obtiene como alcohol de segunda, por la mitad de la columna, se extrae una corriente hidroalcohólica para ser ingresada como alimentación por la base de la columna de rectificación, por el fondo de la columna mostera se retira la vinaza (PRODUCE, 2023).

En la columna de rectificación se eleva la pureza del etanol, se extrae por la parte del fondo una corriente con elevada presencia de alcoholes superiores, la cual es recirculada hacia la primera columna por el tope. Por la parte superior de la columna de rectificación se obtiene etanol de primera que alimenta a la columna de repase por la parte superior, en la columna de repase se da la separación de los componentes más volátiles que están presentes en el alcohol etílico, obteniéndose por la parte inferior de la columna, alcohol etílico de primera, el cual tiene la calidad de extraneutro (PRODUCE, 2023).

2.1.2.3 Caña Brava

Es el conjunto de 3 empresas que pertenecen al Grupo Romero, entre ellas están: Agrícola del Chira S.A, responsable de la siembra y cosecha de caña de azúcar; Sucroalcolera del Chira S.A, responsable de la producción de azúcar y alcohol etílico, por último, se encuentra Bioenergía del Chira S.A, responsable de generar energía eléctrica de forma sostenible a partir de residuos como el bagazo. Cuenta con una capacidad para la molienda de 4300 toneladas por día de caña de azúcar y para producir diariamente 370 m³ de alcohol etílico. La empresa produce azúcar en dos presentaciones conocidas como azúcar rubia Caña Brava y azúcar rubia Sol de Colán, pero principalmente etanol anhidro con pureza 99.7 % v/v, alcohol etílico de 96 % v/v para desinfección, alcohol en gel 62 % v/v y alcohol industrial (Caña Brava, 2025).

El proceso de producción del etanol anhidro empieza con la preparación de la caña de azúcar al ser desfibrada con unas cuchillas y pasar por un molino de martillos para poder hacer más fácil la extracción del jugo azucarado, posteriormente la caña desfibrada pasa a un difusor en donde se diluye con agua caliente, obteniéndose un caldo azucarado que se dirige a la etapa de evaporación, en los evaporadores se elimina el excedente de agua presente en el jugo extraído estandarizándose de esta forma los niveles de azúcar, al estar listo el caldo azucarado este se dirige al fermentador en donde interviene la levadura para transformar los azúcares en etanol, el producto de la fermentación se llama mosto o vino, este vino es centrifugado para separarlo de la levadura que debe regresar a los fermentadores (Caña Brava, 2025).

El vino ya centrifugado ingresa a un tren de columnas de destilación y rectificación en donde por medio de elevación de temperatura se separan del vino impurezas orgánicas volátiles y corrientes de sustancias pesadas hasta obtener un cuerpo de vapores, los cuales son condensados para obtener un alcohol etílico con pureza mínima de 96 % v/v, la humedad que aún se encuentra presente en el etanol es retirada haciendo uso de unos separadores con tamices moleculares, los cuales son lechos de zeolitas con capacidad adsorbente de las moléculas de agua, obteniéndose una pureza final de 99.7 % v/v como mínimo, el producto final se almacena en tanques de 5000 m³, una parte de este etanol anhidro es destinado a la demanda nacional para mezcla con gasolina y los excedentes son exportados (Caña Brava, 2025).

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Normativa nacional

Actualmente en el Perú, el alcohol etílico de 96 % v/v ha sido normado principalmente para poder ser usado en la producción de bebidas alcohólicas, es decir para ser apto para el consumo humano, sin embargo, este no es su única característica de uso. Según la NTP 211.100:2018, el alcohol etílico de 96 % v/v apto para ser usado en la fabricación de bebidas alcohólicas, es factible clasificarlo de la siguiente manera:

2.2.1.1 Alcohol etílico rectificado

Es el resultado de la destilación del mosto obtenido de un proceso de fermentación alcohólica que han sufrido sustancias fermentables permitidas, que posteriormente pasan por una rectificación en una columna creada para tal objetivo. Dentro de sus características organolépticas, las cuales se describen en la tabla 6, se puede llegar a percibir un leve olor y sabor que corresponde a la materia prima de la cual proviene. Respecto a sus características fisicoquímicas, las cuales se mencionan en la tabla 7, debe tener como mínimo un grado alcohólico de 96 % v/v y presenta un contenido de compuestos congenéricos del etanol no mayor a 14.3 mg/100 mL A.A, donde A.A: alcohol anhidro. Entre sus otras aplicaciones se puede mencionar el ser insumo para: productos de limpieza, productos de higiene personal, antisépticos, agroquímicos, en aplicaciones mineras, presenta uso como disolvente para resinas, pinturas y como medio de extracción de productos orgánicos, colorantes y demás (CTNB, 2018).

2.2.1.2 Alcohol etílico neutro

También llamado rectificado fino, es el resultado de aplicar técnicas de rectificación al alcohol etílico rectificado con el objetivo de seguir eliminando las cantidades de congenéricos que aún se encuentran presentes. Dentro de sus características organolépticas, las cuales se describen en la tabla 6, casi no se puede percibir el olor y sabor de la materia prima de la cual procede. Respecto a sus características fisicoquímicas, las cuales se mencionan en la tabla 7, debe tener como mínimo un grado alcohólico de 96 % v/v y presenta un contenido de compuestos congenéricos del etanol no mayor a 8 mg/100 mL A.A, donde A.A: alcohol anhidro. El alcohol etílico neutro es de gran calidad, entre sus otras aplicaciones se puede mencionar el ser insumo para: perfumes, colonias, medicamentos, antisépticos, productos de higiene personal, cosméticos y productos del sector de alimentos (CTNB, 2018).

2.2.1.3 Alcohol etílico extraneutro

También llamado rectificado extrafino, destufado o deodorizado, es el resultado de aplicar técnicas de rectificación al alcohol etílico rectificado con el objetivo de eliminar por completo cantidades de ésteres y alcoholes superiores y reducir al máximo los demás congenéricos que aún se encuentran presentes. Dentro de sus características organolépticas, las cuales se describen en la tabla 6, no se puede percibir el olor y sabor de la materia prima de la cual procede. Respecto a sus características fisicoquímicas, las cuales se mencionan en la tabla 7, debe tener como mínimo un grado alcohólico de 96 % v/v y presenta un contenido de compuestos congenéricos del etanol no mayor a 3.2 mg/100 mL A.A, donde A.A: alcohol anhidro. El alcohol etílico extraneutro es el de mayor calidad que existe, por tanto, es el insumo por excelencia para ser usado en bebidas alcohólicas y perfumería por su magnífico olor puro y limpio, también cumple las exigentes normas requeridas por la industria farmacéutica para ser usado en medicamentos y antisépticos,

además cumple los estándares internacionales para ser usado en productos de belleza y de la industria alimentaria (CTNB, 2018).

Tabla 6

Requisitos organolépticos para alcohol etílico apto para consumo humano.

Descripción	Alcohol etílico		
	Rectificado	Neutro	Extraneutro
Color	Líquido incoloro	Líquido incoloro	Líquido incoloro
Olor	Limpio, sin olores	Limpio, sin olores	Limpio, sin olores
	extraños, con	extraños, es casi	extraños, no se
	vestigios de la	imperceptible la	percibe la materia
Sabor	materia prima.	materia prima.	prima.
	Ardiente,	Ardiente,	Ardiente,
	ligeramente dulce,	ligeramente dulce,	ligeramente dulce,
Aspecto	se percibe vestigios	casi imperceptible	es imperceptible la
	de la materia prima.	la materia prima.	materia prima.
	Libre de partículas	Libre de partículas	Libre de partículas
	en suspensión o	en suspensión o	en suspensión o
	sedimentos.	sedimentos.	sedimentos.

Nota. Fuente: NTP 211.007:2014 (CTNB, 2015b).

Tabla 7

Requisitos fisicoquímicos para el alcohol etílico apto para consumo humano.

Descripción	Rectificado	Neutro	Extraneutro
Grado alcohólico a 20°C, % v/v	Mínimo 96.0	Mínimo 96.0	Mínimo 96.0
Acidez total (como ácido acético)	Máximo 1.8	Máximo 1.6	Máximo 1.4
Aldehídos totales (como acetaldehído) *	Máximo 3.0	Máximo 2.4	Máximo 1.8
Metanol *	Máximo 10.0	Máximo 2.0	Máximo 1.8
Ésteres totales (como acetato de etilo) *	Máximo 5.0	Máximo 2.0	No detectable
Alcoholes superiores (como aceite fusel) *	Máximo 4.5	Máximo 2.0	No detectable
Furfural *	No detectable	No detectable	No detectable
Residuo no volátil a 105 °C *	Máximo 2.5	Máximo 2.5	Máximo 2.5
Tiempo de permanganato a 15 °C, minutos	Mínimo 15	Mínimo 25	Mínimo 35

Nota. *En mg/100 mL A.A, donde A.A: Alcohol Anhidro. Fuente: NTP 211.007:2014 (CTNB, 2015b).

Así mismo, la NTP 211.100:2018 también nos brinda una clasificación para aquel alcohol etílico que no es apto para su ingesta, siendo esta de la siguiente manera:

2.2.1.4 Bioetanol o etanol anhidro

Llamado también como etanol deshidratado, presenta una graduación alcohólica mínima de 99.5 % v/v, una de sus aplicaciones más importantes está el ser insumo en la formulación de combustibles, ya que se mezcla con gasolina con el fin de no sólo mejorar la eficiencia de la combustión sino que además ayuda a disminuir las emisiones de gases perjudiciales para la salud como el CO, también es usado en el campo de la investigación y la síntesis orgánica, como reactivo en la síntesis de compuestos intermedios y en reacciones sensibles a la presencia del agua, en donde inclusive la presencia de trazas puede interferir negativamente en las reacciones químicas, alterando la pureza y comprometiendo la calidad del producto final. Además, se destaca su uso como solvente en la formulación de productos que requieren estrictas condiciones anhidras como: preparaciones tópicas, soluciones inyectables y extractos (CTNB, 2018).

Antiguamente la destilación azeotrópica era uno de los métodos más usados para deshidratar el alcohol etílico rectificado y obtener etanol anhidro, sin embargo, esta técnica ha quedado desfasada porque se necesita el uso de un solvente tóxico como el ciclohexano o benceno, además de aplicar una compleja operación para la recuperación de dicho solvente. Por tal motivo, actualmente son más usados los tamices moleculares de zeolita sintética, los cuales tienen poros con una dimensión necesaria de 3 Å esto permite la adsorción de moléculas de agua, las cuales presentan un diámetro de 2.8 Å en cuanto las moléculas de etanol al tener un mayor tamaño de 4.4 Å de diámetro, no quedan adsorbidas y siguen su paso por el lecho de adsorción (Vásquez y Vásquez, 2017).

