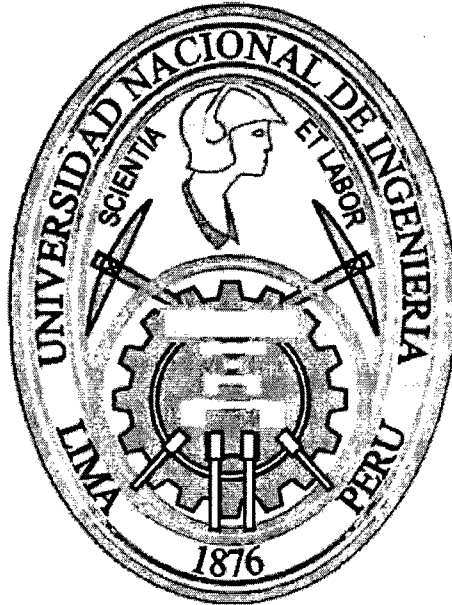


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y TEXTIL
Sección de Posgrado



**“OPTIMIZACIÓN DE VARIABLES EN LA DESTILACIÓN DISCONTINUA
DEL PISCO”**

TESIS

PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE MAESTRO EN CIENCIAS
CON MENCIÓN EN:

INGENIERIA QUÍMICA

PRESENTADO POR:

SOTELO ALCA JULIO ALEJANDRO

LIMA-PERÚ
2012

Digitalizado por:

Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse

A mi padre †
A mi madre.
A Susie, mi esposa.
A mis hijos.

AGRADECIMIENTO

Al Centro De Innovación Tecnológica de la Vid y el Pisco CITEVID - ICA. En el Laboratorio de Enología se realizó el análisis físico químico de todas las muestras del presente trabajo.

A los miembros de la Cofradía Nacional de Catadores, que tuvieron la tarea de realizar el Análisis Sensorial de las muestras: Ing. Juan Mendiola Huayamares, Ing. Oswaldo Hernández Pacheco, Ing. José Donayre Ríos, Ing. Jesús Sulca Ochante y el Sr. Alejandro Orellana Muñante.

ÍNDICE DE LA TESIS.

ABSTRACT	4
RESUMEN	5
INTRODUCCIÓN	6
CAPITULO I DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	7
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA PROBLEMA	7
1.2 DELIMITACIÓN Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	7
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	8
1.4 HIPOTESIS	8
1.5 VARIABLES	9
1.6 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	9
1.6.1 Objetivos Generales.	9
1.6.2 Objetivos Específicos.....	9
1.7 ANTECEDENTES.	10
1.8 IMPORTANCIA.	11
1.8.1 Justificación Técnica.	11
1.8.2 Justificación Social.	11
CAPITULO II FUNDAMENTOS TEÓRICOS.	12
2.1 EL PRODUCTO PISCO.	12
2.1.1 Requisitos Físico Químicos.	14
2.1.2 Tecnología de Producción	14
2.1.3 Componentes volátiles y congéneres.	15
2.1.3.1 Alcohol metílico.	15
2.1.3.2 Metanol.	15
2.1.3.3 Alcoholes superiores.	16
2.1.3.4 Aldehídos.	16
2.1.3.5 Esteres.	16
2.1.3.6 Ácidos.	17
2.2. DESTILACIÓN.	17
2.2.1 Destilación discontinua.	18
2.2.2 Equipos de destilación.	18
2.2.2.1 Falca.	19
2.2.2.2 Alambique.	19
2.2.2.3 Alambique con calientavinos.	20
CAPITULO III MATERIALES Y MÉTODOS.	22
3.1. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS.	22
3.1.1 Población y muestra.	22
3.1.2 Técnicas de recolección de información.	22
3.1.3 Formulación de los modelos matemáticos.	23
3.2 ANÁLISIS DE FACTORES TECNOLÓGICOS.	25
3.2.1 Influencia del tipo de equipos de destilación.	26
3.2.2 Materiales de construcción de destiladores.....	26
3.2.3 Velocidad de hervido.....	27
3.3 VARIACIÓN DE COMPONENTES VOLÁTILES EN LA DESTILACIÓN.	28
CAPITULO IV TRATAMIENTO DE DATOS.	32

4.1	SELECCIÓN DEL TIPO DE EQUIPO.	32
4.1.1	Análisis Físico Químico.	32
4.1.2	Evaluación organoléptica.	33
4.2	OPTIMIZACIÓN DE LA VELOCIDAD DE HERVIDO.	37
4.2.1	Análisis Físico Químico.	37
4.2.2	Evaluación organoléptica.	37
4.3	MODELAMIENTO MATEMÁTICO DE LA CONCENTRACIÓN DE COMPONENTES VOLÁTILES.	40
4.3.1	Acetaldehído.	41
4.3.2	Formiato de etilo.	44
4.3.3	Acetato de etilo.	46
4.3.4	Metanol.	49
4.3.5	Isopropanol.	51
4.3.6	Propanol.	53
4.3.7	Isobutanol.	56
4.3.8	Acetato de isoamilo.	58
4.3.9	Butanol.	60
4.3.10	Isoteramilo.	63
4.3.11	Acidez volátil.	65
4.3.12	Furfural.	67
4.4	OPTIMIZACIÓN.	70
4.4.1	Acetaldehído.	71
4.4.2	Formiato de etilo.	73
4.4.3	Acetato de etilo.	74
4.4.4	Metanol.	75
4.4.5	Isopropanol.	76
4.4.6	Propanol.	77
4.4.7	Isobutanol.	78
4.4.8	Acetato de isoamilo.	79
4.4.9	Butanol.	80
4.4.10	Isoteramilo.	81
4.4.11	Acidez volátil.	82
4.4.12	Furfural.	83
4.5	BALANCE DE MATERIA PARA EL DESTILADO ACUMULADO.	84
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	86
	FUENTES DE INFORMACIÓN.	87
	APÉNDICE A: NTP 211.001. 2006	89
	APÉNDICE B: INFORMES DE ENSAYO LABORATORIO DE ENOLOGÍA DEL CITEVID. ...	101

ABSTRACT

Pisco is obtained by distillation of the fresh wines for exclusive fermentation of grape must (grape juice). It is an alcohol mixture whose flavors and other properties are determined by a set of volatile compounds, whose composition depends on important variables. Distillation of pisco is an operation low studied, particularly the behavior of volatile components. The physical and chemical analyses of all samples of this work were done in the laboratory of Enology of CiteVid - Ica.

The work has as aim the development of methods of control and optimization for alembics of discontinuous distillation that help to establish the influence of every variable of process in order to obtain products aromaticly differentiated in reproducible and efficient form.

The evolution of concentration of the volatile components in the distillation fits to mathematical models defined for every case, developed with the information obtained of real distillations, which describe the behavior with good degree of approximation, equations that were integrated. As result of the application of the balance sheet of matter, result in models who coincide and describe adequately the behavior of the accumulated distillate.

RESUMEN.

El Pisco es obtenido por destilación de los caldos frescos de la fermentación exclusiva del mosto de uva (jugo de uva). Es una mezcla hidroalcohólica cuyo aroma y otras propiedades están determinadas por un conjunto de Compuestos Volátiles, cuya composición depende de manera importante de las variables de destilación. La destilación del pisco es una operación poco estudiada, en particular el comportamiento de los componentes volátiles. El análisis físico químico de todas las muestras del presente trabajo se realizó en el laboratorio de Enología del CiteVid - Ica.

El trabajo tiene como objetivo desarrollar métodos de control y optimización para alambiques de destilación discontinua que ayuden a establecer la influencia de cada variable de proceso, a fin de obtener destilados aromáticamente diferenciados, en forma reproducible y eficiente.

La evolución de la concentración de los componentes volátiles en la destilación se adapta a modelos matemáticos definidos para cada caso, desarrollados con los datos obtenidos de destilaciones reales, los cuales describen la data con buen grado de aproximación, ecuaciones que al ser integradas, como resultado de la aplicación del balance de materia, resultan en modelos que coinciden y describen adecuadamente el comportamiento real del destilado acumulado.

INTRODUCCIÓN

El posicionamiento de nuestro producto de bandera, el pisco, será posible en tanto se logre fortalecer la “cadena productiva del pisco” y se desarrollen tecnologías de producción. Esto se podrá lograr si se dispone de un proceso reproducible para la producción de Piscos de calidad. Estos aspectos, críticos para la exportación, requieren del entendimiento y manejo de las variables que gobiernan la destilación y de tecnologías modernas, como las que se proponen en este Proyecto, que podrán ser aplicadas a otras empresas vitivinícolas.

Este trabajo presenta la optimización de la destilación discontinua del pisco como caso de estudio. La investigación consiste en adquirir datos partiendo del proceso real, obtener el modelo matemático del proceso y optimizar el sistema acorde a los requerimientos de la Norma técnica del pisco, y finalmente, analizar los resultados.

La ejecución del proyecto se llevó a cabo en la Facultad de Ingeniería Química y Textil de la Universidad Nacional de Ingeniería, con muestras de los lotes de destilación de la Bodega Sotelo, de donde se obtuvieron los datos del proceso real. Los análisis de las muestras se realizaron en el laboratorio del CITEVID, usando los métodos analíticos de la Norma Técnica del Pisco 211.001-2006.

CAPÍTULO I

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

1.1 IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA PROBLEMA

La infraestructura con que cuentan las bodegas está seriamente deteriorada, no tienen el instrumental mínimo para controlar el desarrollo del proceso y la calidad de sus productos, resultando un producto de calidad no uniforme. La destilación es la operación más importante del proceso y no se ha estudiado el comportamiento de los componentes volátiles odoríferos y congéneres a lo largo de la destilación.

La Norma Técnica Peruana del pisco, NTP 211.001-2006 establece las condiciones de elaboración, así como los requisitos organolépticos y físicos químicos. Aun cuando contiene una relación de los principales componentes volátiles, no hace referencia alguna sobre el comportamiento de estos. Así mismo, el número de componentes volátiles que establece la norma es limitado. Una copia de la Norma Técnica Peruana del pisco, NTP 211.001-2006 se muestra en el APENDICE A.

1.2.- DELIMITACIÓN Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA:

El Pisco se caracteriza por sus especiales cualidades organolépticas (sabor y olor) que le dan un "Bouquet" particular que lo diferencia de cualquier otro aguardiente. Estas características diferenciales se deben a las condiciones del suelo y clima de los lugares de producción de uva autorizados por la Denominación de Origen pisco^[5] (Lima, Ica, Arequipa, Moquegua y Tacna), a las variedades de uva empleada y a los métodos de elaboración,^[13] pero fundamentalmente a la operación más importante del proceso: La destilación.

Justamente la destilación constituye la etapa decisiva en la producción del pisco, sin embargo, presenta deficiencias que afectan la calidad del producto final de muchas empresas; asimismo, afectan la estandarización del pisco respecto a la presencia de componentes aromáticos y volátiles en concentraciones definidas en función de su

grado alcohólico. La calidad de los alcoholes obtenidos depende del manejo de las variables de destilación, del método operativo practicado y del grado alcohólico (sólo se controla esta última). Son muy pocas las variables que se miden y controlan en esta operación.

La Norma Técnica Peruana del pisco, NTP 211.001-2006 (Ver APENDICE A) ha incorporado en la evaluación organoléptica una descripción más detallada de los descriptores de las variedades de pisco y en cuanto a los métodos analíticos al método de cromatografía de gases, que permite detectar y analizar compuestos que están en concentraciones bajas, no detectadas por métodos tradicionales. Esto tipifica mejor al pisco e identifica su autenticidad. Sin embargo, los pequeños productores de pisco, no cuentan con un cromatógrafo en sus bodegas, por ser estos equipos muy caros y requieren de personal especializado para su manejo. Ellos trabajan casi a ciegas respecto a la composición físico química, se basan únicamente en la evaluación organoléptica y algunos análisis elementales.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El problema se plantea de la siguiente manera:

¿Cual es la influencia del tiempo, las condiciones de operación del equipo, los materiales de construcción de los destiladores, la velocidad de hervido y la forma de condensar los vapores alcohólicos y el grado alcohólico ó porcentaje de etanol en la concentración de los principales componentes volátiles en el pisco? ¿Cuáles son las variables que mas influencia tienen y cual es su valor óptimo?

1.4 HIPÓTESIS

El pisco es una mezcla hidroalcohólica cuyo aroma y otras propiedades están representados por un conjunto de Compuestos Volátiles, cuya composición depende de manera importante de las variables de destilación. Los componentes volátiles tienen una concentración decreciente en el destilado acumulado y los componentes pesados un comportamiento creciente.

1.5 VARIABLES:

TIEMPO, Θ = Tiempo de destilación. [Horas]

FLUJO = Velocidad de destilado, [litros/h], [ml/min]

D = Volumen de destilado acumulado [litros].

F = Volumen de Vino Base alimentado al equipo [litros]

W = Volumen de Cola en el calderín. [litros]

POZA (i) = Concentración del componente i acumulado en el destilador [mg/litro]

CAÍDA (i) = Concentración del componente i a la salida del destilado [mg/litro]

GAC = Grado alcohólico del destilado en la caída [GL, % Vol].

GAP = Grado alcohólico del destilado acumulado [GL, % Vol].

CNTP = Concentración del componente según Norma Técnica. [mg/100mlAA].

REAL = Concentración del componentes, determinados por análisis [mg/litro]

ESTIMADO = Concentración del componentes, calculados por regresión. [mg/litro]

TEMP = Temperatura de operación [°C]

E1, E2, E3 = Tipo de equipo de destilación empleado.

1.6.- OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

1.6.1 Objetivos Generales:

Desarrollar métodos de control y optimización para alambiques de destilación discontinua que ayuden a establecer la influencia de cada variable de proceso, a fin de obtener destilados aromáticamente diferenciados en forma reproducible y eficiente.

1.6.2 Objetivos Específicos:

- 1** Maximizar el contenido aromático del destilado, ubicando los parámetros dentro de los rangos establecidos por la Norma Técnica del Pisco, 211.001-2006.
- 2** Optimizar la operación de destilación, mediante el estudio de un modelo matemático de destilación batch.
- 3** Estudiar la evolución de la concentración de diversos compuestos volátiles claves durante la destilación, para evaluar la calidad del destilado que dará origen al Pisco.
- 4** Evaluar la tecnología actual, planteando su innovación para lograr productos uniformes y de calidad.

1.7 ANTECEDENTES.

La bibliografía relacionada con el pisco se refiere a aspectos tradicionales de su producción y su historia, valorándolo como bebida Tradicional y Patrimonio del Perú.^{[1][3]} No existe mucha bibliografía sobre la tecnología de producción de Pisco, menos sobre el tema de destilación. Por el contrario, si hay variada información para la elaboración y análisis de Vinos.