2.2.1.5 Alcohol etílico absoluto

Es aquel bioetanol o etanol anhidro que presenta la mayor pureza posible, el término absoluto es usado para referirse al estado más puro del alcohol etílico, es decir al 100 % v/v, sin embargo, según la definición dada en la NTP 211.100: 2018, basta con presentar una graduación alcohólica como mínimo de 99.7 % v/v para ser considerado como tal. Al ser un etanol anhidro, presenta las mismas aplicaciones, es insumo en la formulación de combustibles como el gasohol, usado en la investigación científica como reactivo en la síntesis de compuestos intermedios y en reacciones sensibles al agua y además como solvente para la formulación de productos que necesitan estrictas condiciones anhidras (CTNB, 2018).

2.2.1.6 Alcohol carburante o alcohol combustible

El término indica que este alcohol es para uso exclusivo en vehículos motorizados, este alcohol anhidro contiene un desnaturalizante que está presente en una cantidad del 2 – 3 % v/v, esto con el fin de hacerlo no potable y así evitar que sea usado para fines distintos al de un componente oxigenante de gasolinas, todo esto en conformidad con la normativa legal peruana vigente D.S. N° 021-2007-MEM, en donde se señala que la sustancia desnaturalizante que se puede usar es: gasolina natural, componentes de gasolina o gasolina sin Pb (MINEM, 2007).

Asimismo, existen desnaturalizantes que están prohibidos, debido a que alteran la estabilidad de la mezcla de gasolina y etanol, estos compuestos son los siguientes: metanol, cetonas (como la 4-metilpentanona), alquitrán y pirroles. En la tabla 8, se indican los estándares de calidad que debe cumplir el alcohol carburante, como: el % metanol, el contenido de agua, goma existente, cloruros inorgánicos, contenido de cobre, fósforo, azufre y otros (CTNP, 2011).

Tabla 8*Estándares de calidad para el alcohol carburante.*

Características	Especificaciones	
	Mínimo	Máximo
C ₂ H ₅ OH, % v/v	95.2	-
CH ₃ OH, % v/v	-	0.5
Agua, % m/m	-	0.3
Desnaturalizante, % v/v	2.00	3.00
Goma existente, lavada con solvente, mg/100 mL	-	5.0
Cloruros inorgánicos, ppm masa	-	10
Apariencia	Claro y brillante, libre de impurezas en suspensión o sedimentos.	
Cobre, ppm masa	-	0.1
Fósforo, mg/L	-	0.5
Acidez (como ácido acético), % m/m	-	0.007
pH	6.5	9.0
Azufre, ppm masa	-	30
Sulfato total, ppm masa	-	4
Densidad relativa	Reportar	

Nota. Fuente: NTP 321.126:2011 (CTNP, 2011).

2.2.1.7 Alcohol etílico destilado (no rectificado)

Es aquel alcohol etílico que resulta de la destilación del mosto generado de un proceso de fermentación alcohólica que han sufrido sustancias fermentables permitidas, tiene como característica el mantener de forma marcada el olor y sabor de la materia prima de donde procede, esto se debe a su alto contenido de impurezas orgánicas. Respecto a sus características fisicoquímicas, las cuales se mencionan en la tabla 9, debe tener como mínimo un grado alcohólico de 95 % v/v y presenta un contenido de compuestos congénicos del etanol no mayor a 100 mg/100 mL A.A, donde A.A: alcohol anhidro. Entre sus aplicaciones está ser usado para fines industriales y por eso puede ser desnaturalizado con sustancias autorizadas de acuerdo con la legislación (CTNB, 2018).

Tabla 9

Requisitos fisicoquímicos para el alcohol etílico destilado (no rectificado).

Descripción	Especificación
Graduación alcohólica a 20 °C, % v/v	Mínimo 95.0
Acidez total (como ácido acético) *	Máximo 2.0
Aldehídos totales (como acetaldehído) *	Máximo 6.7
Metanol *	Máximo 10.0
Ésteres totales (como acetato de etilo) *	Máximo 25.0
Alcoholes superiores (como aceite fusel) *	Máximo 23.2
Furfural *	No detectable
Residuo no volátil a 105 °C *	Máximo 2.5

Nota. *En mg/100 mL A.A, donde A.A: Alcohol Anhidro. Fuente: NTP 210.024:2014 (CTNB, 2015a).

2.2.1.8 Alcohol etílico de segunda o de cabezas y colas

Llamado comúnmente como alcohol industrial, se define como una mezcla de alcoholes que han sido retirados en forma de subproducto del proceso de rectificación, esta mezcla de alcoholes está conformado principalmente por alcohol etílico pero con una concentración importante de impurezas congénicas del etanol, debido a esto presenta una elevada toxicidad y es usado en diferentes sectores de la industria como un medio de extracción, solvente, anticongelante o como una sustancia intermedia para la síntesis de diversos compuestos de naturaleza orgánica (CTNB, 2018).

Según la resolución ministerial N° 00351-2020-PRODUCE, todo usuario que produce o ingresa al Perú el alcohol etílico de segunda debe desnaturalizarlo para poder comercializarlo, en la tabla 10 se especifica las cantidades establecidas para cada desnaturalizante permitido (PRODUCE, 2020).

Tabla 10

Desnaturalizantes permitidos para ser mezclados con el alcohol etílico de segunda o industrial.

Desnaturalizante	Razón de desnaturalización
Gasolina	20 L gasolina / 1000 L alcohol industrial
Aceite fusel	1 L aceite fusel / 1000 L alcohol industrial
Azul de metileno (cloruro de metiltionina)	0.001 kg azul de metileno / 806 kg alcohol industrial
Alcohol isopropílico al 99 %	0.25 mL alcohol isopropílico / 1 L alcohol industrial al 94 % v/v
Otros desnaturalizantes	De acuerdo al uso industrial para hacerlo impropio al consumo humano.

Nota. Fuente: resolución ministerial N° 00351-2020 (PRODUCE, 2020).

2.2.2 Normativa internacional

En el marco internacional, existen varias organizaciones que velan por la calidad del alcohol etílico, entre ellas se destacan las siguientes:

2.2.2.1 Norma JECFA

La FAO y OMS han determinado lineamientos para poder usar el alcohol etílico en productos alimenticios y farmacéuticos. Debido al trabajo en conjunto de estas organizaciones surgió el JECFA, el cual es un comité de expertos administrado por ambas y cuya función es realizar la evaluación de la inocuidad y asegurar el cumplimiento de los valores permitidos como máximo de impurezas orgánicas en aditivos alimenticios, como el alcohol etílico (FAO, 2025).

La norma dada por JECFA para el alcohol etílico considera para su control de calidad los ensayos indicados en la tabla 11, los cuales son: identificación por absorción en el infrarrojo, grado de pureza, gravedad específica, solubilidad, residuo no volátil, acidez, alcalinidad, contenido de aceite de fusel, metanol, cetonas, otros alcoholes, sustancias fácilmente carbonizables, sustancias fácilmente oxidables y plomo (JECFA, 1996).

Tabla 11

Especificaciones técnicas para el alcohol etílico según norma JECFA.

Característica	Especificaciones
Absorción infrarroja	Corresponde con el espectro infrarrojo de referencia.
Grado de pureza a 15.56 °C	Mínimo 94.9 % v/v
Gravedad específica a 15.56 °C	Máximo 0.8161
Solubilidad	No se presenta turbidez.
Residuo no volátil	Máximo 2.0 mg/100 mL
Acidez (como ácido acético)	Máximo 0.005 % p/v
Alcalinidad (como amoníaco)	Máximo 0.003 %
Aceite de fusel	No se percibe olor raro cuando los restos de alcohol etílico dejan el papel. Total: máximo 0.5 %
Cetonas y otros alcoholes	Metanol: máximo 0.02 % Otros: máximo 0.1 %
Sustancias fácilmente carbonizables	Mezcla incolora o no presenta mayor color que el ácido o la muestra antes de la mezcla.
Sustancias fácilmente oxidables	El color rosado no se descarga totalmente.
Plomo	Máximo 0.5 mg/Kg

Nota. Fuente: norma (JECFA, 1996).

2.2.2.2 Farmacopea Internacional

En otro ámbito, se encuentra la Farmacopea Internacional, que comprende un conjunto de procedimientos que son recomendados para realizar el análisis y tomar en cuenta las especificaciones acordes para cada sustancia farmacéutica, excipiente y forma farmacéutica que se pretenda sirva como material de referencia o adaptación para

cualquier país que forma parte de la OMS y que pretenda establecer requisitos farmacopeicos. Entre las sustancias que están consideradas en dicha norma, se encuentra el alcohol etílico y por ende los requisitos de calidad para que pueda ser empleado en la formulación de medicamentos. En la tabla 12, se indican las especificaciones técnicas para el alcohol etílico, referidas a: el test de identidad, grado de pureza, densidad relativa, residuo no volátil, sustancias insolubles en agua, acidez, aldehídos y otras sustancias orgánicas, aceite mineral e impurezas relacionadas, metanol y benceno, este último por absorción en el ultravioleta (OMS, 1994).

Tabla 12

Especificaciones técnicas para el alcohol etílico según Farmacopea Internacional.

Característica	Especificaciones
Test de identidad	a. Se produce un color azul oscuro, desaparece luego de unos minutos. b. Se produce un color verde y se percibe un olor a acetaldehído.
Grado de pureza a 15.56 °C	94.9 % v/v – 96.0 % v/v
Densidad relativa a 15.56 °C	0.812 – 0.816
Residuo no volátil	Máximo 5 mg/100 mL
Sustancias insolubles en agua	La mezcla es transparente, luego de enfriar a 10 °C se mantiene transparente durante 30 minutos.
Acidez	No es necesario más de 0.5 mL para llegar al punto medio del indicador (rosado).
Aldehídos y otras sustancias orgánicas	Durante 5 minutos el color rosado no se va por completo.
Aceite mineral e impurezas relacionadas	No se percibe olor raro luego de añadir ácido sulfúrico, el color no cambia a rojo o marrón.
Metanol	El color no varía a violeta.
	Absorbancia:
	A 220 nm – máx. 0.30
	A 230 nm – máx. 0.18
Benceno	A 240 nm – máx. 0.08
	Entre 270 y 350 nm – máx. 0.02
	La curva de absorbancia es suave.

Nota. Fuente: Farmacopea Internacional (OMS, 1994).

2.2.2.3 Farmacopea de los Estados Unidos (USP)

Se encarga de asegurar la calidad del alcohol etílico y de otros insumos empleados en medicamentos y en general en la industria farmacéutica, constantemente se encuentra actualizando sus monografías con el fin de promover buenas prácticas de producción y contribuir con la salud pública. En la tabla 13, se indican las especificaciones técnicas para el alcohol etílico, mencionando al grado de pureza, gravedad específica, límite de residuo no volátil, transparencia de la solución, acidez o alcalinidad, color de la solución, contenido de metanol, acetaldehído y acetal, impurezas orgánicas en general, benceno y absorción en el ultravioleta (USP, 2020).

Tabla 13

Especificaciones técnicas para el alcohol etílico según USP.

Característica	Especificaciones
Grado de pureza a 15.56 °C	94.9 % v/v – 96.0 % v/v
Gravedad específica a 15.56 °C	0.812 – 0.816
Residuo no volátil	Máximo 2.5 mg/100 mL
Metanol	Máximo 200 µL/L
Acetaldehído y acetal (expresado como acetaldehído)	Máximo 10 µL/L
Benceno	Máximo 2 µL/L
Suma de todas las demás impurezas	Máximo 300 µL/L
Absorción en el ultravioleta	A 240 nm – máx. 0.40
	Entre 250 nm y 260 nm – máx. 0.30
	Entre 270 nm y 340 nm – máx. 0.10
	El espectro presenta una curva descendente continua sin picos ni hombros observables.
Transparencia de la solución	La solución de prueba A y la solución de prueba B, tienen una transparencia equivalente al agua o su opalescencia no es más marcada que de la suspensión de referencia A.
Acidez o alcalinidad	La solución presenta color rosado, 30 µL/L expresado como ácido acético.
Color de la solución	La solución tiene apariencia de agua o no presenta un color con intensidad mayor a la solución estándar.

Nota. Fuente: Farmacopea de los Estados Unidos (USP, 2020).

2.2.2.4 Norma ASTM D4806

Establece los estándares de calidad para el alcohol carburante, el cual está destinado para ser mezclado con gasolinas sin plomo o con plomo en una cantidad entre el 1 - 10 % v/v, para ser utilizado como combustible. Considera métodos de ensayos ASTM (D86, D381, D512, D891, D1152, D1193, D1613 y otro más), las cuales son usadas para determinar propiedades como las que se muestran en la tabla 14, estas son: pureza alcohólica, contenido de metanol, contenido de agua, contenido de goma, acidez, entre otros. Los únicos desnaturalizantes que se pueden adicionar al alcohol carburante son: la gasolina natural, algún componente de gasolina o gasolina sin plomo y están prohibidos sustancias como el metanol que no cumple con la especificación D 1152, trementina, pirroles, alquitranes y cetonas ya que generan efectos desfavorables para la estabilidad del combustible y los motores (ASTM, 2001).

Tabla 14

Especificaciones técnicas para el alcohol carburante.

Característica	Especificación
Etanol, % v/v	Mínimo 92.1
Metanol, % v/v	Máximo 0.5
Goma lavada con solvente, mg/100 mL	Máximo 5.0
Agua, % v/v	Máximo 1.0
Desnaturalizante, % v/v	1.96 – 4.76
Cloruro inorgánico, ppm masa	Máximo 40
Cobre, ppm masa	Máximo 0.1
Acidez (como ácido acético), % w/w	Máximo 0.007
pH	6.5 – 9.0
Apariencia	Sin contaminantes en suspensión o precipitados (claro y brillante).

Nota. Fuente: norma D4806 (ASTM, 2001).

Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación

3.1 Metodología

El presente trabajo de investigación, realizado como parte del programa de titulación por actualización de conocimientos, ha sido desarrollado siguiendo una metodología rigurosa. Por el propósito, el estudio es aplicado ya que busca identificar las dificultades técnicas en el control de calidad del alcohol etílico disponible en el mercado peruano, haciendo una revisión de información técnica contenida en la normatividad nacional e internacional actual para diferentes usos del alcohol etílico en la industria. Este es aplicado en tanto que los resultados obtenidos pueden contribuir en dar lineamientos que mejoren el control y regulación en el mercado peruano, proporcionar soluciones prácticas para el mejoramiento del control de calidad del alcohol etílico en su cadena de suministro (Hernández et al., 2014).

Por el enfoque, el estudio cuantitativo es el más adecuado para esta investigación dado que desde una visión técnica, el análisis cuantitativo es esencial para caracterizar la calidad del alcohol etílico a través de pruebas de laboratorio, que consisten en parámetros como: la graduación alcohólica, la densidad y el contenido de impurezas orgánicas, como el metanol, según especificaciones de normas nacionales e internacionales, estos datos permitirán establecer con precisión el grado de conformidad del alcohol etílico con los estándares de calidad establecidos para distintos sectores de la industria. Por otro lado, el enfoque cuantitativo facilita la evaluación estadística de datos obtenidos de fuentes, tales como encuestas a actores clave de la industria y revisión de la normatividad vigente, en conclusión la adopción de un enfoque cuantitativo en esta investigación garantiza la objetividad y precisión del análisis, proporcionando resultados reproducibles y fundamentados en datos numéricos que respaldan la formulación de estrategias de mejora en el control de calidad del alcohol etílico (Hernández et al., 2014).

El alcance de esta investigación es de tipo descriptivo, siendo el más adecuado, ya que este alcance se enfoca en observar, analizar y detallar fenómenos sin manipular variables, permitiendo establecer un panorama claro del contexto actual para el alcohol etílico en el mercado peruano. En este caso, el estudio busca identificar y documentar las principales dificultades en el control de calidad del alcohol etílico, incluyendo adulteraciones y el cumplimiento de sus especificaciones técnicas. Asimismo, describe el marco normativo vigente, evaluando las limitaciones en los mecanismos de control de calidad que podrían afectar su comercialización (Hernández et al., 2014).

El diseño de investigación es no experimental, los datos se recolectan igual como se presentan en su contexto natural, lo que permite describir y analizar fenómenos sin influir en ellos. En este caso, la investigación busca identificar las dificultades técnicas en el control de calidad del alcohol etílico mediante la revisión de información técnica, como las normativas vigentes, información noticiosa publicada en sitios web de periódicos y tomando en consideración experiencias vividas a nivel profesional sobre: implementación de laboratorios, cultura en la realización de ensayos analíticos. Dado que no se realizarán intervenciones sobre los procesos de control de calidad del alcohol etílico, sino que se estudiará la situación actual de manera objetiva, este diseño es el más apropiado (Hernández et al., 2014).

La elección de la temporalidad es ex post facto en esta investigación y se justifica por la naturaleza del estudio, el cual se centra en el análisis de información de fenómenos ya ocurridos sin intervención directa en sus causas. En este caso, el objetivo es identificar las dificultades técnicas en el control de calidad del alcohol etílico comercializado en el Perú, lo que implica buscar información técnica como la normatividad nacional e internacional vigente, así como analizar casos previos relacionados con adulteraciones de alcohol etílico o bebidas alcohólicas. Finalmente, se ha empleado un método analítico, lo que implica la revisión exhaustiva del problema en sus componentes fundamentales para lograr una comprensión detallada y fundamentada (Hernández et al., 2014).

En esta investigación se recolectará información importante acerca del control de calidad y la producción del alcohol etílico mediante artículos de revistas y publicaciones académicas indexadas, a través de la plataforma Scopus, ScienceDirect, Research Rabbit, Google Académico y otros, además se utilizaron repositorios de acceso abiertos a la ciencia como Alicia - Concytec y La Referencia para la búsqueda de tesis a nivel nacional e internacional respectivamente, las palabras claves fueron: “control de calidad del alcohol etílico”, “producción de alcohol etílico”, “fermentación alcohólica”, “etanol anhidro” y “alcohol etílico industrial”. Se obtuvieron resultados de países como: Rusia, Polonia, Estados Unidos y Perú, esta información se encuentra en el período de 1994 al 2023.

Por otro lado, se recopilará información de las normas técnicas peruanas existentes referidas al alcohol etílico usado para elaboración de bebidas alcohólicas, del alcohol carburante y del alcohol etílico destilado (no rectificado), además de normas internacionales como: USP, Pharmacopea Internacional y JECFA, todas estas normas se encuentran activas para su uso en la industria peruana y tratan sobre las especificaciones técnicas de calidad y metodologías a seguir para realizar los diferentes ensayos analíticos requeridos al alcohol etílico.

Con la información recolectada se analizará el escenario actual en el Perú a nivel del control de calidad relacionado al alcohol etílico, con el objetivo de identificar las dificultades técnicas para llevar a cabo dicha actividad en las diferentes presentaciones de alcohol etílico comercializado. Entre estas dificultades se encuentran: vacíos normativos en cuanto a especificaciones técnicas para el alcohol etílico anhidro, absoluto y de segunda empleados en varios sectores de la industria, la adulteración del alcohol etílico, el insuficiente conocimiento y difusión de la normatividad técnica peruana, el insuficiente control de calidad actual que se realiza, entre otros.

3.2 Problemática en el control de calidad del alcohol etílico

Actualmente el control de calidad del alcohol etílico comercializado en el Perú enfrenta una serie de problemas y retos, los cuales deben ser superados para su uso confiable en los diferentes sectores de la industria. Uno de dichos problemas y retos es el vacío normativo, en cuanto a estándares de calidad, existente en algunos tipos de alcohol etílico, ya que al no haber especificaciones técnicas claras y detalladas esto ocasiona que cada productor y/o distribuidor maneje un producto heterogéneo en calidad.

La adulteración del alcohol etílico usado tanto como materia prima y en las bebidas alcohólicas es un fenómeno de alteración fraudulenta, en el cual se adicionan sustancias no autorizadas o se realiza la dilución con sustancias de una calidad menor, esta práctica ocurre principalmente porque permite a los productores y/o distribuidores reducir costos y se facilita debido a la falta de normativas claras, al deficiente control de calidad y a la débil fiscalización. Esta actividad genera consecuencias para la salud pública, impacta en la industria y la economía, ya que su comercialización afecta la reputación de la industria peruana tanto en el marco nacional como internacional desincentivando la inversión extranjera y limitando las oportunidades de exportación.

La falta de capacitación, ejecución, difusión de las normas técnicas peruanas e interés en asuntos de control de calidad de diferentes materias primas y entre ellas el alcohol etílico, es otro de los problemas y retos existentes, además de los costos elevados en que se incurren para adquirir equipamiento adecuado para ensayos analíticos. En conclusión, la implementación de medidas para mejorar la capacitación, invertir en tecnología y promover la concientización es crucial para avalar la calidad, seguridad y competitividad del alcohol etílico producido y distribuido en el país.