Durante más de tres siglos la vitivinicultura constituyó la columna vertebral de la economía de la región de Ica. A partir del siglo XVII, el comercio derivó del vino al pisco y desde entonces es común su exportación.^[6]

El siglo XIX marca una etapa de declinación en la comercialización por el aumento de consumo de aguardiente de caña, debido a la guerra de la independencia y finalmente por la plaga de la filoxera, que destruyó la mayor parte de los cultivos de vid en el mundo. A partir de 1890 empieza un periodo de recuperación, sin embargo el cambio del cultivo por la demanda de algodón del mercado externo hace que disminuyan las áreas de vid instaladas.^[7]

El desarrollo de la actividad productiva del pisco se viene fortaleciendo con las campañas de promoción en el mercado externo e interno, promovido por los empresarios e instituciones relacionadas al pisco, lo que se ha manifestado en un incremento bastante significativo en las exportaciones en estos últimos años.^[14]

En cuanto al desarrollo tecnológico, Ica tiene El CITEvid que posee una bodega piloto experimental de piscos y vinos con un alambique a la usanza colonial y constituye un avance notable con respecto a las últimas tres décadas. Cuenta con un laboratorio de análisis de alcoholes, vinos y vitícola.^[16] Las numerosas bodegas artesanales de la provincia de Ica, se encuentran en proceso de implementación de nuevas tecnologías.

Como bien lo define la Norma Técnica del Pisco: NTP. 211.001-2006, el pisco es obtenido exclusivamente por destilación. No debe tener sustancias extrañas de las que naturalmente corresponden a la elaboración normal, ni estar mezclado con destilados alcohólicos de otro origen.

1.8 IMPORTANCIA.

1.8.1 Justificación Técnica.

La implementación de los resultados de este estudio permitirá el desarrollo de tecnologías de destilación batch de sistemas multicomponentes. El proyecto generará productos, diferenciados según su contenido en aromas. Además, posibilitará diseñar tecnologías modernas de proceso.

1.8.2 Justificación Social

El proyecto tiene un fuerte componente social, considerando la situación económica delicada del mercado nacional pisquero, como consecuencia de la secuela del último sismo ocurrido el 15 de agosto del 2007, que afectó más del 60% de las instalaciones de las Bodegas de Ica.

El pisco es un patrimonio cultural del Perú. Es la herencia de la riqueza natural y cultural de nuestros pueblos; que incluye las tradiciones, artesanía y paisajes, pero también contempla las técnicas, conocimientos, de la comunidad, considerado patrimonio intangible. La mejora de esta técnica y conocimiento producirán el reconocimiento y valorización el patrimonio cultural de las regiones productoras de Pisco.

La Industria del pisco se caracteriza por que gran parte de las empresas que la constituyen son de capital nacional y de tradición familiar; son micro, pequeñas y medianas empresas. La producción y comercialización se realiza con limitaciones, por la falta de conocimientos y por que no hay estudios del comportamiento de los componentes del pisco, que permitan un mejor manejo de la destilación.

En esta última década, esta situación se fue modificando y comenzó a emerger una demanda por la calidad del pisco, que ha ido adquiriendo una relevancia en la exigencia a la eliminación de defectos y la necesidad de desarrollar productos innovadores, saludables, funcionales y que respeten el medio ambiente, que imponen a estas empresas grandes retos. Este trabajo contribuirá a la mejora de la tecnología existente, que transferida a los productores permitirá mejorar las condiciones de competencia en el mercado, una adecuada distribución de la riqueza, la generación de empleo y la calidad de vida de la población.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 EL PRODUCTO PISCO.

El Pisco es el aguardiente de uva peruano obtenido de la destilación de los caldos frescos de la fermentación exclusiva del mosto de uva (jugo de uva), siguiendo las prácticas tradicionales establecidas en las zonas, productoras previamente reconocidas y declaradas como tales por la legislación nacional. Las únicas zonas productoras de Pisco son la costa de los departamentos de Lima, Ica, Arequipa, Moquegua y los valles de Locumba, Sama y Caplina del Departamento de Tacna en el Perú. ^[16]

Diversos cronistas como Guamán Poma de Ayala, Pedro Sarmiento de Gamboa, Fray Martín de Murúa, Bernabé Cobo y Pedro Cieza de León ^[13] acreditan la existencia de este referente geográfico desde inicios de la Colonia, destacando, además, el cultivo de la vid así como la elaboración de vinos y aguardientes en dicha zona. Asimismo, Miguel Cabello de Balboa, en sus "Misceláneas Antárticas" escritas en 1586 menciona expresamente los valles de Ica, Yumay y Pisco al describir la costa sur del Perú. ^[13]

A partir del siglo XVII, como dan cuenta diversos cronistas y otras fuentes históricas ^[3], se produce la interacción de una tierra propicia para la uva, con una cultura tecnológica desarrollada en los valles del sur peruano, de donde nace el aguardiente de Pisco. La historia del Pisco es pues la historia de un mestizaje que enriquece nuestra cultura y que todos reconocemos como parte de nuestra identidad nacional dentro y fuera de las fronteras del Perú.

En la costa del Perú se ubican un valle, un río, un puerto y una ciudad llamados desde inicios de la Colonia, Pisco. La vinculación del Pisco con la geografía y la toponimia peruanas es pues indiscutible. ^[1] El aguardiente de Pisco, bebida tradicional del Perú y "producto bandera", ofrece hoy al mundo su calidad de larga estirpe y raíces propias. ^[18]

El Pisco, además de ser la bebida tradicional del Perú desde tiempos de la Colonia española y símbolo de la peruanidad, constituye también lo que en el comercio internacional se conoce como una denominación de origen.^[22]

De acuerdo a lo dispuesto por el Arreglo de Lisboa relativo a la protección de las denominaciones de origen y su registro y según la definición establecida por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), se entiende por denominación de origen al nombre de un país, de una región o de un lugar determinado, que sea utilizado para designar a un producto originario de ellos, cuyas cualidades y características se deben exclusiva y esencialmente al medio geográfico, incluidos los factores naturales (geografía, clima, materia prima, etc.) y los factores humanos (mano de obra, arte, ingenio, tradición, etc.).

Por su parte, la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV) considera, además de estos elementos, el factor de "notoriedad" o "reputación" que deben tener las denominaciones de origen para ser consideradas como tales. Se trata pues, de un concepto integral que reviste significativa importancia para el sector vitivinícola, pues constituye un valioso instrumento jurídico para el desarrollo de una economía, ya que tienen por objeto la "promoción colectiva", garantizando calidad, procedencia y en muchos casos tradición e historia de productos, que son fruto del íntimo vínculo entre grupos humanos y la tierra de donde provienen.^[14]

Asimismo, las denominaciones de origen constituyen un mecanismo de defensa del consumidor y de la libre y leal competencia, pues el Acuerdo sobre los Derechos de la Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio (ADPIC), suscrito en el marco de la Organización Mundial del Comercio, establece en la Sección III referida a las Indicaciones Geográficas, que "los países deberán impedir la utilización de indicaciones que sugieran que un producto proviene de una región geográfica distinta de su verdadero origen, induciendo al público a error, e incluso, cualquier otro tipo de utilización que constituya un acto de competencia desleal."

Dentro de los alcances de este concepto, el término "Pisco" se ubica como una denominación de origen exclusivamente peruana. En primer lugar, porque corresponde a un lugar geográfico que ha existido desde inicios de la Colonia con ese nombre, correspondiendo a una ciudad, un valle, un río, un puerto y una provincia en la costa sur del Perú. Asimismo, merece destacarse que desde el punto de vista de las disposiciones legales que regulan la demarcación política del Perú, el Distrito de Pisco existe como tal

desde que el Perú se constituyó como República independiente en 1821, y que el mismo fue elevado a la categoría de Provincia mediante Ley del Congreso, de 13 de octubre de 1900, publicada en el diario oficial "El Peruano" el 30 de octubre de 1900.

En segundo lugar, porque la extracción, recolección y posterior fabricación y elaboración de esta bebida se realiza a través de un proceso productivo exclusivo de la técnica peruana desarrollado y difundido en las regiones productoras.^[5]

Además, porqué la uva utilizada en su elaboración se debe al clima templado y a la formación tectónica del suelo, propio de la provincia de Pisco, que se extiende a los valles de los departamentos de Lima, Ica, Arequipa, Moquegua y algunos valles del Departamento de Tacna donde existen condiciones similares. Por otro lado, la reputación del Pisco también tiene neto origen peruano, remontándose al siglo XVII y continuando hasta la fecha.

2.1.1 Requisitos Físico Químicos.

La Norma Técnica Peruana NTP 211.001-2006 establece los requisitos organolépticos y físicos químicos que debe cumplir el pisco. En esta última versión de la Norma se ha incluido una descripción más detallada de los requisitos organolépticos, para cada variedad. En los requisitos físicos químicos se ha incorporado al metanol y se exige la presencia de propanol e isopropanol, cuya presencia es indicativa de la autenticidad del pisco.

La incorporación de métodos cromatográficos en los análisis lo hacen más precisos y los rangos máximos y mínimos, aun holgados, permiten caracterizar mejor la calidad del pisco. Los valores máximos y mínimos de los requisitos físicos químicos, se usan como criterio de optimización en este trabajo. Una copia de los requisitos se presenta en el Apéndice B.

2.1.2 Tecnología de producción.

En el Perú la destilación del pisco se realiza de forma discontinua,^[2] utilizando un destilador de cobre denominado alambique, eliminándose las primeras fracciones de destilado a las que se les denomina cabeza y las últimas a las que se les denomina colas, obteniéndose finalmente el cuerpo (pisco). La eliminación de cabeza es muy variable en cuanto a cantidad y se basa fundamentalmente en la idea de eliminar el

metanol, y la eliminación de la cola, depende del grado alcohólico al cual se desea obtener el pisco.

La destilación es una operación que influye notablemente en la calidad del pisco, pues de alguna manera en ella se controla y se selecciona el paso de las sustancias volátiles que se quedarán en el destilado, por la eliminación de la cabeza y la cola, pero poco se conoce acerca de los compuestos volátiles que salen en estas fracciones

2.1.3 Componentes volátiles y congéneres.

El pisco es un líquido que contiene agua y alcohol etílico en mayor proporción, además de una diversidad de componentes denominados volátiles, los cuales a pesar de su menor concentración, ejercen gran influencia sobre su calidad.

2.1.3.1 Alcohol etílico:

La fórmula química del **etanol o alcohol etílico** es $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$ ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$). A condiciones normales es un líquido incoloro e inflamable con un punto de ebullición de 78 °C. Se mezcla con agua en cualquier proporción; a la concentración de 95% en peso forma una mezcla azeotrópica.

Es el compuesto más importante del pisco y de otras bebidas alcohólicas. Su concentración se expresa en porcentaje volumétrico o escala Gay Lussac, GL.

El control del avance de la fermentación; así como los cortes en la destilación se hacen en función a la concentración de alcohol etílico. Posee un olor agradable y confiere dulzor y calidez al destilado. Posee también características antisépticas que protegen al vino de las alteraciones microbianas.

2.1.3.2 Metanol

El metanol conocido como alcohol metílico o alcohol de madera, es el alcohol más sencillo. A temperatura ambiente es un líquido ligero, incoloro, inflamable y tóxico. Su fórmula química es CH_3OH (CH_4O).

El metanol se forma durante la fermentación pero sin reacción alguna con ella, es un alcohol neutro y no influye en las características gustativas. Es un producto tóxico. El mosto de uva madura contiene enzimas pectolíticas que rompen el polímero péctico,

facilitando la liberación del contenido celular de la baya de uva que libera el metanol por hidrólisis [20].

2.1.3.3 Alcoholes superiores

Estos compuestos se forman en el transcurso de la fermentación alcohólica del mosto. Están constituidos principalmente por: 1-propanol, 1-butanol, 2-metil-1-propanol (alcohol isobutílico), 2-metil-1-butanol (alcohol amílico), 3-metil-1-butanol (alcohol isoamílico), 1-hexanol, 2-fenil-etanol.

Los alcoholes superiores son todos líquidos incoloros y contribuyen en el aroma del pisco. Son beneficiosos organolépticamente en bajas concentraciones y a partir de una concentración global de 300 ppm empiezan a ser desfavorables.

2.1.3.4 Aldehídos

Los aldehídos más importantes presentes en el pisco son el acetaldehído y el hidroximetilfurfural.

El acetaldehído es un precursor de los acetatos, así como el etanol. Se forma a partir del piruvato por mediación de las enzimas de la vía glicolítica.

Se dan variaciones importantes en las cantidades que están presentes en los vinos. Las altas temperaturas de fermentación y una buena aireación incrementan la formación de acetaldehído. Debido a su alta volatilidad pasa casi en su totalidad al destilado.

El hidroximetilfurfural es un producto de la deshidratación de la D-Fructosa y se forma durante el proceso de destilación del vino base.

2.1.3.5 Ésteres

Los ésteres son compuestos orgánicos derivados de ácidos orgánicos o inorgánicos oxigenados en los cuales uno o más hidroxilos son sustituidos por grupos orgánicos alquilo (simbolizados por R'). Se forman principalmente durante la fermentación alcohólica por acción de la levadura. El principal éster positivamente presente en el pisco es el acetato de etilo, que en concentraciones altas proviene de mostos alterados que

presentan un desagradable olor a vinagre. Otro éster es el lactato de etilo que contribuye en la suavidad del pisco.

2.1.3. 6 Ácidos

Estos constituyen la acidez volátil del vino base. El principal ácido es el ácido acético, se encuentran también los ácidos isobutírico, butírico, e isovaleriánico. Todos estos ácidos comunican un olor desagradable y un olor penetrante al pisco.

La acidez de los mostos fermentados aumenta a medida que pasan los días de culminada la fermentación, lo que incrementa también la acidez volátil de los destilados. La acidez volátil es el resultado de diferentes reacciones metabólicas que tienen lugar durante la fermentación alcohólica y maloláctica.

El control de los ácidos volátiles del vino base es de gran importancia ya que es un indicador del estado de salud de un vino y un reflejo de las alteraciones sufridas y permite prever las dificultades para su conservación.

2.2 DESTILACIÓN

La Destilación es un método para separar los componentes de una solución; depende de la distribución de las sustancias entre una fase gaseosa y una líquida. La destilación se refiere a separar soluciones en que todos los componentes son apreciablemente volátiles ^[21]. Consiste en calentar un líquido haciéndolo hervir, para que sus componentes más volátiles pasen a la fase de vapor y a continuación enfriar el vapor para recuperar dichos componentes en forma líquida por medio de la condensación.