3.2.1 Vacío normativo en la industria del alcohol etílico

A raíz de la búsqueda de normas técnicas peruanas utilizadas en la industria del alcohol etílico, se tiene conocimiento que casi todas las normas que competen a la industria alcohólica en cuestión están referidas a un alcohol etílico apto para su uso en bebidas alcohólicas, con la problemática que no existen especificaciones técnicas para un alcohol etílico que se pretenda usar en sectores como limpieza y desinfección, cosmética, alimentos, pinturas, resinas, etc. Sin embargo, al ser las especificaciones existentes del alcohol etílico tan rigurosas, se considera que para cualquier alcohol etílico que las cumpla es factible su uso en los demás sectores de la industria, sin embargo como se ha mencionado en la descripción del problema de investigación, ante este vacío normativo se consideran las especificaciones de calidad dadas en la norma internacional más acorde al sector industrial que se trate, para el sector farmacéutico, se considera lo mencionado en la Farmacopea Internacional o en la Farmacopea de los Estados Unidos, según requerimiento de la empresa que pretenda usar el producto, y para la industria de alimentos se toma en consideración lo mencionado en la norma JECFA.

Por otro lado, en la NTP 211.100:2018 se define al alcohol etílico anhidro y alcohol etílico absoluto como aquellos alcoholes deshidratados que presentan una graduación alcohólica mínima de 99.5 % v/v y 99.7 % v/v respectivamente, sin embargo, en ninguna otra norma técnica peruana se da un mayor alcance acerca de las demás características fisicoquímicas, como el contenido máximo de impurezas orgánicas congenéricas que deben cumplir, existiendo de esta forma un vacío normativo en el Perú para estos tipos de alcohol etílico, en donde al no tener mayor información de ellos no se puede tomar la decisión de usarlos en sectores como: el alimentario, el farmacéutico, el flexográfico entre otros.

Si bien es cierto, existe la NTP 321.126:2011, la cual trata acerca del etanol anhidro desnaturalizado o alcohol carburante que es usado para mezcla con gasolina, sin embargo, esta norma trata de un etanol anhidro que ya ha sido mezclado con un desnaturalizante, esto hace variar significativamente algunas especificaciones del etanol anhidro puro, además que no se podría tomar en consideración las especificaciones de una sustancia destinada al rubro de combustibles para evaluar a una materia prima con fines de ser usada en sectores como el alimentario o el farmacéutico. Ante este contexto normalmente se recurre a la revisión de normatividad internacional como lo es la USP.

En la norma USP, se indican las especificaciones técnicas que debe cumplir el etanol anhidro o deshidratado para uso en el sector farmacéutico, debido a la exigencia de esta norma, se plantea que para el etanol anhidro que la cumpla es perfectamente factible su uso en sectores de igual rigurosidad como el alimentario. En la tabla 15, se indican dichas especificaciones técnicas, mencionando al grado de pureza, gravedad específica, residuo no volátil, transparencia de la solución, acidez o alcalinidad, color de la solución, contenido de metanol, acetaldehído y acetal, impurezas orgánicas en general, benceno y absorción en el ultravioleta (USP, 2020).

Tabla 15*Especificaciones técnicas para el etanol deshidratado según USP.*

Característica	Especificaciones
Grado de pureza a 15.56 °C	Mínimo 99.5 % v/v
Gravedad específica a 15.56 °C	Máximo 0.7962
Residuo no volátil	Máximo 2.5 mg/100 mL
Metanol	Máximo 200 µL/L
Acetaldehído y acetal (expresado como acetaldehído)	Máximo 10 µL/L
Benceno	Máximo 2 µL/L
Suma de todas las demás impurezas	Máximo 300 µL/L
Absorción en el ultravioleta	A 240 nm – máx. 0.40
	Entre 250 nm y 260 nm – máx. 0.30
	Entre 270 nm y 340 nm – máx. 0.10
	El espectro presenta una curva descendente continua sin picos ni hombros observables.
Transparencia de la solución	La solución de prueba A y la solución de prueba B, tienen igual transparencia que el agua o su opalescencia no es mayor que de la suspensión de referencia A.
Acidez o alcalinidad	La solución presenta color rosado, 30 µL/L expresado como ácido acético.
Color de la solución	La solución tiene apariencia de agua o no presenta un color con intensidad mayor a la solución estándar.

Nota. Fuente: Farmacopea de los Estados Unidos (USP, 2020).

Con respecto al alcohol etílico de segunda o de cabezas y colas, en la NTP 211.100:2018, solo se encuentra su definición mas no existen especificaciones técnicas para su graduación alcohólica y el contenido máximo de impurezas orgánicas congenéricas que debe cumplir. Este vacío normativo genera un problema serio para la comercialización del alcohol etílico de segunda ya que al no existir una norma nacional que regule sus especificaciones técnicas, entonces resulta fácil para muchos proveedores inescrupulosos, realizar mezclas con un bajo contenido de alcohol etílico y un mayor contenido de diferentes solventes afines o parecidos a este, tales como: metanol, alcohol isopropílico de baja calidad, agua, además de otros componentes, los cuales cambian por completo la naturaleza del producto, estos son: el aceite de fusel, tolueno, xileno o inclusive acetona, estos últimos se suelen añadir en menor cantidad dependiendo de la conveniencia de quien lo realiza, generalmente basándose en aspectos económicos para disminuir costos o dependiendo de la disposición de alguno de estos productos en forma residual.

Al realizarse estas mezclas, el producto no es un alcohol etílico propiamente dicho y su uso para un determinado fin industrial puede generar consecuencias como la limitación en su rendimiento o la disminución de la calidad en algún producto final, pudiéndose dar también una contaminación de sustancias, la obtención de productos con purezas bajas o algún otro problema de consideración en cuanto a calidad. La tabla 16 es un cuadro comparativo de los tipos de alcohol etílico conocidos en el Perú, en el cual se indican las normas técnicas peruanas que tratan sobre cada uno y se indica el vacío normativo que existe para el alcohol etílico anhidro, absoluto y de segunda.

Tabla 16

Cuadro comparativo entre los tipos de alcohol etílico conocidos en Perú.

Tipo	Información mostrada	Norma técnica peruana relacionada
Alcohol etílico rectificado	Aparecen los requisitos sensoriales y fisicoquímicos.	NTP 211.007: 2014
Alcohol etílico neutro	Aparecen los requisitos sensoriales y fisicoquímicos.	NTP 211.007: 2014
Alcohol etílico extraneutro	Aparecen los requisitos sensoriales y fisicoquímicos.	NTP 211.007: 2014
Alcohol etílico de 70 % v/v	Aparecen los requisitos sensoriales y fisicoquímicos.	PNTP 319.203: 2022
Alcohol etílico anhidro	No aparecen los requisitos fisicoquímicos (sólo el grado alcohólico).	NTP 211.100: 2018
Alcohol etílico absoluto	No aparecen los requisitos fisicoquímicos (sólo el grado alcohólico).	NTP 211.100: 2018
Alcohol carburante	Aparecen sus especificaciones técnicas.	NTP 321.126: 2011
Alcohol etílico destilado (no rectificado)	Aparecen los requisitos sensoriales y fisicoquímicos.	NTP 210.024: 2014
Alcohol etílico de segunda	Sólo se indica su definición. No aparecen los requisitos fisicoquímicos.	NTP 211.100: 2018

Nota. Fuente: <https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas> (INACAL, 2025).

3.2.2 Adulteración de alcohol etílico y bebidas alcohólicas

La NTP 211.007:2014 muestra los requisitos a cumplir tanto a nivel sensorial como fisicoquímicos para el alcohol etílico de 96 % v/v usado para elaboración de bebidas alcohólicas. Sin embargo, es de conocimiento que existen personas inescrupulosas que distribuyen bebidas alcohólicas adulteradas en muchas partes del mercado peruano, poniendo en manifiesto la informalidad, la falta de regulación y la ineficiencia en el control sanitario. Por lo general estas bebidas suelen presentar un contenido alto de metanol, esto debido a su parecido con el alcohol etílico por su naturaleza fisicoquímica, además esta práctica también se ve replicada en el alcohol etílico de 96 % v/v para uso farmacéutico, representando un serio problema para la salud pública.

Se pueden citar ejemplos de casos recientes de intoxicación de personas por consumo de bebidas alcohólicas adulteradas, el 28 de agosto del 2022 se empezó a presentar en el hospital Sergio Bernal, en Comas, varios casos de intoxicación por ingesta de cañazo mezclado con metanol, después de una semana los casos aumentaron de una manera notoria llegando a alcanzar una cifra de 42 casos reportados con una cantidad de 29 personas fallecidas (Infobae, 2022).

En consecuencia, el 04 de octubre del 2022, el Minsa a través de la Digesa emitió un comunicado advirtiendo sobre lo riesgoso del consumo de bebidas alcohólicas en lugares informales o de dudosa procedencia, recomendando la verificación del rotulado, el registro sanitario, el número de lotización, datos del fabricante y la graduación alcohólica, ya que, hasta la fecha del 13 de octubre del 2022, ya se tenía registro de 101 intoxicaciones por metanol y 21 personas fallecidas (Infobae, 2022).

El 15 de octubre del 2022, el Minsa realizó el anuncio de un trabajo en equipo con los municipios y Diris de Lima y el Callao con el fin de establecer un plan de acción para la identificación de puntos en donde se comercializan productos adulterados, en especial bebidas alcohólicas adulteradas con metanol, ya que hasta ese entonces había

ocasionado en Lima, unas 117 personas intoxicadas y 54 fallecidas. La Digesa recomendó a la población comprar este producto en establecimientos seguros e identificando en el envase información como: registro sanitario, número de lote, fecha de vencimiento y la no existencia de sedimento en el producto (La República, 2022).

Ante esta problemática, la ley N° 29632 aprobada en su reglamento, mediante D.S 005-2013-PRODUCE y modificado por el D.S 018-2015-PRODUCE, se elaboró con el objetivo de eliminar la preparación y mercantilización de bebidas alcohólicas informales, adulteradas o que no son idóneas para la ingesta. En esta ley se establecen definiciones, el ámbito de aplicación, se describen las competencias de cada entidad involucrada, prohibiciones, supervisión y control de bebidas alcohólicas, mecanismos de control, fiscalización para el uso y transporte de alcohol etílico, infracciones y sanciones (Congreso de la República, 2010).

En la tabla 17, se muestran las partidas arancelarias para cada una de las presentaciones de alcohol etílico que se manejan de acuerdo con el D.S 005-2013-PRODUCE estas son: alcohol etílico sin desnaturalizar con pureza mayor o igual a 80 % v/v, alcohol etílico sin desnaturalizar con pureza menor a 80 % v/v, alcohol carburante (etanol anhidro desnaturalizado) y alcohol etílico desnaturalizado de cualquier pureza (PRODUCE, 2013).

Resulta importante mencionar que con lo indicado en la tabla 17, se puede presentar una problemática de desconocimiento de las partidas arancelarias con relación a los tipos de alcohol etílico que tienen un uso específico tal como: el anhidro, el absoluto, el rectificado, sin embargo estos se encuentran dentro de la clasificación como alcohol etílico sin desnaturalizar, con pureza mayor o igual a 80 % v/v, y en el caso del alcohol etílico de 70 % v/v, uso medicinal, se encuentra dentro de la clasificación como alcohol etílico sin desnaturalizar, con pureza menor a 80 % v/v.

Tabla 17

Partidas arancelarias para las presentaciones de alcohol etílico.

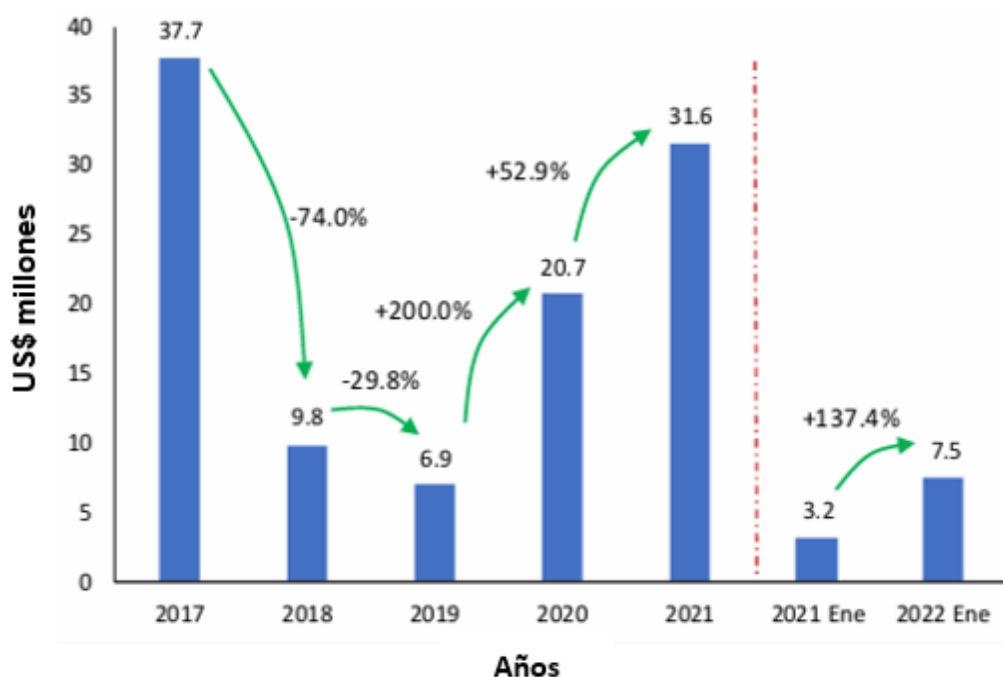
Partida arancelaria	Tipo de presentación
2207.10.00.00	Alcohol etílico sin desnaturalizar, con pureza mayor o igual a 80 % v/v
2208.90.10.00	Alcohol etílico sin desnaturalizar, con pureza menor a 80 % v/v
2207.20.00.10	Alcohol carburante (etanol anhidro desnaturalizado)
2207.20.00.90	Alcohol etílico desnaturalizado de cualquier pureza

Nota. Fuente: D.S 005-2013-PRODUCE (PRODUCE, 2013).

Entre los años 2017 y 2021, se produjo una contracción en las importaciones peruanas de alcohol etílico sin desnaturalizar con pureza mayor o igual a 80 % v/v, esta disminución promedio fue de 4.4 % anual, esto sucedió principalmente porque las compras para los años 2018 y 2019 se redujeron debido a que el Perú incrementó su capacidad de producción en las regiones del norte, mientras para el 2020 las importaciones tuvieron un valor de US\$ 20.7 millones, lo cual significó un crecimiento del 200 % con respecto al 2019, así mismo para el 2021 las importaciones tuvieron un aumento pero del 52.9 % con respecto al 2020, estos aumentos dados en el período 2020 – 2021 se deben a la emergencia sanitaria por la Covid 19. Para enero del 2022, las importaciones sumaron US\$ 7.5 millones, representando un 137.4 % más que el año 2021, en la figura 7 se pueden observar los datos mencionados además de las variaciones porcentuales año tras año entre el 2017 y 2021 (CIEN, 2022).

Figura 7

Importaciones peruanas de alcohol etílico sin desnaturalizar entre los años 2017 y 2021.

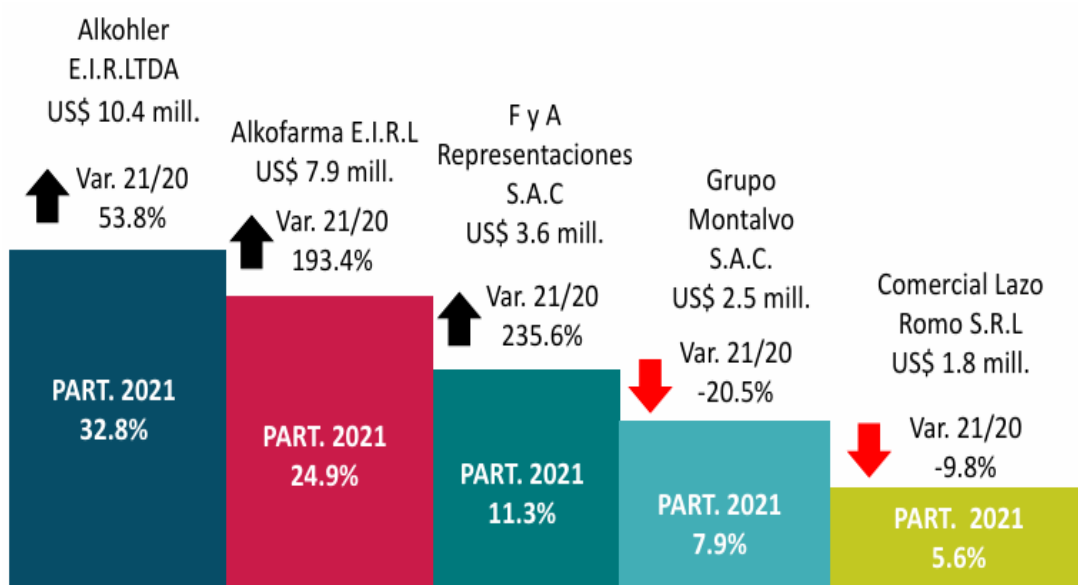


Nota. El gráfico está referido al etanol con pureza mayor o igual a 80 % v/v. Reproducido de Nota semanal de inteligencia comercial, por (CIEN, 2022).

En el año 2021, en el Perú el aumento de las importaciones de alcohol etílico, sin desnaturalizar con pureza mayor o igual a 80 % v/v, estuvo motivado por la emergencia sanitaria por la Covid 19, en donde los proveedores principales fueron: Bolivia (77 %), Brasil (16.6 %) y EE. UU (3.9 %). En ese mismo año, las empresas que importaron una mayor cantidad de alcohol etílico fueron: Alkohler E.I.R. LTDA (32.8 %), Alkofarma E.I.R.L (24.9 %), F y A Representaciones S.A.C (11.3 %), Grupo Montalvo S.A.C (7.9 %) y Comercial Lazo Romo S.R.L (5.6 %), en la figura 8 se pueden observar los datos mencionados junto a su valor en US\$ millones y con sus variaciones porcentuales respecto del año 2020 (CIEN, 2022).

Figura 8

Principales importadores de alcohol etílico sin desnaturalizar en el año 2021.



Nota. El gráfico está referido al etanol con pureza mayor o igual a 80 % v/v. Reproducido de Nota semanal de inteligencia comercial, por (CIEN, 2022).

En la tabla 18 se muestran las cantidades de alcohol etílico, sin desnaturalizar con pureza mayor o igual a 80 % v/v, de cada uno de los países que el Perú importó en el año 2024, observándose notoriamente que el país del cual más se importó fue Bolivia con un peso neto de 12708608 kg de alcohol etílico. Además, se muestran los valores totales de FOB y CIF, siendo estos de 10435698.34 US\$ y 10856137.47 US\$ respectivamente, estos son los llamados incoterms, términos empleados en el comercio internacional con el fin de establecer responsabilidades y costos relacionados con el transporte de mercancías entre el exportador y el importador.

Tabla 18

Cantidades de alcohol etílico sin desnaturalizar que el Perú importó en el año 2024.

Origen	Valor FOB (US\$)	Valor CIF (US\$)	Peso neto (kg)	Peso bruto (kg)
Bolivia	9111976.80	9469615.04	12708608.00	12708608.00
Argentina	983388.80	1022670.05	395457.00	445000.00
Ecuador	198406.00	208712.65	152190.00	153051.00
Alemania	82727.32	87929.52	5169.96	8416.89
Estados Unidos	33812.74	35913.31	4376.43	7012.00
Brasil	13101.35	17970.28	19840.00	19880.00
México	10440.52	11284.44	2136.68	3214.31
España	1180.49	1314.97	72.30	99.50
Chile	616.15	678.10	480.00	511.67
China	48.17	49.11	0.79	0.92
Total	10435698.34	10856137.47	13288331.16	13345794.29

Nota. El gráfico está referido al etanol con pureza mayor o igual a 80 % v/v. Fuente:

<https://www.sunat.gob.pe/operatividadaduanera/> (SUNAT, 2025).

Existen también antecedentes de haber encontrado metanol en el alcohol etílico de 70 % v/v que se comercializa en el mercado peruano, este producto se le puede encontrar en muchas farmacias, boticas y tiendas comerciales clandestinas o de dudosa procedencia, en los cuales para su elaboración se suele diluir alcohol etílico de 96 % v/v, ya adulterado con metanol, con agua que no ha sido debidamente tratada, esto afecta al producto final en aspectos como su poder de desinfección, modifica sus propiedades fisicoquímicas y aumenta el riesgo de toxicidad si se consume accidentalmente.

Con el propósito de tener mayor rigurosidad en el control de la presencia de metanol y a raíz de la emergencia sanitaria por el Covid 19, fue en el 2022 que se aprobó el proyecto de norma técnica peruana PNTP 319.203:2022 que sustituye a la antigua NTP 319.203:1988, examinada el 2014, para el alcohol etílico de 70 % v/v, uso medicinal, en el cual se muestran las definiciones, estándares de calidad y metodologías de análisis

referentes al producto mencionado. En la tabla 19, se indican las especificaciones técnicas en base al grado alcohólico, densidad relativa, test de identidad, acidez o alcalinidad, impurezas orgánicas como metanol, acetaldehído, benceno y absorbancia en el ultravioleta que debe cumplir este tipo de alcohol etílico (CTNP - NTP, 2022).

Tabla 19

Especificaciones técnicas para el alcohol etílico de 70 % v/v, uso medicinal.