Si los puntos de ebullición de los componentes de una mezcla sólo difieren ligeramente, no se puede conseguir la separación total en una destilación individual. Un ejemplo importante es la separación de agua, que hierve a 100 °C, y alcohol, que hierve a 78,5 °C. Si se hierve una mezcla de estos dos líquidos, el vapor que sale es más rico en alcohol y más pobre en agua que el líquido del que procede, pero no es alcohol puro.

La destilación de vinos constituye la etapa decisiva en la producción de los aguardientes. El objetivo principal de la destilación es separar del medio fermentado, el vino base, los materiales volátiles que proporcionan a los alcoholes el sabor y aroma agradable de los no volátiles aprovechando sus distintas volatilidades.

El vino base se hace ebullición y los vapores ascienden hasta la parte superior del destilador donde se condensan los vapores más pesados y retornan al vino en ebullición. El etanol, componente mayoritario del pisco, es evaporado junto con compuestos minoritarios presentes en el vino, denominados "aromas". Estos compuestos volátiles destilan según su punto de ebullición, su afinidad con el alcohol y el agua, y la variación del contenido del alcohol en el vapor durante el proceso.

Según sea la manera de operar, el dispositivo industrial utilizado o la forma de condensar los vapores alcohólicos pueden obtenerse diferentes destilados. Por ello la calidad de los alcoholes obtenidos, condicionada por la calidad de la materia prima a destilar, depende sobre todo del proceso de destilación practicado.

2.2.1 Destilación discontinua.

Es el método tradicional y el establecido por la Norma Técnica del Pisco, llamado también destilación simple, proceso en el que se separan tres fracciones: La primera fracción llamada Cabeza muy rica en alcohol (70 % Vol.), pero también en compuestos volátiles indeseables como acetato de etilo, acetaldehído y productos azufrados; la segunda fracción llamada el cuerpo o pisco propiamente dicho, con una graduación alcohólica entre 38 y 46 %Vol., y una tercera fracción de destilado, llamada *cola ó pucho*, con un grado alcohólico bajo menor a 20 %Vol., donde encontramos sustancias indeseables que se deben separar.

2.2.2 Equipos de destilación.

La elaboración de Pisco se realiza por destilación directa y discontinua, separando las cabezas y colas para seleccionar únicamente la fracción central del producto llamado cuerpo o corazón. El inicio de la destilación de los mostos fermentados debe realizarse inmediatamente después de concluida su fermentación, a excepción del Pisco Mosto Verde, que se destila antes.

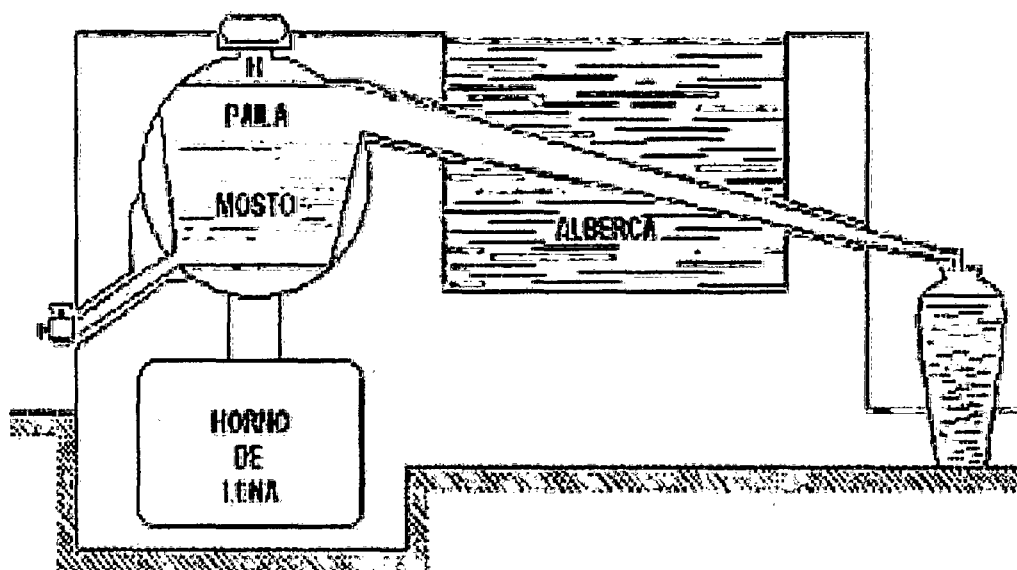
La Norma Técnica del Pisco: NTP. 211.001-2006 no permite equipos que tengan columnas rectificadoras de cualquier tipo o forma ni cualquier elemento que altere durante el proceso de destilación, el color, olor, sabor y características propias del Pisco.

Los equipos serán fabricados de cobre o estaño; se puede utilizar pailas de acero inoxidable. A continuación se describen estos equipos.

2.2.2.1 Falca:

Consta de una olla, paila o caldero donde se calienta el mosto recientemente fermentado, y por un largo tubo llamado "Cañón" por donde recorre el destilado, que va angostándose e inclinándose a medida que se aleja de la paila y pasa por un medio frío, generalmente agua que actúa como refrigerante. A nivel de su base está conectado un caño o llave para descargar las vinazas o residuos de la destilación. Se permite también el uso de un serpentín sumergido en la misma alberca o un segundo tanque con agua de renovación continua conectando con el extremo del "Cañón".

Figura 2.2-1 Equipos autorizados por la Norma Técnica: Falca.



Fuente: NTP.211.001- 2006

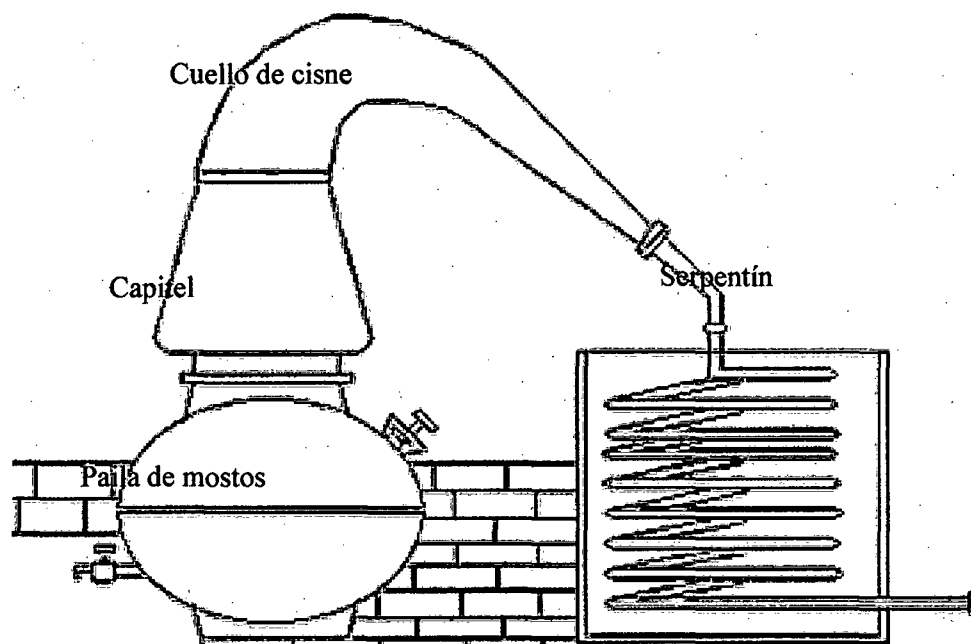
2.2.2.2 Alambique:

Consta de una olla, paila o caldero donde se calienta el mosto recientemente fermentado, los vapores se elevan a un capitel, cachimba o sombrero de moro para luego pasar a través de un conducto llamado "Cuello de cisne", llegando finalmente a un serpentín o condensador cubierto por un medio refrigerante, que generalmente es agua.

El alambique realiza una rectificación de algunos componentes en el capitel, que tiene un ensanchamiento que permite el enfriamiento y la consecuente condensación

selectiva de productos pesados. El Cuello de cisne es de un diámetro al principio disminuyendo progresivamente para facilitar el flujo de vapor que se va condensando.

Figura 2.2-2 Equipos autorizados por la Norma Técnica: Alambique



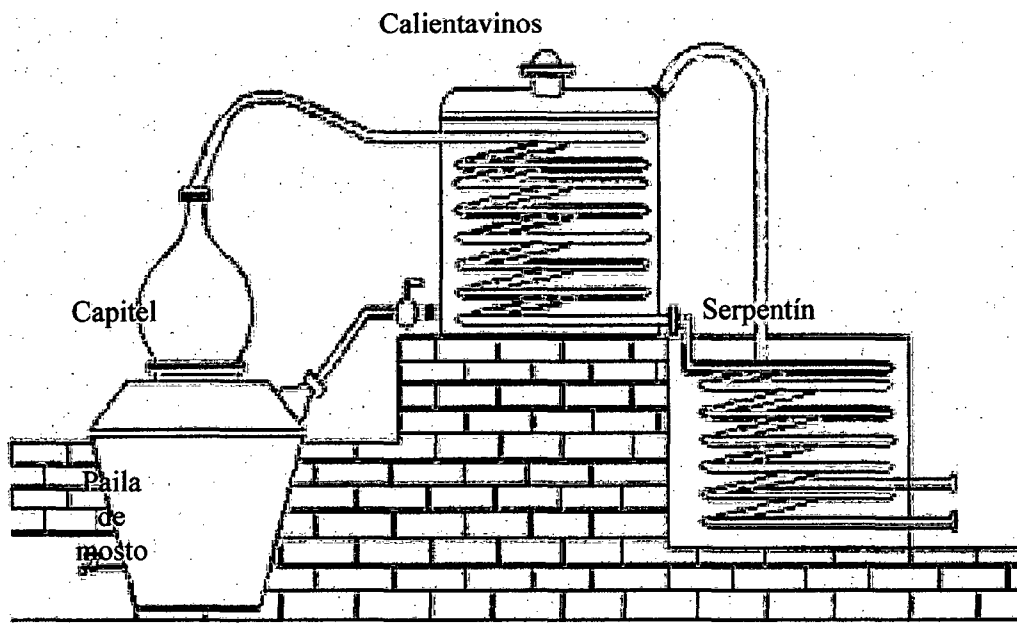
Fuente: NTP.211.001- 2006

2.2.2.3 Alambique con calienta vinos:

Además de las partes que constituyen el alambique, lleva un recipiente de la capacidad de la paila, conocido como "Calentador", instalado entre ésta y el serpentín.

Es un equipo que recupera calor, por tanto ahorra tiempo y energía. Calienta previamente al mosto con el calor de los vapores que vienen de la paila y que pasan por el calentador a través de un serpentín instalado en su interior por donde circulan los vapores provenientes del cuello de cisne, intercambiando calor con el mosto allí depositado y continúan al serpentín de condensación. Requiere contar con sistemas que eviten la posibilidad de hervido del mosto a precalentar. Para ello se usa una salida alterna u otro serpentín para recolectar el hervido como un segundo efecto.

Figura 2.2-2 Equipos autorizados por la Norma Técnica: Alambique con calentavinos.



Fuente: NTP.211.001- 2006

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS.

El estudio realizado es correlacional/explicativo, ya que determina los efectos de las variables de la destilación discontinua en la calidad del pisco, optimizando sus valores, por comparación de los resultados del modelado matemático con los valores reales y en cumplimiento de la Norma Técnica Peruana del Pisco.

3.1.1 Población y muestra.

La población está constituida por los lotes de la destilación del pisco producido en la Bodega Sotelo, ubicada en el Caserío de Quilloay del Distrito San Juan Bautista de la Provincia de Ica. En lotes de destilación seleccionados, para evaluar los factores tecnológicos y la variación de componentes volátiles en la destilación, se tomaron muestras representativas extraídas a cada hora, tanto en la salida del destilado denominado caída, como en el destilado acumulado de la poza de destilación, para su estudio en el laboratorio, su modelamiento y optimización.

3.1.2 Técnicas de recolección de información.

Las muestras se recolectarán por variedad de destilado, a fin de evaluar las diferencias de concentración de cada uno de los lotes, los cuales se ordenarán por fecha y grupos.

La obtención de datos se hará a partir del proceso real; etapa donde se deben considerar, entre otros elementos, el sistema o proceso de destilación discontinua actual, las especificaciones mínimas necesarias de operación y las especificaciones de los productos.

3.1.3 Formulación de los modelos matemáticos.

La experimentación está basada en cinco puntos: La adquisición de datos, la obtención y validación del modelado matemático que describe el comportamiento de cada componente volátil en el proceso de destilación, la solución de los modelos, la posible optimización, y el análisis de los datos que se generan en los procesos de solución.

Se formularán los modelos matemáticos a partir del comportamiento real del sistema, lo cual lleva implícito realizar balances de materia, la utilización de ecuaciones o modelos matemáticos que describan dicho comportamiento, el análisis de los datos resultantes, y para los casos pertinentes se realizarán acciones de optimización.

Para la formulación del modelo matemático se requiere la obtención de toda la información física y química a lo largo de toda la operación, y de esta manera determinar el tipo de comportamiento que tiene el proceso. La ponderación de las respuestas a estas interrogantes propiciarán que el proceso pueda ser descrito satisfactoriamente a través de modelos matemáticos conocidos. ^[12]

La optimización se hará a partir de la función objetivo a considerar, tal como, el máximo destilado, el tiempo mínimo, la máxima calidad organoléptica, la energía mínima ó la máxima eficiencia termodinámica.

En el presente trabajo de investigación se hace una evaluación del proceso de destilación discontinua, método de elaboración tradicional de pisco y establecido en la norma técnica, en el que se seleccionan como variables de estudio aquellas que influyen en la calidad del pisco.