Característica	Especificaciones
Densidad relativa a 20 °C	859.27 – 885.56 kg/m ³
Test de identidad	Prueba de reacción química A: Se da una coloración azul oscuro en el papel filtro, desaparece luego de unos minutos. Prueba de reacción química B: Se da una coloración verde y se detecta un olor a acetaldehído.
Grado alcohólico	
Método 1: Por picnómetro a 20 °C	70.0 – 80.0 % v/v
Método 2: Por cromatografía de gases	
Acidez o alcalinidad	La solución presenta un color rosado (30 µL/L expresado como ácido acético)
Impurezas orgánicas	
Metanol	máximo 200 µL/L
Acetaldehído y acetal	máximo 10 µL/L
Benceno	máximo 2 µL/L
Suma de todas las demás impurezas	máximo 300 µL/L
Otras impurezas (absorbancia)	A 235 nm – 340 nm: el espectro es una curva descendente continua sin picos ni hombros que se observen.

Nota. Fuente: PNTP 319.203:2022 (CTNP - NTP, 2022).

3.2.3 *Concepciones y cultura en control de calidad del alcohol etílico*

El control de calidad del alcohol etílico en el Perú enfrenta desafíos que limitan su eficacia y comprometen la garantía de un producto que satisfaga los estándares de calidad requeridos. En muchas empresas no se tiene la intención de invertir en la implementación de laboratorios de análisis de las materias primas que utilizan, ya que están interesadas en sólo producir y hacer pruebas rápidas y muy básicas de calidad a sus productos finales, generando de esta forma productos no necesariamente aptos para su uso, también existen los casos de empresas que sí tienen la intención de implementar laboratorios acorde a lo requerido pero están limitadas porque no cuentan con suficientes recursos económicos para conseguir equipamiento adecuado.

A pesar de la existencia de una normativa técnica nacional y de normativas internacionales para el control de calidad del alcohol etílico comercializado, su implementación y ejecución en los laboratorios de análisis de las diferentes empresas que emplean dicho producto, no siempre se realiza de una forma completa, es decir muchas veces sólo se implementan de forma parcial los ensayos analíticos requeridos y si se implementan en su totalidad, no se llegan a realizar todos ya que se cree que con sólo medir el grado alcohólico, la densidad y realizar pruebas organolépticas es suficiente, dejando de lado ensayos tan importantes como el contenido de impurezas orgánicas congénicas del etanol, esta situación significa un riesgo latente para la salud pública, especialmente cuando el alcohol etílico es destinado al consumo humano o a la fabricación de productos cosméticos y farmacéuticos.

Además, la situación se agrava debido a la existencia de industrias informales, ya que como estas empresas operan sin registros sanitarios, ni supervisión correcta, normalmente suelen producir y comercializar alcohol etílico que incumple con los estándares mínimos de calidad, es así como la falta de regulación en este sector no solo

distorsiona el mercado, sino que a la vez representa una competencia desleal para todas aquellas empresas formales que sí invierten en el cumplimiento de las normativas.

Por otro lado, el insuficiente conocimiento y difusión de las normas técnicas peruanas relacionadas con las diferentes presentaciones de alcohol etílico en el mercado es otro factor que contribuye a la problemática actual, ya que esta normatividad establece los procedimientos, las especificaciones y metodologías necesarias para poder obtener la calidad del producto en cuestión. Sin embargo, en muchas empresas se suele desconocer o no se aplican de forma adecuada estas normas, ya sea por insuficiente capacitación, recursos económicos o voluntad, esta brecha en el conocimiento técnico representa un obstáculo en la estandarización del control de calidad en las diferentes empresas.

La falta de capacitación especializada del personal técnico también limita el adecuado control de calidad, esto suele ocurrir en la mayor parte de los casos en empresas pequeñas y medianas, en donde no cuentan con profesionales capacitados en análisis instrumental para poder manejar equipos sofisticados de cromatografía de gases, espectrofotómetros, equipos de absorción atómica o tituladores Karl Fischer, es mas en muchos casos ni siquiera se cuentan con estos equipos debido a sus elevados costos de adquisición y se opta por tercerizar el análisis, enviando muestras a un laboratorio externo, lo cual representa un gasto adicional.

En el marco del presente trabajo de investigación y debido a la problemática mencionada en los dos párrafos anteriores, con el objetivo de recopilar información acerca del conocimiento sobre los usos y control de calidad del alcohol etílico en la industria, se diseñó y aplicó una encuesta dirigida a un grupo de 50 personas, conformado por profesionales de ingeniería química y de textil, la encuesta constó de 12 preguntas y fue tomada de manera virtual, empleando herramientas digitales como Google Forms, esto hizo posible una recopilación eficiente de los datos. Los encuestados recibieron

previamente una explicación sobre los fines de la investigación y se garantizó que las respuestas serían confidenciales.

En la tabla 20 se indican las normas técnicas peruanas que se pueden utilizar en la industria del alcohol etílico en sus diferentes presentaciones, en las cuales se abordan temas como: definiciones y clasificación, extracción de muestras, límites máximos permitidos y metodologías a seguir para los ensayos analíticos.

Tabla 20

Listado de normas técnicas peruanas usadas en la industria del alcohol etílico.

Norma técnica peruana	Tema tratado
NTP 211.100:2018	Definiciones y clasificación
NTP 210.001:2017	Extracción de muestras
NTP 319.229:2014	Determinación del grado alcohólico volumétrico
NTP 211.027:2014	Determinación de la acidez total
NTP 211.034:2014	Determinación de residuo no volátil
NTP 211.008:2014	Determinación del tiempo de permanganato
NTP 211.051:2012	Determinación de aldehídos.
NTP 211.003:2011	Determinación de ésteres totales.
NTP 210.022:2019	Determinación de metanol por espectrofotometría UV/VIS
NTP 210.021:2017	Determinación de alcoholes superiores
NTP 211.033:2012	Determinación de furfural (cualitativa)
NTP 211.047:2015	Determinación de metales por espectrofotometría de absorción atómica
NTP 211.049:2014	Límites máximos permitidos para metales pesados
NTP 321.126:2011	Alcohol carburante
PNTN 319.203:2022	Alcohol etílico de 70 % v/v (uso medicinal)
NTP 210.024:2014	Alcohol etílico destilado (no rectificado)

Nota. Fuente: <https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>

(INACAL, 2025).

Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados

4.1 Norma técnica peruana vs otras normas técnicas

En la tabla 21 se muestran especificaciones técnicas para un alcohol etílico apto para elaborar bebidas alcohólicas, dadas en normas de 3 países sudamericanos (Ecuador, Colombia, Argentina) y en la Unión Europea, estos estándares de calidad contemplan propiedades como: grado alcohólico, contenido de acidez total, ésteres, aldehídos, alcoholes superiores, furfural, metanol, total de congéneres, residuo seco y tiempo de permanganato.

La norma técnica colombiana muestra estándares y ensayos analíticos que debe cumplir el alcohol puro o extraneutro y el alcohol rectificado neutro para su uso en bebidas alcohólicas, el extraneutro tiene una pureza de 96 % v/v como mínimo y un contenido máximo de congéntricos de 3.5 mg/100 mL A.A, mientras el rectificado neutro tiene una pureza de 95 % v/v como mínimo y un contenido máximo de congéntricos de 8.0 mg/100 mL A.A (ICONTEC, 2001).

La norma técnica ecuatoriana establece requisitos para un alcohol etílico de origen agrícola, que resulta apto para su uso en la elaboración de bebidas alcohólicas y lo clasifica de dos formas: alcohol neutro con pureza mínima de 95 % v/v y alcohol extraneutro con pureza mínima de 96 % v/v, además estos tipos de alcohol etílico presentan contenidos de impurezas orgánicas indicadas en la tabla 21 (INEN, 2018).

El Código alimentario argentino en su capítulo XIV habla sobre bebidas espirituosas, licores, bebidas alcohólicas destiladas y alcohol etílico potable como materia prima para elaboración de bebidas alcohólicas, este último debe cumplir con una pureza mínima de 95 % v/v y presentar contenidos de impurezas orgánicas indicadas en la tabla 21 (Código Alimentario Argentino, 1995).

Al comparar la norma técnica peruana con cada una de las normas técnicas de los países mencionados, también referidas sobre la calidad de un alcohol etílico apto para su uso en bebidas alcohólicas, se puede observar lo siguiente: las especificaciones peruanas para el alcohol etílico neutro son más rigurosas que las especificaciones colombianas y ecuatorianas, en cuanto a las especificaciones peruanas para el alcohol etílico extraneutro son parecidas en rigurosidad a las especificaciones colombianas pero más estrictas que las especificaciones ecuatorianas.

Al comparar las especificaciones técnicas peruanas con las indicadas en el Código Alimentario Argentino, se observa una rigurosidad mayor en las especificaciones peruanas sobre todo en parámetros cruciales como: la graduación alcohólica, el contenido de ésteres y de metanol.

De igual forma, comparando las especificaciones técnicas peruanas con las especificaciones indicadas en el reglamento de la Unión Europea 2022/1303, el cual modificó al reglamento inicial 2019/787 referido a la definición y requisitos para el alcohol etílico de origen agrícola, se observa una mayor rigurosidad en las especificaciones europeas al considerar las especificaciones del alcohol etílico rectificado (según NTP) con excepción en el contenido de metanol, el cual es mucho menos restrictivo en el reglamento de la Unión Europea, pero al considerar las especificaciones del alcohol etílico extraneutro (según NTP), la rigurosidad es más equiparable, manteniendo la excepción en el contenido de metanol (Unión Europea, 2022).

Tabla 21

Especificaciones técnicas para un alcohol etílico apto para ingesta según normas de otros países.

Características	Norma técnica colombiana		Norma técnica ecuatoriana		Código Alimentario Argentino	Reglamento de la Unión Europea 2022/1303
	Rectificado neutro	Puro o extraneutro	Neutro	Extraneutro	Alcohol etílico potable de origen agrícola	Alcohol etílico potable de origen agrícola
Grado alcohólico a 20 °C, % v/v	Mínimo 95.0	Mínimo 96.0	Mínimo 95.0	Mínimo 96.0	Mínimo 95.0	Mínimo 96.0
Acidez total (como ácido acético) *	Máximo 2.0	Máximo 1.0	Máximo 3.0	Máximo 1.5	Máximo 3.0	--
Ésteres (como acetato de etilo) *	Máximo 5.0	Máximo 2.5	Máximo 5.0	Máximo 1.3	Máximo 10.0	Máximo 1.3
Aldehídos (como acetaldehído) *	Máximo 1.0	Máximo 0.2	Máximo 2.0	Máximo 0.2	Máximo 2.0	Máximo 0.5
Alcoholes superiores *	Máximo 1.0	Máximo 0.5	Máximo 3.0	Máximo 0.7	Máximo 3.0	Máximo 0.5
Furfural *	No detectable	No detectable	Máximo 0.01	Máximo 0.01	Máximo 0.01	Máximo 0.5
Metanol *	Máximo 10.0	Máximo 5.0	Máximo 10.0	Máximo 1.5	Máximo 50.0	Máximo 30.0
Contenido de congéneres*	Máximo 8.0	Máximo 3.5	--	--	--	--
Residuo seco *	--	--	--	--	Máximo 1.5	--
Tiempo de permanganato (minutos)	--	Mínimo 30	--	--	--	--

Nota. *Expresado en mg/100 mL A.A, Fuente: (Código Alimentario Argentino, 1995),(ICONTEC, 2001),(INEN, 2018),(Unión Europea, 2022).

4.2 Adulteración de alcohol etílico y bebidas alcohólicas

En base a la información recabada, se determina que la adulteración de bebidas alcohólicas con metanol es una problemática recurrente en el mercado peruano, reflejando la informalidad, la falta de regulación y las deficiencias en el control sanitario, esta práctica no solo se limita a las bebidas alcohólicas, sino que también afecta al alcohol etílico de 96 % v/v para uso farmacéutico y al alcohol etílico de 70 % v/v para uso medicinal.

A pesar de la Ley N° 29632, reglamentada mediante D.S. 005-2013-PRODUCE y modificada por D.S. 018-2015-PRODUCE, que fue diseñada para combatir esta problemática, estableciendo competencias, prohibiciones, mecanismos de control y sanciones para la producción y mercantilización de bebidas alcohólicas informales o adulteradas, la información recabada muestra que persisten desafíos en su implementación y fiscalización.

4.3 Encuesta sobre usos y control de calidad del alcohol etílico

Los resultados obtenidos de la encuesta aplicada a 50 profesionales, tanto de ingeniería química como ingeniería textil, muestran que un promedio del 56.66 % respondieron de forma correcta las preguntas relacionadas a los usos del alcohol etílico en la industria, mientras un promedio del 56.36 % respondieron de forma correcta las preguntas sobre el control de calidad del mismo producto, esto demuestra que a pesar de que las personas encuestadas son profesionales entendidos en lo referente al alcohol etílico, aún se presenta un desconocimiento considerable sobre el uso del alcohol etílico en la industria y sobre los análisis propios del control de calidad que requieren las diferentes presentaciones de alcohol etílico en el mercado peruano.

Conclusiones

En el Perú, sí existen especificaciones técnicas de calidad para el alcohol etílico usado en bebidas alcohólicas, inclusive estas especificaciones son más restrictivas en comparación con la norma técnica de Ecuador, Colombia y Argentina, es decir la norma técnica peruana es más estricta y a comparación con el reglamento de la Unión Europea, el resultado presenta una cierta equivalencia. En el caso del alcohol etílico demandado para la industria alimentaria, farmacéutica, cosmética, entre otras, no existe en el Perú, especificaciones técnicas de calidad para cada sector, por lo tanto, se deben tomar en consideración las normas internacionales acorde a cada una. Por último, no existen especificaciones técnicas de calidad para el etanol anhidro, el etanol absoluto y el alcohol etílico de segunda o industrial, por ende, en el caso del etanol anhidro y etanol absoluto se debe tomar en cuenta la norma USP o alguna otra norma internacional.

En el Perú, sí existe la práctica de adulteración de las diferentes presentaciones de alcohol etílico comercializado, sobre todo en el alcohol etílico para uso en bebidas alcohólicas. Aunque existen normas y esfuerzos para garantizar la calidad del alcohol etílico, la informalidad y la falta de vigilancia efectiva continúan representando una grave problemática de salud pública en el Perú, lo que subraya la necesidad de robustecer los sistemas de control y promover una mayor conciencia acerca de los riesgos implicados en el consumo de bebidas alcohólicas adulteradas.

En el Perú, no existe una cultura totalmente adecuada del control de calidad de las diferentes presentaciones de alcohol etílico comercializado, este contexto requiere de una transformación profunda que involucre la implementación de capacitaciones continuas sobre las normas técnicas peruanas e internacionales que se deben cumplir, concientización sobre la importancia de la implementación y ejecución de ensayos analíticos críticos.

Recomendaciones

Promover la armonización con estándares internacionales, es decir adoptar y adaptar normativas internacionales, para fortalecer los requisitos de calidad del alcohol etílico en todas sus presentaciones.

Fomentar la investigación y la creación de nuevas normas técnicas: Promoviendo estudios que hagan posible identificar las brechas normativas existentes y proponer nuevas regulaciones que aborden las necesidades del mercado peruano, considerando las particularidades de cada materia prima local y los procesos de producción.

Revisar la fecha de vencimiento indicada en la etiqueta de los envases de bebidas alcohólicas e inspeccionar las tapas para detectar posibles signos de manipulación, de esta forma se puede garantizar que el producto posee las condiciones óptimas para ser consumido.

Verificar que las bebidas alcohólicas presenten su color característico y no contengan impurezas o sedimentos, ya que esto podría significar una alteración en su composición.

Observar de forma detenida las etiquetas, prestando atención a los colores, diseños, logos y la presencia de errores ortográficos, además se sugiere rasgar las etiquetas para prevenir su reutilización en envases no autorizados o fraudulentos.

Implementar campañas de capacitación y difusión sobre las normas técnicas peruanas relacionadas a la industria del alcohol etílico: Desarrollar programas de capacitación para productores, distribuidores y consumidores, ya que sólo a través de un enfoque integral y colaborativo entre el sector público, privado y académico se podrá garantizar la comercialización de un alcohol etílico de calidad, protegiendo así a los consumidores y fortaleciendo la industria química en el país.

Referencias bibliográficas

- Agroindustrial Laredo S.A.A. (2024). *Memoria Anual 2023 - Agroindustrial Laredo*.
<https://www.agroindustriallaredo.com/wp-content/uploads/2024/02/Memoria-del-Directorio-2023.pdf>
- ASTM. (2001). *D 4806 Standard Specification for Denatured Fuel Ethanol for Blending with Gasolines for Use as Automotive Spark-Ignition Engine Fuel*. www.astm.org
- Bastidas, N. (2015). *Concentración de metanol en pisco elaborado artesanalmente* [Tesis para optar el título profesional de químico farmacéutico]. Universidad Alas Peruanas.
- Caña Brava. (2025a). *El proceso del etanol paso a paso*.
<https://www.canabrava.com.pe/wp-content/uploads/2015/03/El-proceso-del-etanol-paso-a-paso.pdf>
- Caña Brava. (2025b, January 29). *Somos un solo equipo*.
<https://www.canabrava.com.pe/nosotros/>
- CIEN. (2022). *Nota semanal de inteligencia comercial*.
https://www.cien.adexperu.org.pe/wp-content/uploads/2022/02/CIEN_NSIM2_Febrero_2022-Alcohol_-_2.pdf
- Class y Asociados S.A. (2022). *Fundamento de clasificación de riesgo - Corporación azucarera del Perú S.A y subsidiarias*. https://moodylocal.com.pe/wp-content/uploads/LMRR_PE/RATING/null/2022-7-1/00b0b72a-2d60-48b2-9ab7-ed215c2fc067/file
- Código Alimentario Argentino. (1995). *CÓD ALIMENT ARGENTINO - ETANOL POTABLE*.

- Congreso de la República. (2010, December 17). *Ley 29632 - Para erradicar la elaboración y comercialización de bebidas alcohólicas informales, adulteradas o no aptas para el consumo humano*. 1–5.
- Corporación azucarera del Perú S.A. (2025, March 14). *Elaboración del alcohol*. https://coazucar.com/esp/coazucar_alcohol.html
- Cruz, L. (2018). *Producción de etanol a partir de hidratación de etileno*.
- CTNB. (2015a). *NTP 210.024:2014 Alcohol etílico para bebidas alcohólicas. Alcohol etílico. Destilado (no-rectificado). Requisitos*.
- CTNB. (2015b). *NTP 211.007:2014 Alcohol etílico para bebidas alcohólicas. Alcohol etílico. Rectificado, neutro (rectificado fino), extraneutro (rectificado extrafino). Requisitos*.
- CTNB. (2015c). *NTP 211.049:2014 Bebidas alcohólicas. Metales pesados*.
- CTNB. (2018). *NTP 211.100:2018 Alcohol etílico. Definiciones y clasificación*.
- CTNP. (2011). *NTP 321.126:2011 Petróleo y derivados. Alcohol carburante: etanol anhidro desnaturalizado para mezcla con gasolina uso motor. Especificaciones*.
- CTNP - NTP. (2022). *PNTN 319.203: 2022 Alcohol etílico rectificado. Para uso medicinal. Requisitos y métodos de ensayo*.
- Díaz, J. (2008). *Tamices moleculares: Exploración para la síntesis y separación de una mezcla etanol - agua* [Tesis para optar el título profesional de ingeniero químico]. Universidad de los Andes.
- Espinosa, R., & Ovando, C. (2012). *El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala*.
- F. W. Bai, W. A. Anderson, & M. Moo Young. (2008). *Biotechnology Advances* (1st ed., Vol. 26).

- FAO. (2025, January 29). *Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA)*. <https://www.fao.org/food-safety/scientific-advice/jecfa/en/>
- González, G. (2011). *Modelado y simulación de una planta de producción de etanol por hidratación directa de etileno*.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (Mc Graw Hill Education & Interamericana Editores S.A, Eds.; 6th ed.).
- Huamán, M. (2023). *Identificación de metanol y la concentración del alcohol de 70 en las diferentes marcas comercializadas en el mercado central - Lima 2023* [Tesis para optar el título profesional de químico farmacéutico, Universidad Norbert Wiener]. <https://orcid.org/0000-0001-5138-3396>
- ICONTEC. (2001). *NORMA TÉCNICA COLOMBIANA - NTC 620 - Bebidas alcohólicas. Alcohol etílico*.
- INACAL. (2025, March 14). *Normas Técnicas Peruanas*. <https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>
- INEN. (2018). *NTE INEN 375 - Bebidas alcohólicas. Alcohol etílico de origen agrícola. Requisitos*.
- Infobae. (2022a, October 12). *Mezcla mortal de alcohol metílico con cañazo y aguardiente mató a 29 personas, alertó Hospital de Collique*. <https://www.infobae.com/america/peru/2022/10/12/mezcla-mortal-de-alcohol-metilico-con-canazo-y-aguardiente-mato-a-29-personas-alerto-hospital-de-collique/>
- Infobae. (2022b, October 13). *101 casos de intoxicación por tomar alcohol metílico y 21 han muerto luego de mezclar bebida*. <https://www.infobae.com/america/peru/2022/10/13/101-casos-de-intoxicacion-por-tomar-alcohol-metilico-y-21-han-muerto-luego-de-mezclar-bebida/>

JECFA. (1996). *Norma JECFA - Alcohol etílico*.