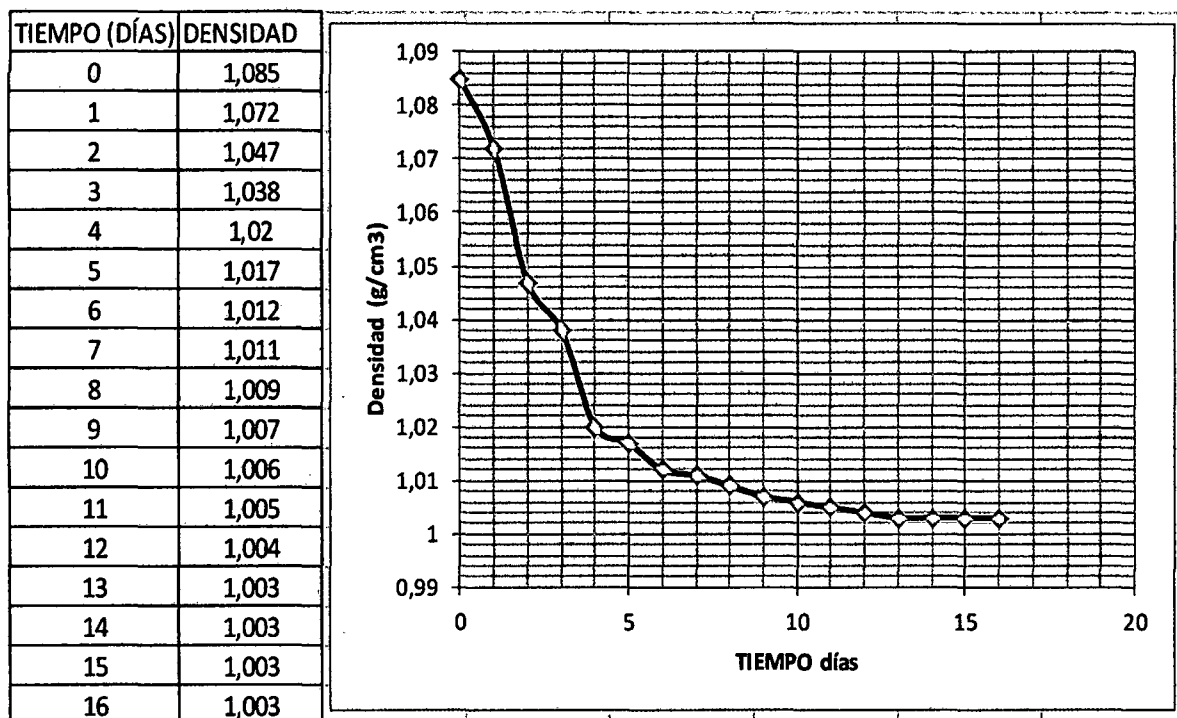
Para el estudio se seleccionan lotes de uva Quebranta. El análisis de la uva previo a la vendimia y al ingreso a la bodega tuvo un grado óptimo 13°Be y mostró un estado sanitario adecuado. Los controles en los procesos previos a la destilación, como son la molienda y la fermentación tuvieron indicadores normales con una duración de 15 días, alcanzando al final del mismo un grado alcohólico de 12%Vol.(12°GL) los resultados de la evaluaciones se muestran en los gráficos 3.1-1 y 3.1-2.

En cuanto al estudio de la destilación, este se divide en dos bloques: El primero, denominado análisis de la tecnología actual, se refiere a la evaluación de los factores

externos como son la influencia de los equipos de destilación en sus diferentes tipos: alambiques, falcas y equipos continuos; la influencia del material de construcción de los destiladores; la influencia de la velocidad de hervido y del sistema de calefacción.

El segundo bloque corresponde a la evaluación de los factores internos, en la operación de destilación, en el que se hace un seguimiento a la concentración de los componentes volátiles.

Gráfico 3.1-1 Comportamiento de la densidad en la fermentación del vino base.

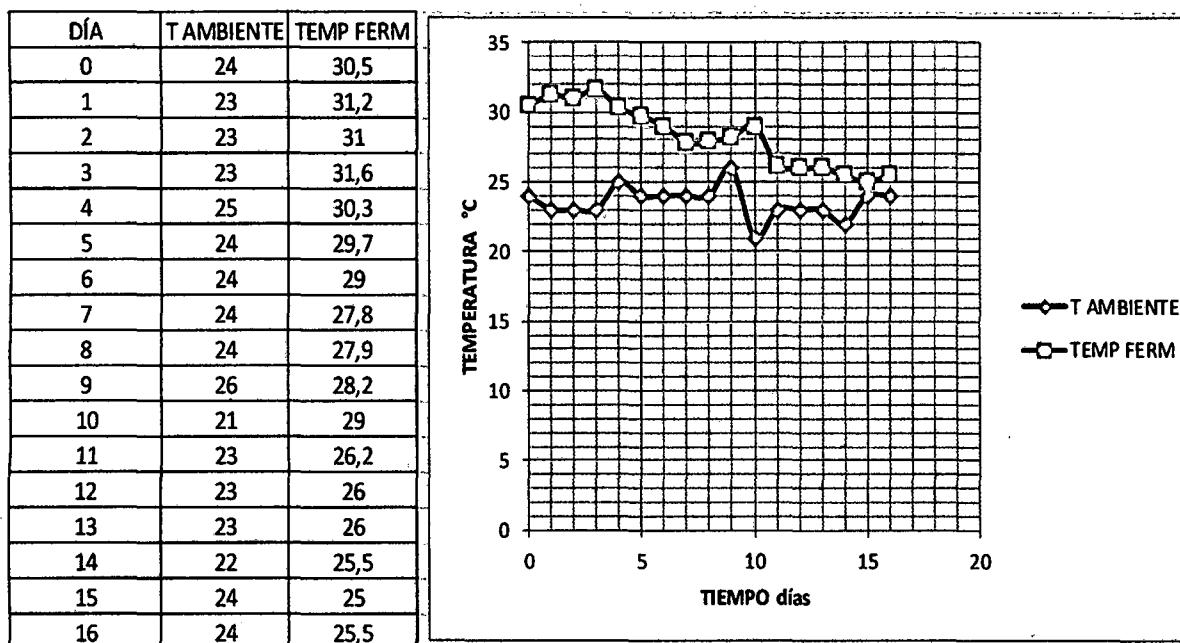


Fuente: Elaboración propia.

Las pruebas para este segundo bloque se hacen en operaciones que duran 12 horas, en la que se toman muestras diferenciales del destilado de 500 ml cada hora, en la caída y en la posa (destilado acumulado), a las que se les hace un análisis cromatográfico, con los métodos establecidos en la norma técnica del pisco (Ver apéndice B). Estas pruebas se realizan en el laboratorio del CITEVID.

Los datos obtenidos se expresan como concentración en mg/Litro y se tabulan y grafican en función del tiempo en días para luego ser sometidos a una correlación de datos o regresión según corresponda, y poder determinar el modelo matemático que mejor describe el comportamiento de cada componente volátil.

Gráfico 3.1-2 Comportamiento de la temperatura en la fermentación del vino base.



Fuente: Elaboración propia.

Una vez determinado el modelo matemático se realiza el balance de materia de la operación para obtener la ecuación que describe la concentración de cada componente volátil en el destilado acumulado. Esta ecuación obtenida por integración del balance de materia se compara con los resultados reales, obtenidos por análisis del destilado acumulado.

La regresión, el ajuste de curvas, la correlación y el modelo matemático, se obtienen usando técnicas estadísticas.

3.2 ANÁLISIS DE FACTORES TECNOLÓGICOS.

El primer bloque de la parte experimental se refiere a la evaluación de los factores externos, es decir los que provienen de la tecnología de producción. Se selecciona evaluar la influencia del tipo de equipo de destilación, la influencia del material de construcción de los destiladores y la velocidad con que se realiza el hervido.

3.2.1 Influencia del tipo de equipo de destilación.

Para la destilación la Norma Técnica Peruana del Pisco 211.001-2006 establece como equipos de destilación autorizados a la falca y el alambique. Se hace el estudio con

estos dos tipos de equipos y adicionalmente se incluye un equipo de destilación continuo de 30 platos. Se usan códigos para la identificación de los equipos como sigue: E1 Alambique; E2 Falca y E3 Columna.

Se elige un lote de 500 Litros de mosto fermentado para cada tipo de equipo, que es destilado a la misma velocidad y con un mosto, correspondiente a un mismo lote. Se corta la destilación a 42°GL para todos los casos. Los destilados obtenidos se someten a evaluación de laboratorio en el CITEVID para comprobar sus características y cumplimiento de la Norma Técnica Peruana del Pisco 211.001-2006. Los datos obtenidos se muestran en el cuadro 3.2.1.

Cuadro 3.2-1 Análisis Físico Químico de la destilación en equipos diferentes.

Parámetro	Unidades	E1	E2	E3
		ALAMBIQUE	FALCA	COLUMNA
Grado Alcohólico Volumétrico	°Gl	41,7	42,1	42,8
Extracto seco a 100°C	g/l	0,2	0,1	0,1
Acidez Volátil	mg/100 ml A.A	278,2	241,6	260
Ésteres	mg/100 ml A.A	73,2	73,8	43,5
Aldehídos	mg/100 ml A.A	3,2	3,8	0
Furfural	mg/100 ml A.A	4,3	4,6	1,8
Alcoholes Superiores	mg/100 ml A.A	319	328,8	289,3
Alcohol Metílico	mg/100 ml A.A	36,3	34,4	33

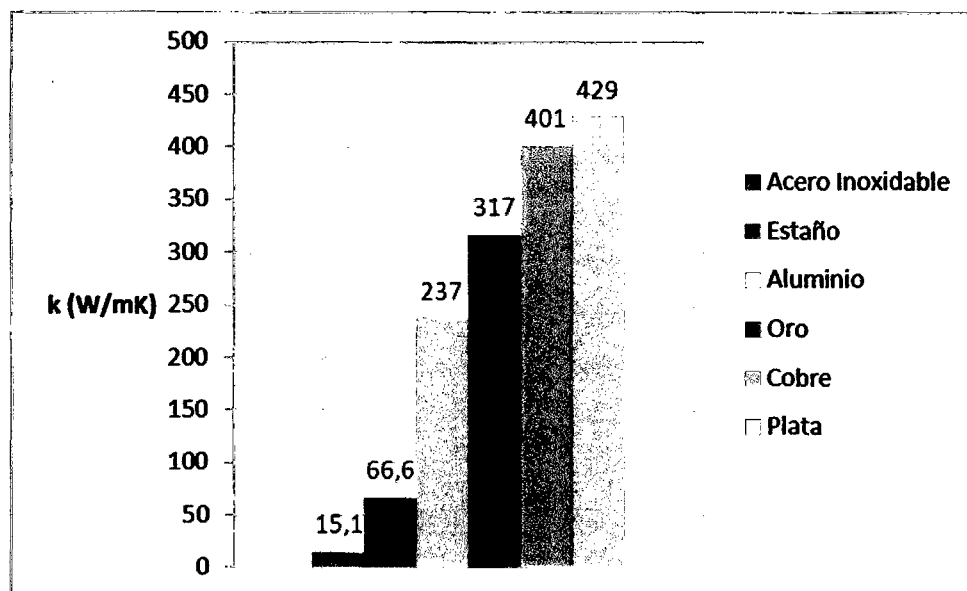
Fuente: Laboratorio de Enología del CITEVID - Informe de Ensayo 080, 081 y 082

3.2.2 Materiales de construcción de destiladores.

Los materiales de construcción para destiladores autorizados en la Norma Técnica del Pisco 211.001-2006 son: cobre, estaño y la paila puede ser de acero inoxidable. Se compara la conductividad térmica de cada uno de estos materiales, sus valores se muestran en el gráfico 3.2-1.

La conductividad térmica es la variable que más influye en el funcionamiento de los equipos de destilación debido a que en cada una de sus partes se realiza el intercambio de calor que influye en la distribución de los componentes volátiles del pisco, así el capitel y cuello de cisne por acción de la temperatura del aire enfría el vapor y condensa componentes pesados.

Gráfico 3.2-1 Conductividades térmicas de materiales seleccionados. (W/mK a 300 K)



Fuente: Elaboración propia.

Los datos de conductividad térmica, expresados en W/mK, se obtuvieron de la tabla A1 del apéndice A del libro de Transmisión de Calor, Karlekar^[15].

De los materiales autorizados por la Norma Técnica del Pisco 211.001-2006 el de mayor conductividad térmica es la plata seguida del cobre, sin embargo, se elige el cobre por ser maleable y permite con facilidad la fabricación de alambiques. El estaño y el acero inoxidable tienen la desventaja de su menor conductividad térmica. El acero inoxidable tiene como principales ventajas la limpieza y su presentación. La norma permite que la paila se fabrique de acero.

3.2.3 Velocidad de hervido

Utilizando el alambique con calentavinos de 500 litros de capacidad, se realizan pruebas con diferentes velocidades de destilación en rangos que van de 150 - 200, 200 -

250, 250 – 300 y de 300 -350 ml /minuto de flujo de destilado, que son codificados conforme se muestra en el Cuadro 3.2-2. Todas las pruebas en esta etapa, corresponden a un lote seleccionado de mosto y se destila realizando los controles habituales en la bodega, como son: Grado alcohólico, temperatura, tanto de la caída como del destilado acumulado, el flujo de destilado y de realiza el corte a 42% Vol. (GL). Los piscos obtenidos se analizan físico-químicamente; posteriormente luego de un periodo de reposo de 6 meses se evalúan organolépticamente con un panel especializado de jueces, integrantes de la Cofradía Nacional de Catadores de Pisco. Las muestras se codifican a fin de que las evaluaciones sean realizadas a ciegas. Los códigos asignados se muestran en el Cuadro 3.2-2

Los resultados del análisis físico-químico se muestran en los cuadros 4.2-1 y los resultados del análisis organoléptico se muestran en el cuadro 4.2-3.

Cuadro 3.2- 2 Codificación de los flujos de destilado.

CODIGO	RANGO DE FLUJO
F11	300 - 350 ml/min
F12	250 - 300 ml/min
F13	200 - 250 ml/min
F14	150 - 200 ml/min

Fuente: Elaboración propia

3.3 VARIACIÓN DE LOS COMPONENTES VOLÁTILES EN LA DESTILACIÓN.

En el segundo bloque de la parte experimental se evalúa la evolución de la concentración de los componentes volátiles establecidos en la Norma Técnica del Pisco 211.001-2006, desde el inicio y a lo largo del proceso de destilación.

Un lote seleccionado de mosto (vino base) se destila en un alambique con calentavinos de 500 litros. Se toma 500 ml de muestra en cada hora de destilación, tanto de la caída como de la poza (destilado acumulado), las que son sometidas a análisis físico químico en el laboratorio de enología del Citevid, con la finalidad de evaluar la evolución de cada uno de los componentes volátiles que establece la Norma Técnica del Pisco 211.001-2006, de acuerdo a los métodos establecidos en ella.

Para las 13 muestras de la caída de destilación, se usa el Código C seguida por el número de muestra: C-01 hasta la C-13. Para las 12 muestras de la poza (destilado acumulado) se usa el código P, que va de P-01 hasta P-12. Los resultados se muestran en los cuadros 3.3-1 y 3.3-2

Cuadro 3.3-1 Análisis de las muestras tomadas en la caída del destilado

Parámetro	unidades	Resultados				
		C-01	C-02	C-03	C-04	C-05
Acetaldehido	mg/kg	56,74	25,84	15,13	10,34	10,19
Formiato de Etilo	mg/kg	42,44	10,3	4,47	0	0
Acetato de Etilo	mg/kg	3559,42	734	361,14	272,78	207,5
Metanol	mg/kg	367,07	320,7	311,38	316,09	304,05
Isopropanol	mg/kg	6,65	6,09	5,33	0	6,39
Propanol	mg/kg	158,31	109,39	102,85	86,06	74,34
Isobutanol	mg/kg	962,13	596,04	465,24	336,54	219,73
Acetato de Isoamilo	mg/kg	139,54	7,9	0	0	0
1-Butanol	mg/kg	11,19	9,33	8,72	7,94	6,86
Isoteramilico	mg/kg	3167,35	2207,87	1752,28	1258,69	823,62
AcidezVolátil	mg/kg	475,23	1080,2	1173,74	1270,62	1366,94
Furfural	mg/kg	2,34	1,57	6,1	7,02	9,2

Parámetro	unidades	Resultados				
		C-06	C-07	C-08	C-09	C-10
Acetaldehido	mg/kg	7,81	7,19	7,52	5,78	6,54
Formiato de Etilo	mg/kg	0	7,21	7,15	3,95	8,39
Acetato de Etilo	mg/kg	195,91	217,05	195,65	101,03	129,33
Metanol	mg/kg	303,86	272,1	255,33	227,51	217,8
Isopropanol	mg/kg	4,27	2	3,33	2,21	1,54
Propanol	mg/kg	63,02	55,96	47,95	29,64	21,81
Isobutanol	mg/kg	148,98	111,63	75,39	32,82	19,35
Acetato de Isoamilo	mg/kg	0	0	0	0	0
1-Butanol	mg/kg	3,66	0	0	0	0
Isoteramilico	mg/kg	535,4	387,67	263,86	109,92	59,84
AcidezVolátil	mg/kg	1440,58	1407,49	1740,16	2377,32	2635,95
Furfural	mg/kg	10,96	14,14	16,77	18,63	22,83

Parámetro	unidades	Resultados		
		C-11	C-12	C-13
Acetaldehido	mg/kg	5,62	5,8	7,62
Formiato de Etilo	mg/kg	5,3	7,55	16,99
Acetato de Etilo	mg/kg	78,88	56,33	71,01
Metanol	mg/kg	178,98	147,33	145,46
Isopropanol	mg/kg	0	0	4,7
Propanol	mg/kg	12,29	6,18	5,58
Isobutanol	mg/kg	9,55	4,83	0
Acetato de Isoamilo	mg/kg	0	0	0
1-Butanol	mg/kg	0	0	0
Isoteramilico	mg/kg	29,64	15,53	4,04
AcidezVolátil	mg/kg	2982,63	3317,98	3430,47
Furfural	mg/kg	25,7	27,65	32,29

Fuente: Laboratorio de Enología del CITEVid

En el caso de la caída, que es la salida de la destilación luego de condensado y enfriado, se observan distintos comportamientos de los componentes del pisco:

Un primer grupo de componentes que se presentan al inicio del destilado y disminuyen su concentración y luego desaparecen, como son: El isopropanol, el isobutanol, el acetato de isoamilo y el butanol.

Un segundo grupo está conformado por sustancias que también están concentradas al principio de la destilación y reducen su concentración, sin desaparecer, lo que es típico de las sustancias volátiles o ligeras, conformado por: Acetaldehído, formiato de etilo, acetato de etilo, metanol, propanol y el isoteramilo.

Un tercer grupo es el de componentes pesados que tienen una concentración baja al inicio de la destilación incrementándose a medida que se desarrolla hasta el final de la destilación, está conformado por: acidez volátil y furfural. El agua pertenece a este y último grupo.

Un comportamiento singular y diferente a los mencionados antes es el del formiato de etilo, que tiene una concentración mayor al inicio de la destilación, luego decrece hasta hacerse cero y a partir la mitad de la destilación aparece nuevamente aumentando su concentración hasta el final.

En el caso de la poza, que es el destilado acumulado, se observan comportamientos similares a los descritos para el caso de la caída:

Un primer grupo de componentes que se presentan al inicio del destilado y disminuyen su concentración y luego desaparecen, como son: El formiato de etilo, isopropanol y el acetato de isoamilo.

Un segundo grupo está conformado por sustancias que también están concentradas al principio de la destilación y reducen su concentración, sin desaparecer, lo que es típico de las sustancias volátiles o ligeras, conformado por: Acetaldehído, acetato de etilo, metanol, propanol, isobutanol, el butanol y el isoteramilo.

El tercer grupo es el de componentes pesados que tienen una concentración baja al inicio de la destilación incrementándose a medida que se desarrolla hasta el final de la

destilación, está conformado por: acidez volátil y furfural. El agua pertenece a éste último grupo.

Cuadro 3.3-2 Análisis de las muestras tomadas al acumulado en la poza

Parámetro	unidades	Resultados			
		P-01	P-02	P-03	P-04
Acetaldehido	mg/kg	39,79	27,2	23,75	23,19
Formiato de Etilo	mg/kg	18,82	12,84	14,95	6,19
Acetato de Etilo	mg/kg	1554,43	1097,7	857,39	669,54
Metanol	mg/kg	310,07	303,11	304,87	299,48
Isopropanol	mg/kg	5,24	2,81	3,21	3,42
Propanol	mg/kg	119,83	116,13	112,02	111,44
Isobutanol	mg/kg	698,6	634,27	571,13	498,97
Acetato de Isoamilo	mg/kg	29,73	17,69	11,88	9,61
1-Butanol	mg/kg	10,59	11,9	8,87	9,15
Isoteramilico	mg/kg	2546,24	2298,28	2072,71	1843,19
AcidezVolátil	mg/kg	697,32	819,2	881,32	1095,34
Furfural	mg/kg	2,39	11,79	3,64	4,15

Parámetro	unidades	Resultados			
		P-05	P-06	P-07	P-08
Acetaldehido	mg/kg	19,35	15,93	14,47	15,72
Formiato de Etilo	mg/kg	3,2	5,64	1,84	3,49
Acetato de Etilo	mg/kg	526,73	490,16	460,74	399,03
Metanol	mg/kg	283	281,48	291,05	279,16
Isopropanol	mg/kg	0	0	0	0
Propanol	mg/kg	93,42	90,2	87,59	79,43
Isobutanol	mg/kg	433,54	397,63	372,88	321,07
Acetato de Isoamilo	mg/kg	8,25	5,74	7,28	5,34
1-Butanol	mg/kg	8,1	7,41	7,29	6,44
Isoteramilico	mg/kg	1586,55	1467,14	1378,61	1189,76
AcidezVolátil	mg/kg	889,33	1023,84	1077,37	1213,7
Furfural	mg/kg	6,11	6,26	6,87	8,94

Parámetro	unidades	Resultados			
		P-09	P-10	P-11	P-12
Acetaldehido	mg/kg	5,74	13,61	14,63	14,36
Formiato de Etilo	mg/kg	4,68	7,54	0	0
Acetato de Etilo	mg/kg	345,45	332,36	285,51	284,65
Metanol	mg/kg	267,52	263,18	248,11	248,62
Isopropanol	mg/kg	0	2,84	0	0
Propanol	mg/kg	72,03	66,69	60,39	59,58
Isobutanol	mg/kg	275,07	253,22	227,47	219,63
Acetato de Isoamilo	mg/kg	4,13	0	0	0
1-Butanol	mg/kg	5,69	5,66	4,48	5,36
Isoteramilico	mg/kg	1011,24	930,69	830,87	815,48
AcidezVolátil	mg/kg	1366,47	1587,32	1517,06	1687,68
Furfural	mg/kg	11,17	12,85	14,41	15,18

Fuente: Laboratorio de Enología del CITEVid

CAPÍTULO IV

TRATAMIENTO DE DATOS

4.1 SELECCIÓN DEL TIPO DE EQUIPO

Los equipos en los que se hacen las pruebas son: alambique con calienta vinos E1, falca E2 y una columna continua de platos E3. Los destilados obtenidos de cada tipo de equipo son sometidos a análisis químico, seguida de un análisis estadístico de dichos valores. El análisis estadístico se muestra en el cuadro 4.1-2

4.1.1 Análisis Físico Químico.

El análisis físico químico de las muestras del presente trabajo se realizó en el laboratorio de Enología del CiteVid, mediante el cual se determina la composición de componentes volátiles y el cumplimiento de la Norma Técnica del Pisco 211.001-2066. Los resultados se muestran en el Cuadro 4.1-1

Cuadro 4.1-1 Análisis Físico Químico de la destilación en equipos diferentes.

Parámetro	Unidades	REQUISITOS NTP 211.001- 2006	E1 Alambique	E2 Falca	E3 Columna
Grado Alcohólico	%Vol. (GL)	38.0 – 48.0	41.7	42.1	42.8
Extracto seco a 100°C	g/l	Hasta 0.6	0.2	0.1	0.1
Acidez Volátil	mg/100 ml A.A	Hasta 200	178.2	141.6	160
Esteres	mg/100 ml A.A	10.0 – 280.0	73.2	73.8	43.5
Aldehídos	mg/100 ml A.A	3.0 – 60.0	3.2	3.8	0
Furfural	mg/100 ml A.A	Hasta 5	4.3	4.6	1.8
Alcoholes Superiores	mg/100 ml A.A	60.0 – 350.0	319	328.8	289.3
Alcohol Metílico	mg/100 ml A.A	4.0 – 100.0	36.3	34.4	33

Fuente: Laboratorio de Enología del CITEVID - Informe de Ensayo 080, 081 y 082

Cuadro 4.1-2 Análisis de varianza de la destilación en equipos diferentes

Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo						
RESUMEN	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Fila 1	3	126.6	42.2	0.31		
Fila 2	3	0.4	0.13333333	0.00333333		
Fila 3	3	779.8	259.933333	334.893333		
Fila 4	3	190.5	63.5	300.09		
Fila 5	3	7	2.33333333	4.17333333		
Fila 6	3	10.7	3.56666667	2.36333333		
Fila 7	3	937.1	312.366667	423.063333		
Fila 8	3	103.7	34.5666667	2.74333333		
Columna 1	8	756.1	94.5125	16591.2755		
Columna 2	8	729.2	91.15	15493.0343		
Columna 3	8	670.5	83.8125	14273.507		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Filas	322848.465	7	46121.2093	389.854162	6.0368E-15	2.76419926
Columnas	479.0275	2	239.51375	2.024566	0.16892814	3.73889183
Error	1656.2525	14	118.30375			
Total	324983.745	23				

Fuente: Elaboración propia.

En el análisis de varianza se plantea la Hipótesis Nula $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$. Donde μ_i representa la media de los por tipo de equipo. La Hipótesis Nula H_0 , implica que todas las medias son iguales y por lo tanto no existirían diferencias significativas, de los resultados por el tipo de equipo. Como hipótesis alternativa se plantea H_1 : al menos dos μ no son iguales, lo que demostraría la influencia de alguno de los equipos. En la toma de decisiones para el análisis de varianza, resulta que F calculado (389.85) es bastante mayor que el valor crítico para F (2.76) en las Filas, lo que indica que se rechaza la hipótesis nula, implicando que con un nivel de significancia de 0,05 existen diferencias en las concentraciones de los componentes volátiles debido al tipo de equipo utilizado.

4.1.2 Evaluación organoléptica.

El análisis sensorial se hace mediante un equipo de catadores, integrantes de la Cofradía Nacional de Catadores, pues, el instrumento del análisis sensorial es el equipo de jueces. Cuanto mejor sea ese equipo, cuanto mejor sea seleccionado y entrenado, mayor será la precisión y exactitud de los resultados. ^[11] El equipo de jueces convocados para esta tarea tiene una amplia experiencia en la cata de pisco y han participado como

jueces en los concursos de Pisco regionales y nacionales. El equipo de jueces se muestra en el Cuadro 4.1-3.

Las muestras codificadas son analizadas por el equipo de jueces, quienes las califican en una ficha de cata de la Organización Internacional de la Viña y el Vino OIV, de acuerdo a las reglas de este organismo. La ficha contiene la calificación en cuatro aspectos: visual, olfativo, gustativo y global. Los puntajes máximos que corresponden a cada evaluación son: visual 10, olfativo 30, gustativo 40 y global 20; dando un puntaje total máximo de 100 puntos. Cada aspecto a su vez se divide en descriptores de tipicidad, calidad, intensidad, etc. Una muestra de la ficha se observa en la figura 4.1-1.

Figura 4.1-1 Ficha de cata de la Organización Internacional de la Viña y el Vino – OIV

MUESTRA N°		EVALUACIÓN ORGANOLEPTICA					CATEGORÍA (X)		
Fecha: 22/02/2012		+ EXCELENTE				- INSUFICIENTE	Quebranta		
EVALUACION							DESCRIPTOR		
VISUAL	LIMPIEZ	5	(4)	3	2	1	Negra Criolla		
	COLOR (PROPIEDADES VISIBLES SIN TOMAR EN CUENTA LA LIMPIEZ)	5	(4)	3	2	1	Mollar		
OLFATIVO	TIPICIDAD	6	(5)	4	3	2	Uvina		
	CALIDAD	15	(13)	11	9	7	Italia		
	INTENSIDAD POSITIVA	9	(7)	5	3	1	Torontel		
GUSTATIVO	TIPICIDAD	8	(7)	6	5	4	Moscatel		
	CALIDAD	20	(18)	14	10	6	Albilla		
	PERSISTENCIA ARMONIOSA	12	(10)	8	6	4	Acholado		
ARMONIA - JUICIO GLOBAL		20	(18)	14	10	6	Mosto Verde (NA)		
TOTAL		100	86	68	50	32	Mosto Verde (A)		
REVISADO		REVISADO	V°B° COMITE			PUNTAJE OBTENIDO SOBRE 100			
Observaciones :									

Las muestras son evaluadas luego de seis meses de reposo, considerado un tiempo adecuado, por que el pisco recién destilado presenta características que pueden

ser confundidas con defecto, en cambio a mayor tiempo de reposo (más de un año), las diferencias se minimizan. Los resultados de la evaluación organoléptica para los tres equipos de destilación se muestran en el Cuadro 4.1-4.

Cuadro 4.1-3 Equipo de Jueces, integrantes de la Cofradía Nacional de Catadores

CATADOR	CODIGO
Jesús Sulca Ochante	1
Alejandro Orellana M.	2
Juan Mendiola H.	3
José A. Donayre Ríos	4
Oswaldo Hernández P.	5

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4.1-4 Resultado del Análisis sensorial, para muestras destiladas en equipos diferentes.