Kovaleva, T., Yakovlev, A., Agafonov, G., & Yakovleva, S. (2023). *The problem of quality and safety of alcohol products*. 156–161. <https://doi.org/http://doi.org/10.20914/2310-1202-2023-1-156-161>

La República. (2022, October 15). *Van 117 casos de intoxicación y 54 fallecidos por metanol*. <https://larepublica.pe/sociedad/2022/10/15/minsa-van-117-casos-de-intoxicacion-y-54-fallecidos-por-metanol-diris>

Laureano, H., & Vargas, M. (2020). *La adulteración y calidad desinfectante del alcohol expendido en oficinas farmacéuticas y otros establecimientos comerciales, Lima - Cercado, setiembre 2020* [Tesis para optar el título profesional de químico farmacéutico]. Universidad Norbert Wiener.

Lide, D. (2006). *Handbook of Chemistry and Physics* (87th ed.). CRC Press.

MINEM. (2007). *Decreto supremo N° 021-2007-EM*.

Montoya, M., Quintero, J., Sánchez, Ó., & Cardona, C. (n.d.). *Efecto del esquema de separación de producto en la producción biotecnológica de alcohol carburante*.

NG Metalúrgica S.A. (2019, April 9). *Sistema de deshidratación de etanol (tamiz molecular)*. <https://www.ngmetalurgica.com.br/es/sistema-de-desidratacao-de-etanol-peneira-molecular/>

Olefir, Y., Khubieva, A., Kovaleva, E., Mit'kina, L., Struzhkova, A., & Savin, E. (2020). Quality control of ethyl alcohol used as a medicinal product. *The Bulletin of the Scientific Centre for Expert Evaluation of Medicinal Products*, 10(1), 6–18. <https://doi.org/10.30895/1991-2919-2020-10-1-6-18>

- OMS. (1994). La farmacopea internacional - Alcohol. In *The International Pharmacopoeia* (3rd ed., Vol. 4, pp. 125–127).
- Piekarz, I., Wincza, K., Gruszczynski, S., & Sorocki, J. (2021). Detection of methanol contamination in ethyl alcohol employing a purpose designed high sensitivity microwave sensor. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 174, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2021.108993>
- Pingxiang Global New Materials Technology Co., Ltd. (2025, March 3). *Zeolita 3A Secado de etanol tamiz molecular*. https://es.made-in-china.com/co_hqhgtl/product_Zeolite-3A-Ethanol-Drying-Molecular-Sieve_rhnsersg.html
- PRODUCE. (2013, August 23). *Decreto supremo N° 005-2013-PRODUCE*. 1–14.
- PRODUCE. (2020). *Resolución ministerial N° 00351-2020-PRODUCE*.
- PRODUCE. (2023). *Resolución Directoral N° 00601-2023-PRODUCE/DGAAMI*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5242681/rd%20601-2023-produce-dgaami.pdf>
- Suárez, C., Garrido, N., & Guevara, C. (2016). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. Revisión bibliográfica. *Instituto cubano de investigaciones de los derivados de la caña de azúcar*, 50, 20–28. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223148420004>
- SUCRANA. (2025, February 26). *Proyectos para fabricación de etanol*. <https://sucrana.com.br/esp/etanol/>
- SUNAT. (2025, March 10). *Operatividad aduanera*. <https://www.sunat.gob.pe/operatividadaduanera/>
- Unión Europea. (2022). *Reglamento delegado (UE) 2022/1303 de la Comisión*.

USP. (2020a). *Farmacopea de los Estados Unidos - Alcohol*.

USP. (2020b). *Farmacopea de los Estados Unidos - Alcohol deshidratado*.

Usucachi, P. (2011). *Proceso de obtención de bioetanol a partir de papa peruana* [Tesis para optar el título profesional de ingeniero químico]. Universidad Nacional de Ingeniería.

Uyazán, A., Gil, I., Aguilar, J., Rodríguez, G., & Caicedo, L. (2004). *Deshidratación del etanol*. 56, 49–59.

Vásquez, J., & Vásquez, F. (2017). *Proyecto de prefactibilidad de instalación de una planta de producción de etanol anhidro a partir de bagazo de caña* [Tesis para optar el título profesional de ingeniero químico]. Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo.

Viñals, M., Bell, A., Michelena, G., & Ramil, M. (2012). Obtención de etanol a partir de biomasa lignocelulósica. *Instituto cubano de investigaciones de los derivados de la caña de azúcar*, 46, 7–16. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223123848002>

Vogel, H., & Todaro, C. (2014). *Fermentation and Biochemical Engineering Handbook* (3rd ed.). William Andrew Publishing.

Anexos

El problema de investigación	Objetivos de la investigación	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología de investigación
Problema general: ¿Cuáles son las dificultades técnicas para el control de calidad de las diferentes presentaciones de alcohol etílico comercializado en el Perú? Problemas específicos: 1) ¿En el Perú, existen especificaciones técnicas de calidad para cada presentación de alcohol etílico comercializado? 2) ¿En el Perú, existe la práctica de adulteración de las diferentes presentaciones de alcohol etílico comercializado? 3) ¿En el Perú, existe una cultura adecuada de control de calidad a las diferentes presentaciones de alcohol etílico comercializado?	Objetivo general: Identificar las dificultades técnicas para el control de calidad de las diferentes presentaciones de alcohol etílico comercializado en el Perú. Objetivos específicos: 1) Determinar si en el Perú, existen especificaciones técnicas de calidad para cada presentación de alcohol etílico comercializado. 2) Determinar si en el Perú, existe la práctica de adulteración de las diferentes presentaciones de alcohol etílico comercializado. 3) Determinar si en el Perú, existe una cultura adecuada de control de calidad a las diferentes presentaciones de alcohol etílico comercializado.	Variable independiente: Control de calidad del alcohol etílico. Variable dependiente: Dificultades técnicas en la regulación y análisis del alcohol etílico. Variable: Especificaciones técnicas del alcohol etílico según su presentación. Variable: Presencia de adulterantes en el alcohol etílico comercializado. Variable: Nivel de implementación de buenas prácticas de control de calidad.	Normatividad Adulteración Prácticas de control de calidad	Presencia de especificaciones técnicas en la normativa peruana. Compatibilidad de las normativas peruanas con estándares internacionales. Casos documentados de adulteración en el mercado peruano. Sustancias utilizadas en la adulteración del alcohol etílico. Capacitación del personal en prácticas de control de calidad. Cumplimiento de normativas en empresas productoras y comercializadoras.	Tipo de investigación: Aplicada Enfoque: Cuantitativo Alcance: Descriptivo Diseño: No experimental Temporalidad: Ex post facto Método: Analítico Técnicas de recolección de datos: Revisión de normativas nacionales e internacionales. Técnica: Análisis documental sobre casos de adulteración. Técnicas: Encuesta a profesionales de ingeniería química y textil. Experiencia profesional en control de calidad.

ALCOHOL ETÍLICO PARA BEBIDAS
ALCOHÓLICAS. Alcohol etílico. Rectificado, neutro
(rectificado fino), extraneutro (rectificado extrafino).
Requisitos

ETHYL ALCOHOL FOR ALCOHOLIC BEVERAGES. Ethyl alcohol. Rectified, neutral (rectified fine),
extraneutral (rectified extrafine). Requirements

2014-12-30
4ª Edición

R.0151-2014/CNB-INDECOPI. Publicada el 2015-01-14

Precio basado en 07 páginas

I.C.S.: 67.160.10; 71.080.60

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Bebida, alcohólica, alcohol, etílico, etanol, rectificado, neutro, extraneutro

4. DEFINICIONES

Para los propósitos de esta Norma Técnica Peruana se aplican las definiciones establecidas en la NTP 211.020.

5. SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

Véase la NTP 211.020.

6. REQUISITOS

6.1 Evaluación sensorial

Los requisitos descritos en esta NTP se verificarán por medio de evaluaciones físicas y sensoriales. Se recomienda utilizar la NTP-ISO 6658, la NTP-ISO 4121 o alguna otra específica de existir.

Descripción	Alcohol etílico		
	Rectificado	Neutro (rectificado fino)	Extraneutro (rectificado extrafino)
Color	Líquido incoloro.	Líquido incoloro	Líquido incoloro
Olor	Propio del alcohol etílico, limpio, sin olores extraños, se percibe vestigios correspondientes a la materia prima utilizada.	Propio del alcohol etílico, limpio, sin olores extraños, es casi imperceptible la materia prima utilizada.	Propio del alcohol etílico, limpio, sin olores extraños, no se percibe la materia prima utilizada.
Sabor	Propio del alcohol etílico, ardiente, ligeramente dulce, sin sabores extraños, se percibe vestigios que denotan la materia prima utilizada.	Propio del alcohol etílico, ardiente, ligeramente dulce, sin sabores extraños, es casi imperceptible la materia prima utilizada.	Propio del alcohol etílico, ardiente, ligeramente dulce, sin sabores extraños, no se percibe la materia prima utilizada.
Aspecto	Libre de partículas en suspensión o sedimentos.	Libre de partículas en suspensión o sedimentos.	Libre de partículas en suspensión o sedimentos.

6.2 Requisitos físico-químicos

Descripción	Alcohol etílico			Métodos de ensayo
	Rectificado	Neutro (Rectificado fino)	Extraneutro (Rectificado extrafino)	
Grado alcohólico a 20 °C, % Alc.Vol.	Mínimo 96,0	Mínimo 96,0	Mínimo 96,0	NTP 319.229
Acidez total como ácido acético, (*)	Máximo 1,8	Máximo 1,6	Máximo 1,4	NTP 211.027
Aldehídos totales como acetaldehído, (*)	Máximo 3,0	Máximo 2,4	Máximo 1,8	NTP 211.051 o NTP 211.035
Metanol como metanol, (*)	Máximo 10,0	Máximo 2,0	Máximo 1,8	NTP 210.022 o NTP 211.035
Ésteres totales como acetato de etilo, (*)	Máximo 5,0	Máximo 2,0	No detectable	NTP 211.003 o NTP 211.035
Alcoholes superiores como aceite fusel, (*)	Máximo 4,5	Máximo 2,0	No detectable	NTP 210.021 o NTP 211.035
Furfural como furfural, (*)	No detectable	No detectable	No detectable	NTP 211.033 o NTP 211.035
Residuo no volátil a 105 °C, (*)	Máximo 2,5	Máximo 2,5	Máximo 2,5	NTP 211.034
Tiempo de Permanganato a 15 °C, minutos	Mínimo 15	Mínimo 25	Mínimo 35	NTP 211.008
(*) : expresado en mg/100mL AA				