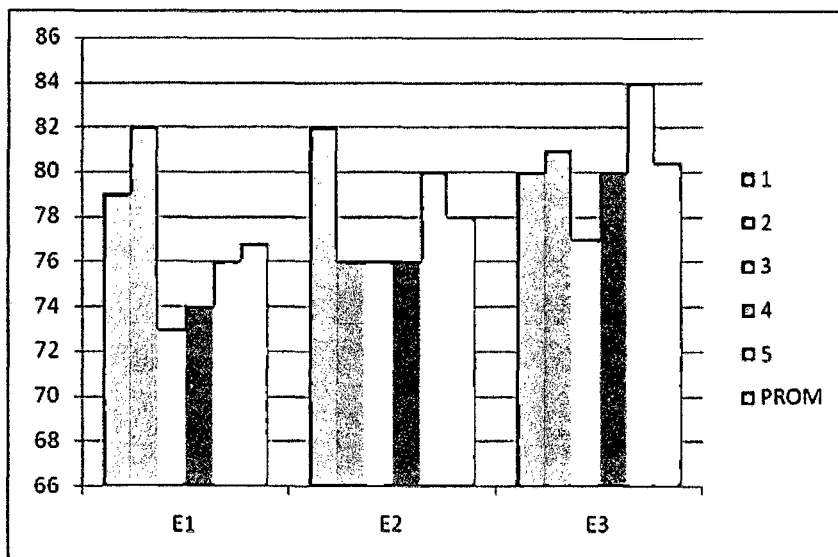
Juez	E1 ALAMBIQUE					E2 FALCA				
	Visual	Olfativo	Gustativo	Global	Total	Visual	Olfativo	Gustativo	Global	Total
1	10	22	29	18	79	10	23	31	18	82
2	10	22	32	18	82	10	20	32	14	76
3	10	20	29	14	73	10	21	31	14	76
4	10	21	29	14	74	10	23	29	14	76
5	10	23	29	14	76	10	23	33	14	80
E3 COLUMNA										
Juez	Visual	Olfativo	Gustativo	Global	Total					
1	10	23	29	18	80					
2	10	25	28	18	81					
3	10	20	33	14	77					
4	10	23	29	18	80					
5	10	23	33	18	84					
TOTALES										
JUECES	E1	E2	E3							
1	79	82	80							
2	82	76	81							
3	73	76	77							
4	74	76	80							
5	76	80	84							
PROM	76.8	78	80.4							

Fuente: Elaboración propia.

El análisis sensorial muestra que el equipo E3 (columna de destilación continua) es el que obtiene el mayor puntaje 80.40 puntos, entendiéndose que, según la apreciación de los jueces, es el de mejores características organolépticas. En un segundo

lugar la Falca E2 obtiene la segunda calificación con 78 puntos y en tercer lugar queda el alambique con caliente vinos E1. Las calificaciones de cada juez son coincidentes al promedio (PROM), conforme se aprecia en el gráfico 4.1-1.

Gráfico 4.1-1 Análisis sensorial - Destilación en equipos diferentes



Cuadro 4.1-5 Análisis de varianza del análisis sensorial - Destilación en equipos diferentes

Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo						
RESUMEN	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
1	3	241	80.33333	2.3333		
2	3	239	79.66667	10.333		
3	3	226	75.33333	4.3333		
4	3	230	76.66667	9.3333		
5	3	240	80	16		
E1	5	384	76.8	13.7		
E2	5	390	78	8		
E3	5	402	80.4	6.3		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Filas	60.93	4	15.23333	2.3864	0.137	3.8379
Columnas	33.6	2	16.8	2.6319	0.132	4.459
Error	51.07	8	6.383333			
Total	145.6	14				

Fuente: Elaboración propia.

En el análisis de varianza del análisis sensorial de la destilación en equipos diferentes se plantea como Hipótesis Nula $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$. Es decir que todas las medias

son iguales. Como hipótesis alternativa se plantea H1: al menos dos μ no son iguales, lo que demostraría la variabilidad en la calificación de los jueces debido al azar.

En la toma de decisiones para el análisis de varianza, resulta que F calculado (2.38) es menor que el valor crítico para F (3.83) en las Filas, lo que indica que se acepta la hipótesis nula, implicando que no existen diferencias significativas en las calificaciones de los jueces, con un nivel de significancia de 0,05.

4.2 OPTIMIZACIÓN DE LA VELOCIDAD DE HERVIDO.

En esta prueba se trata de establecer la influencia de la velocidad de hervido en la calidad del destilado. Las muestras de destilado obtenidas para cada velocidad se someten a un análisis físico Químico en el laboratorio del Citevid, para evaluar el cumplimiento de la Norma Técnica del Pisco 211.001-2066 y se realiza una evaluación organoléptica, con los mismos jueces y procedimiento explicado en la prueba anterior.

Los resultados del Análisis Físico Químico se muestran en el cuadro 4.2.1. Se observa en todas las muestras el cumplimiento de la Norma Técnica del Pisco 211.001.

Cuadro 4.2-1 Análisis Físico Químico de la destilación a diferentes velocidades:

Parámetro	Unidades	REQUISITOS NTP 211.001	F11 300 – 350 ml/min	F12 250 - 300 ml/min	F13 200 - 250 ml/min	F14 150 - 200 ml/min
Grado Alcohólico	%Vol. (GL)	38.0 – 48.0	41.7	42	42	40.9
Extracto seco a 100°C	g/l	Hasta 0.6	0.1	0.1	0.1	0.1
Acidez Volátil	mg/100 ml A.A	Hasta 200	153.5	162.6	164	177.2
Esteres	mg/100 ml A.A	10.0 – 280.0	30.2	40.4	40.4	36.7
Aldehídos	mg/100 ml A.A	3.0 – 60.0	2.6	3.5	3.4	2.8
Furfural	mg/100 ml A.A	Hasta 5	2	3.3	4.7	3.7
Alcoholes Superiores	mg/100 ml A.A	60.0 – 350.0	212.3	238.7	245.1	247.1
Alcohol Metílico	mg/100 ml A.A	4.0 – 100.0	28.9	33.8	34.1	38.2

Fuente: Laboratorio de Enología del CITEVid

Cuadro 4.2-2 Análisis de varianza de la evaluación Físico Química de la destilación a diferentes velocidades:

Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo

<i>RESUMEN</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>		
47.7	3	124.9	41.6333333	0.40333333		
0.1	3	0.3	0.1	2.8889E-34		
153.5	3	503.8	167.933333	64.8933333		
30.2	3	117.5	39.1666667	4.56333333		
2.6	3	9.7	3.23333333	0.14333333		
2	3	11.7	3.9	0.52		
212.3	3	730.9	243.633333	19.2533333		
28.9	3	106.1	35.3666667	6.04333333		
F12	8	524.4	65.55	7657.68286		
F13	8	533.8	66.725	7992.11929		
F14	8	546.7	68.3375	8514.08839		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Filas	168986.93	7	24140.9899	2108.3286	4.6365E-20	2.76419926
Columnas	31.3358333	2	15.6679167	1.36834143	0.28655668	3.73889183
Error	160.304167	14	11.4502976			
Total	169178.57	23				

Fuente: Elaboración propia

En el análisis de varianza del análisis Físico químico de los destilados a diferentes velocidades, se parte de la Hipótesis Nula $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$. Es decir que todas las medias son iguales, esto indicaría que no hay influencia de las diferentes velocidades probadas. Como hipótesis alternativa se plantea H_1 : al menos dos μ no son iguales, lo que demostraría la influencia de algunas de las velocidades.

En la toma de decisiones para el análisis de varianza, resulta que F calculado (2108.32) es bastante mayor que el valor crítico para F (2.76) en las Filas; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula, implicando que existen diferencias en las concentraciones de los componentes volátiles debido a las velocidades de hervido, con un nivel de significancia de 0,05.

Cuadro 4.2-3 Análisis sensorial de la destilación a diferentes velocidades:

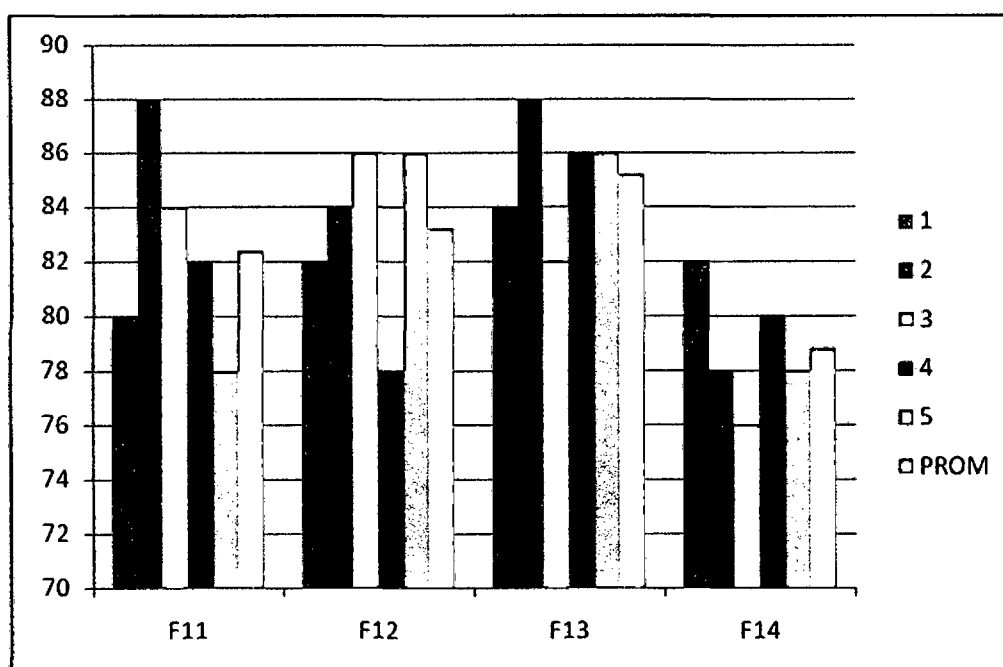
JUECES	F11					F12				
	Visual	Olfativo	Gustativo	Global	Total	Visual	Olfativo	Gustativo	Global	Total
1	10	23	29	18	80	10	23	31	18	82
2	10	25	35	18	88	10	25	35	14	84
3	10	25	35	14	84	10	23	35	18	86
4	10	23	31	18	82	10	21	33	14	78
5	10	25	29	14	78	10	23	35	18	86

JUECES	F13					F14				
	Visual	Olfativo	Gustativo	Global	Total	Visual	Olfativo	Gustativo	Global	Total
1	10	23	33	18	84	10	23	31	18	82
2	10	25	35	18	88	10	20	30	18	78
3	10	23	31	18	82	10	21	31	14	76
4	10	25	33	18	86	10	23	33	14	80
5	10	23	35	18	86	10	21	33	14	78

JUECES	TOTALES			
	F11	F12	F13	F14
1	80	82	84	82
2	88	84	88	78
3	84	86	82	76
4	82	78	86	80
5	78	86	86	78
PROM	82.4	83.2	85.2	78.8

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.2-1 Análisis sensorial de la destilación a diferentes velocidades:



Cuadro 4.2-4 Análisis de varianza del Análisis sensorial de la destilación a diferentes velocidades:

Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo

RESUMEN	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
1	4	328	82	2.667		
2	4	338	84.5	22.33		
3	4	328	82	18.67		
4	4	326	81.5	11.67		
5	4	328	82	21.33		
F11	5	412	82.4	14.8		
F12	5	416	83.2	11.2		
F13	5	426	85.2	5.2		
F14	5	394	78.8	5.2		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Filas	22.8	4	5.7	0.557	0.698	3.2592
Columnas	107.2	3	35.73333	3.492	0.05	3.4903
Error	122.8	12	10.23333			
Total	252.8	19				

Fuente: Elaboración propia

Se plantea la Hipótesis Nula $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$. Es decir que todas las medias son iguales. Como hipótesis alternativa se plantea H_1 : al menos dos μ no son iguales, lo que demostraría la variabilidad en la calificación de los jueces debido al azar.

En la toma de decisiones para el análisis de varianza, resulta que F calculado (0.557) es menor que el valor crítico para F (3.26) en las Filas, lo que indica que se acepta la hipótesis nula, implicando que con un nivel de significancia de 0.05, no existen diferencias significativas en las calificaciones de los jueces.

4.3. MODELAMIENTO MATEMÁTICO DE LA CONCENTRACIÓN DE LOS COMPONENTES VOLÁTILES.

De un lote seleccionado se toman 500 ml de muestra a cada hora de destilación, tanto de la caída como de la poza (destilado acumulado). Por análisis se determina la concentración de cada uno de los componentes volátiles en la salida del equipo de destilación, al que se denomina CAÍDA REAL. Dichos valores se correlacionan en función

al tiempo de destilado (horas), usando técnicas estadísticas. Se selecciona la ecuación de Regresión que mejor se adapta a cada caso, usando como criterio de selección el coeficiente de correlación de Pearson (R), que es un índice para medir el grado de relación de dos variables, eligiendo aquella ecuación o modelo que tenga el mayor valor de R y que esté próximo a 1.

El modelo matemático seleccionado en cada caso, representa la función de concentración del destilado en la caída en términos del tiempo, al que se denomina CAÍDA ESTIMADO, que luego es integrada usando la ecuación de balance de materia, desarrollada en la sección 4.5. Así se obtiene la ecuación de concentración de cada componente en el destilado acumulado, POZA ESTIMADO, valor que se compara con los resultados reales, obtenidos por análisis del destilado acumulado (POZA REAL). La coincidencia de los valores ESTIMADO y REAL visualizado en la superposición de las líneas en los gráficos, será una confirmación que los procedimientos de correlación son correctos. El mismo procedimiento se aplica a todos los componentes volátiles analizados.

4.3.1 Acetaldehído

La concentración de acetaldehído en mg/kg a la salida del equipo de destilación obtenida por análisis físico químico, se denomina CAÍDA REAL. Estos valores se correlacionan en función al tiempo (horas), probando distintas funciones como son: Lineal, parábola, hipérbola, exponencial, y geométrica. Se selecciona como ecuación de regresión a la ecuación Geométrica por tener el mayor valor de coeficiente de correlación (R=0.949). Las funciones de regresión y los valores de R se muestran en el cuadro 4.3-2.

La ecuación geométrica del modelo ajustado para la concentración de acetaldehído en la caída es:

$$\text{CAÍDA ESTIMADO} = 22.07312 * \Theta^{-0.56603} \quad (1)$$

Con la ecuación (1) se calculan los valores de CAÍDA ESTIMADO. Estos y los de CAÍDA REAL se muestran en el Cuadro 4.3-1 y en el gráfico 4.3-1 se comparan ambos valores. La coincidencia de los valores ESTIMADO y REAL se visualiza por la superposición de las líneas.

Cuadro 4.3-1 Concentración de acetaldehído en la caída.

TIEMPO (horas)	CAÍDA REAL (mg/kg)	CAÍDA ESTIMADO (mg/kg)
0	56,74	56,74
1	25,84	22,07312
2	15,13	14,90982
3	10,34	11,85222
4	10,19	10,07119
5	7,81	8,876198
6	7,19	8,005863
7	7,52	7,33693
8	5,78	6,802825
9	6,54	6,364078
10	5,62	5,995639
11	5,8	5,680755
12	7,62	5,40775

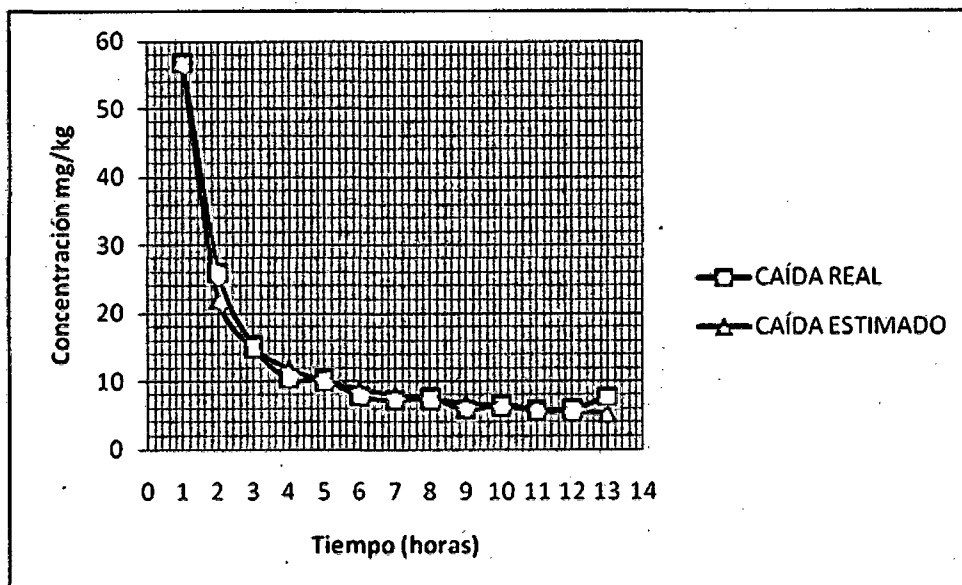
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.3-2 Funciones de regresión y coeficientes de correlación.

	FUNCION DE REGRESIÓN	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN R
1	RECTA $Y = A + BX$	0,41913
2	PARÁBOLA $Y = A + BX^2$	0,256321
3	PARÁBOLA $Y = A + BX + CX^2$	0,796412
4	HIPÉRBOLA $1/Y = A + BX$	0,69935
5	EXPONENCIAL $\ln Y = A + BX$	0,64392
6	GEOMÉTRICA $\ln Y = \ln A + B \ln X$	0,94907

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.3-1 Concentración de acetaldehído en la caída, comparación del valor real y estimado.



La ecuación (1) se integra con el balance de materia, procedimiento descrito en la sección 4.5, mediante el cual se obtiene la función de la concentración del acetaldehído en el destilado acumulado (POZA ESTIMADO). La ecuación resultante es:

$$\text{POZA ESTIMADO} = 22.07312 \cdot \Theta^{(-0.56603+1)} / (\Theta (-0.56603+1)) \quad (2)$$

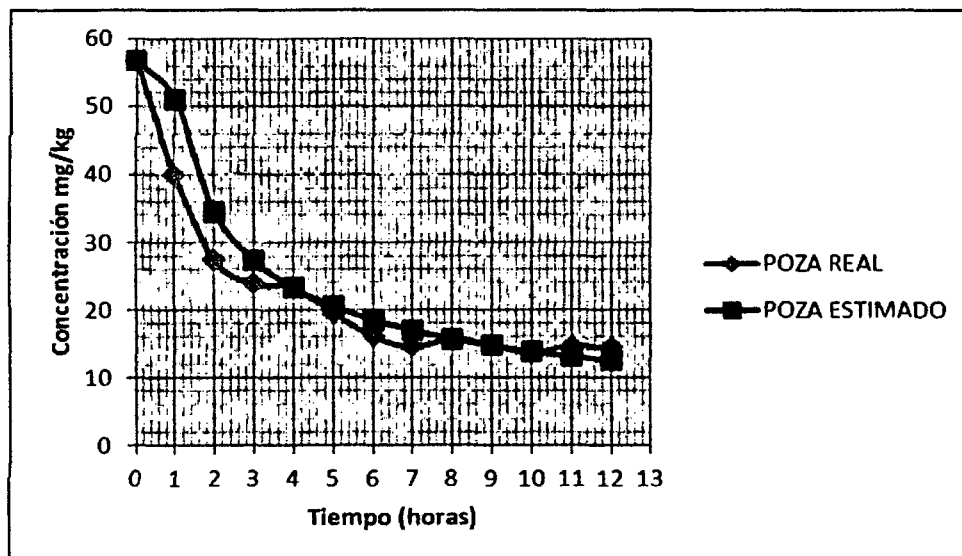
Los valores de concentración estimada, obtenidos con la ecuación (2) se comparan con los valores reales, POZA REAL. La comparación se muestra en el cuadro 4.3-3 y en el gráfico 4.3-2.

Cuadro 4.3-3 Concentración de acetaldehído en la Poza. Valor real y estimado.

TIEMPO (horas)	POZA REAL (mg/kg)	POZA ESTIMADO (mg/kg)
0	56,74	56,74
1	39,79	50,86304
2	27,2	34,35665
3	23,75	27,31104
4	23,19	23,20702
5	19,35	20,4534
6	15,93	18,44789
7	14,47	16,90647
8	15,72	15,67573
9	14,74	14,66473
10	13,61	13,81574
11	14,63	13,09015
12	14,36	12,46107

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.3-2 Concentración de acetaldehído en la Poza. Valor real y estimado.



4.3.2 Formiato de etilo.

La concentración de formiato de etilo en mg/kg a la salida del equipo de destilación obtenida por análisis físico químico, CAÍDA REAL, se correlacionan en función al tiempo (horas), probando distintas funciones. Para el formiato de etilo el modelo que mejor se ajusta es la ecuación cúbica, por tener el mayor valor de coeficiente de correlación ($R=0.770532$). Las funciones de regresión y los valores de R se muestran en el cuadro 4.3-5.

Cuadro 4.3-4 Concentración de formiato de etilo en la caída.

TIEMPO (horas)	CAÍDA REAL (mg/kg)	CAÍDA ESTIMADO (mg/kg)
0	42,44	34,35415
1	10,3	18,99492
2	4,47	8,441462
3	0,05	1,981699
4	0,05	-1,09646
5	0,05	-1,505099
6	7,21	0,043695
7	7,15	2,837837
8	3,95	6,16524
9	8,39	9,313819
10	5,3	11,57149
11	7,55	12,22616
12	16,99	10,56575

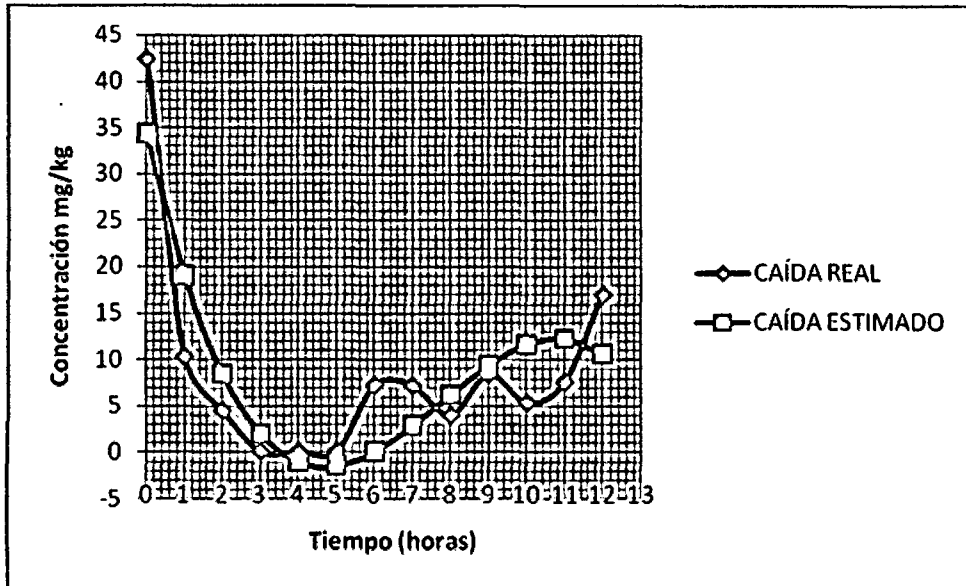
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.3-5 Funciones de regresión y coeficientes de correlación.

.	FUNCION	R
1	RECTA $Y = A + BX$	0,235649
2	PARÁBOLA $Y = A + BX^2$	0,001277
3	PARÁBOLA $Y = A + BX + CX^2$	0,576480
4	CÚBICA $Y = A + BX + CX^2 + DX^3$	0,770532
5	HIPÉRBOLA $1/Y = A + BX$	0,419262
6	EXPONENCIAL $\ln Y = A + BX$	0,450956
7	GEOMÉTRICA $\ln Y = \ln A + B \ln X$	0,249255

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.3-3 Concentración de formiato de etilo en la caída. Valor real y estimado.



La ecuación cúbica del modelo ajustado para la concentración de formiato de etilo en la caída es:

$$\text{CAÍDA ESTIMADO} = 34.3557 - 18.0001 \cdot \Theta + 2.75904 \cdot \Theta^2 - 0.118687 \cdot \Theta^3 \quad (3)$$

La ecuación (3) se integra con la ecuación de balance de materia. La ecuación del modelo integrado para el destilado acumulado (POZA ESTIMADO) es:

$$\text{POZA ESTIMADO} = 34.3557 - 18.00 \cdot \Theta / 2 + 2.759 \cdot \Theta^2 / 3 - 0.1186 \cdot \Theta^3 / 4 \quad (4)$$

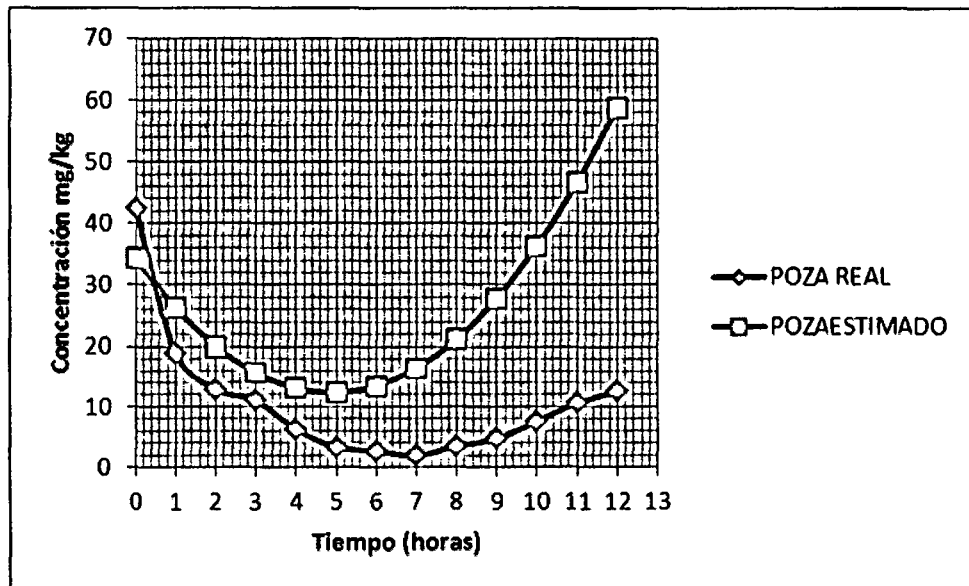
Los valores de concentración estimada, obtenidos con la ecuación (4) se comparan con los valores reales, POZA REAL. La comparación se muestra en el cuadro 4.3-6 y en el gráfico 4.3-4. La superposición de las líneas en los gráficos, confirma que los procedimientos de correlación son correctos.

Cuadro 4.3-6 Concentración de formiato de etilo en la Poza. Valor real y estimado.

TIEMPO (horas)	POZA REAL (mg/kg)	POZA ESTIMADO (mg/kg)
0	42,44	34,35528
1	18,82	26,27491
2	12,84	20,0339
3	10,95	15,63225
4	6,19	13,06996
5	3,2	12,34703
6	2,64	13,46346
7	1,84	16,41925
8	3,49	21,2144
9	4,68	27,84891
10	7,54	36,32278
11	10,52	46,63601
12	12,56	58,7886

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.3-4 Concentración de formiato de etilo en la Poza. Valor real y estimado.



4.3.3 Acetato de etilo.

La data de concentración de acetato de etilo en mg/kg, CAÍDA REAL, se correlaciona en función al tiempo (horas), probando distintas funciones. Para el acetato de etilo el modelo que mejor se ajusta es la ecuación exponencial, por tener el mayor valor de coeficiente de correlación ($R= 0,94939$). Las funciones de regresión se muestran en el cuadro 4.3-8.

Cuadro 4.3-7 Concentración de acetato de etilo en la caída.

TIEMPO (horas)	CAÍDA REAL (mg/kg)	CAÍDA ESTIMADO (mg/kg)
0	3559,42	3541,018
1	734	863,1351
2	361,14	210,3921
3	272,78	51,28378
4	207,5	12,50059
5	195,91	3,047062
6	217,05	0,742732
7	195,65	0,181043
8	101,03	0,04413
9	129,33	0,010757
10	78,88	0,002622
11	56,33	0,000639
12	71,01	0,000156

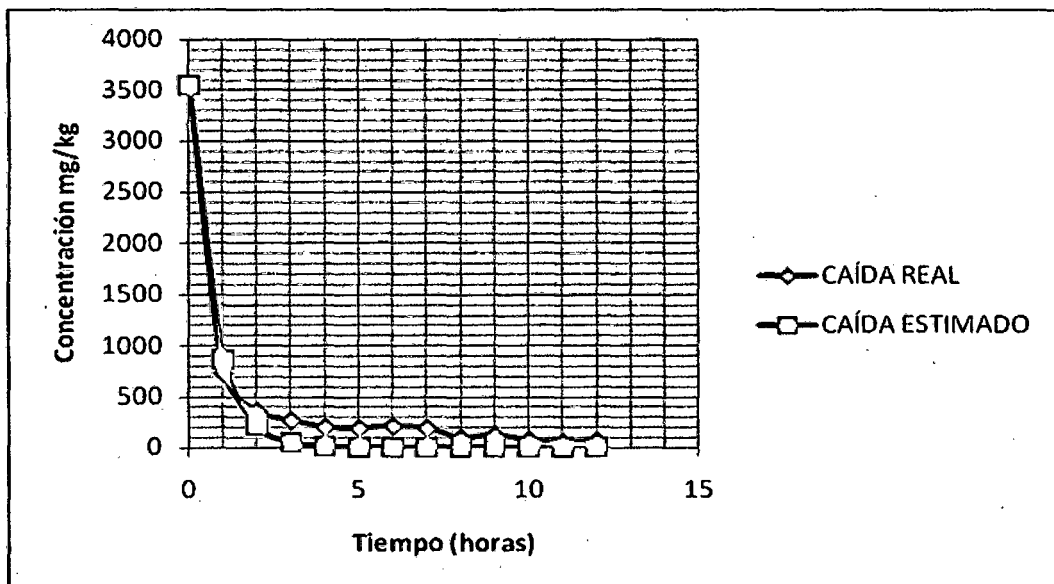
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.3-8 Funciones de regresión y coeficientes de correlación.

	FUNCION	R
1	RECTA $Y = A + BX$	0,591709
2	PARÁBOLA $Y = A + BX^2$	0,186183
3	PARÁBOLA $Y = A + BX + CX^2$	0,621730
4	HIPÉRBOLA $1/Y = A + BX$	0,913256
5	EXPONENCIAL $\ln Y = A + BX$	0,949390
6	GEOMÉTRICA $\ln Y = \ln A + B \ln X$	0,946376

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.3-5 concentración de acetato de etilo en la Caída. Valor real y estimado.



La ecuación (5) es el modelo ajustado para la caída es:

$$\text{CAÍDA ESTIMADO} = 3541.018 * 0.243753^{\Theta} \quad (5)$$

La ecuación (6) corresponde al modelo integrado para el destilado acumulado, poza, y con ella se calcula el valor de la concentración del acetato de etilo en el destilado acumulado, poza.

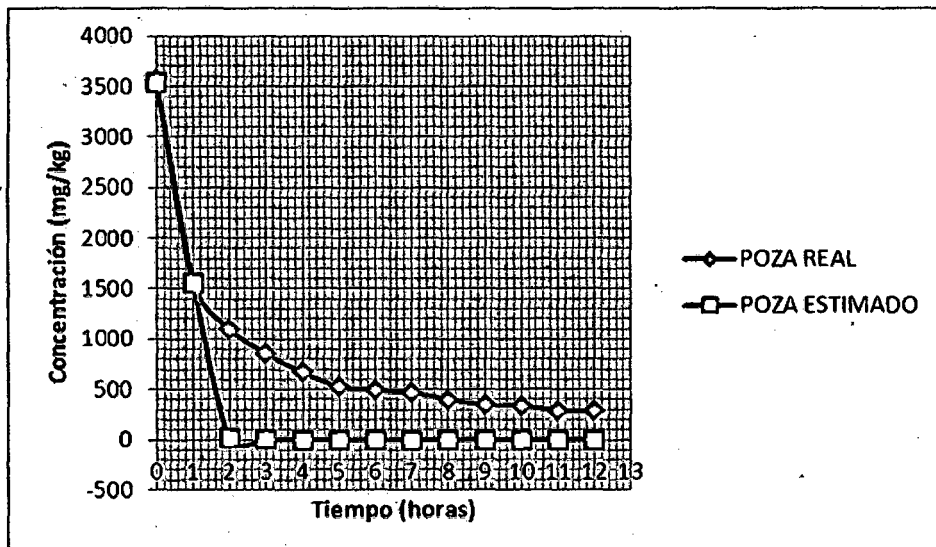
$$\text{POZA ESTIMADO} = 3541.018 * 0.243753^{\Theta} / (\Theta * \text{LN}(0.243753)) \quad (6)$$

Cuadro 4.3-9 Concentración de acetato de etilo en la poza. Valor real y estimado.

TIEMPO (horas)	POZA REAL (mg/kg)	POZA ESTIMADO (mg/kg)
0	3559,42	3541,018
1	1554,43	1554,43
2	1097,7	12,86432
3	857,39	2,326155
4	669,54	0,446388
5	526,73	0,090231
6	490,16	0,019025
7	460,74	0,004127
8	399,03	0,00089
9	345,45	0,000195
10	332,36	4,38E-05
11	285,51	9,94E-06
12	284,65	2,24E-06

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.3-6 Concentración de acetato de etilo en la poza. Valor real y estimado.



4.3.4 Metanol.

La concentración de metanol en mg/kg a la salida del equipo de destilación obtenida por análisis físico químico, CAÍDA REAL, se correlacionan en función al tiempo (horas), probando distintas funciones. Para el metanol el modelo que mejor se ajusta es la ecuación cúbica, por tener el mayor valor de coeficiente de correlación (R=0.971656). Las funciones de regresión y los valores de R se muestran en el cuadro 4.3-11.

Cuadro 4.3-10 Concentración de metanol en la calda.

TIEMPO (horas)	CAÍDA REAL (mg/kg)	CAÍDA ESTIMADO (mg/kg)
0	367,07	349,502
1	320,7	338,467
2	311,38	326,886
3	316,09	314,536
4	304,05	301,196
5	303,86	286,642
6	272,1	270,653
7	255,33	253,007
8	227,51	233,481
9	217,8	211,853
10	178,98	187,9
11	147,33	161,402
12	145,46	132,134

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.3-11 Funciones de regresión y coeficientes de correlación.

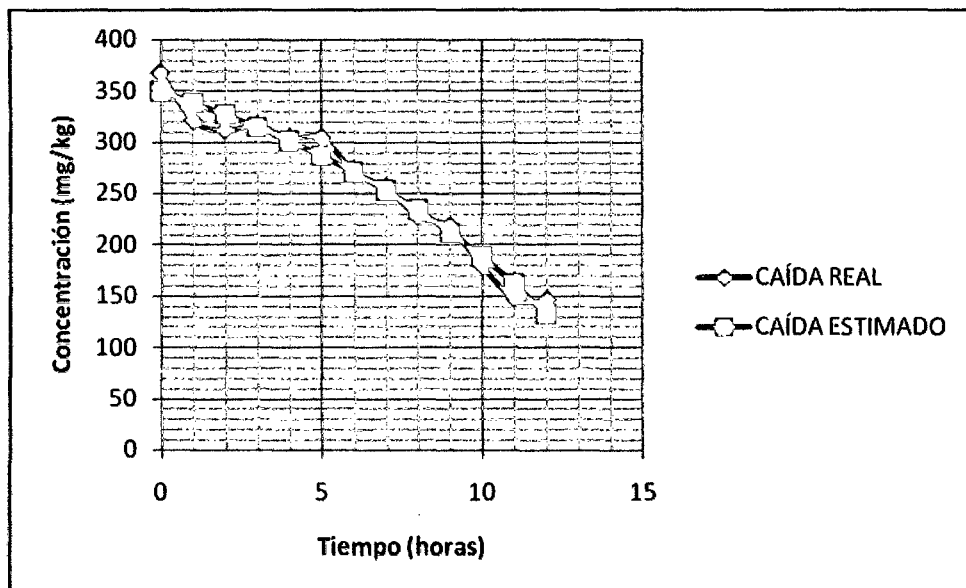
	FUNCION	R
1	RECTA $Y = A + BX$	0,94833
2	PARÁBOLA $Y = A + BX^2$	0,958257
3	PARÁBOLA $Y = A + BX + CX^2$	0,971187
4	CÚBICA $Y = A + BX + CX^2 + DX^3$	0,971656
5	HIPERBOLA $1/Y = A + BX$	0,82514
6	EXPONENCIAL $\ln Y = A + BX$	0,88523
7	GEOMETRICA $\ln Y = \ln A + B \ln X$	0,61565

Fuente: Elaboración propia

La ecuación (7) muestra el resultado del modelo ajustado:

$$\text{CAÍDA ESTIMADO} = 349.50 - 10.836 \cdot \Theta - 0.162 \cdot \Theta^2 - 0.037 \cdot \Theta^3 \quad (7)$$

Gráfico 4.3-7 Concentración de metanol en la Caída. Valor real y estimado.



La ecuación (8) es el modelo integrado de la concentración de metanol en el destilado acumulado, con ella se calcula los valores estimados, POZA ESTIMADO, que son comparados con los valores reales POZA REAL en el cuadro 4.3-12 y en el Gráfico 4.3-8.

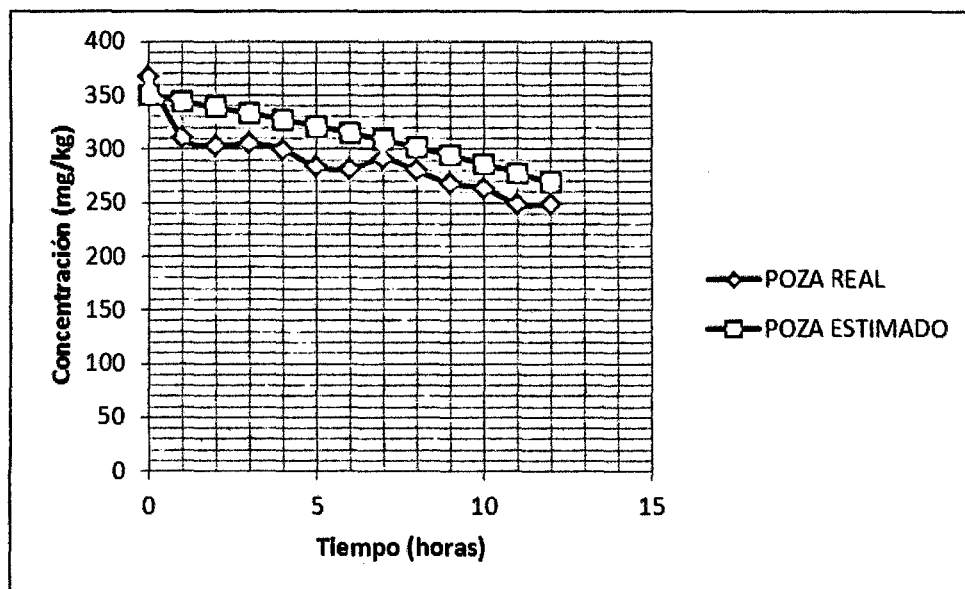
$$POZA \ ESTIMADO = 349.50 - 10.836 * \Theta / 2 - 0.162 * \Theta^2 / 3 - 0.037 * \Theta^3 / 4 \quad (8)$$

Cuadro 4.3-12 Concentración de metanol en la poza.

TIEMPO (horas)	POZA REAL (mg/kg)	POZA ESTIMADO (mg/kg)
0	367,07	349,511
1	310,07	344,083
2	303,11	338,601
3	304,87	333,007
4	299,48	327,247
5	283	321,264
6	281,48	315,003
7	291,05	308,41
8	279,16	301,427
9	267,52	294
10	263,18	286,073
11	248,11	277,59
12	248,62	268,496

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.3-8 Concentración de metanol en la Poza. Valor real y estimado.



4.3.5 Isopropanol

La concentración de isopropanol en mg/kg a la salida, obtenida por análisis físico químico, CAÍDA REAL, se correlaciona en función al tiempo (horas), probando distintas funciones. Para el isopropanol el modelo que mejor se ajusta es la ecuación lineal, por tener el mayor valor de coeficiente de correlación ($R=0,950184899$). Las funciones de regresión y los valores de R se muestran en el cuadro 4.3-14.

Cuadro 4.3-13 Concentración de isopropanol en la caída.

TIEMPO (horas)	CAÍDA REAL (mg/kg)	CAÍDA ESTIMADO (mg/kg)
0	6,65	6,89802198
1	6,09	6,29527473
2	5,33	5,69252747
3	4,7	5,08978022
4	6,39	4,48703297
5	4,27	3,88428571
6	2	3,28153846
7	3,33	2,67879121
8	2,21	2,07604396
9	1,54	1,4732967
10	0,05	0,87054945
11	0,05	0,2678022
12	0,05	-0,33494505

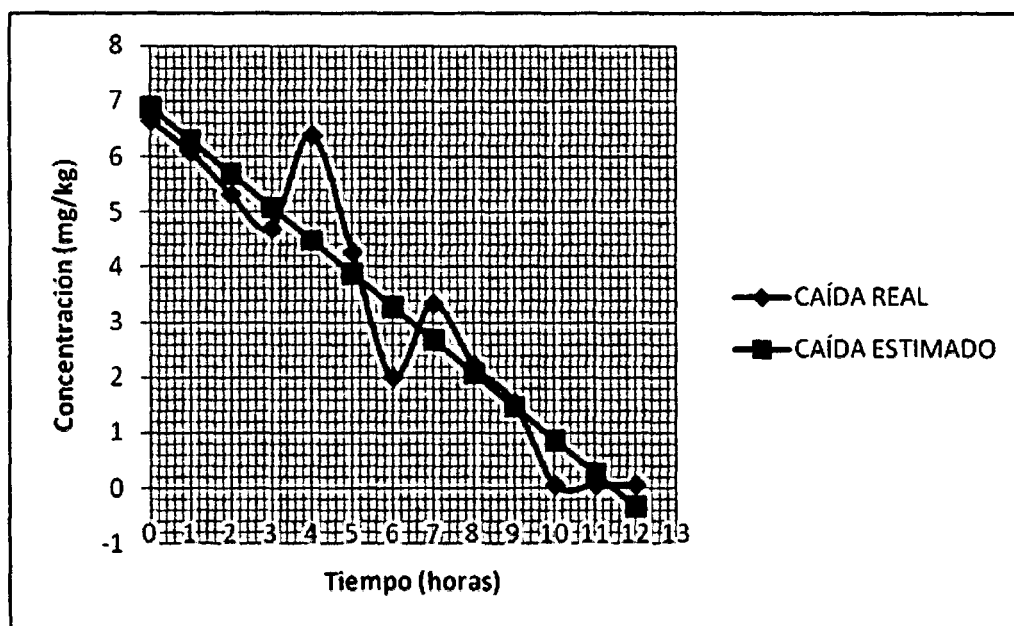
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.3-14 Funciones de regresión y coeficientes de correlación.

	FUNCION	R
1	RECTA $Y = A + BX$	0,950184899
2	PARÁBOLA $Y = A + BX^2$	0,862261
3	PARÁBOLA $Y = A + BX + CX^2$	0,905135
4	HIPÉRBOLA $1/Y = A + BX$	0,76172638
5	EXPONENCIAL $\ln Y = A + BX$	0,860627594
6	GEOMÉTRICA $\ln Y = \ln A + B \ln X$	0,709628129

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.3-9 Concentración de isopropanol en la Caída. Valor real y estimado.



La ecuación (9) muestra el resultado del modelo ajustado para la caída.

$$\text{CAÍDA ESTIMADO} = 6.89802198 - 0.60274725 * \Theta \quad (9)$$

La ecuación (10) es el modelo integrado de la concentración del isopropanol en el destilado acumulado, con ella se calcula los valores estimados, POZA ESTIMADO, que son comparados con los valores reales POZA REAL. Los resultados se muestran en el cuadro 4.3-12 y en el Gráfico 4.3-8.

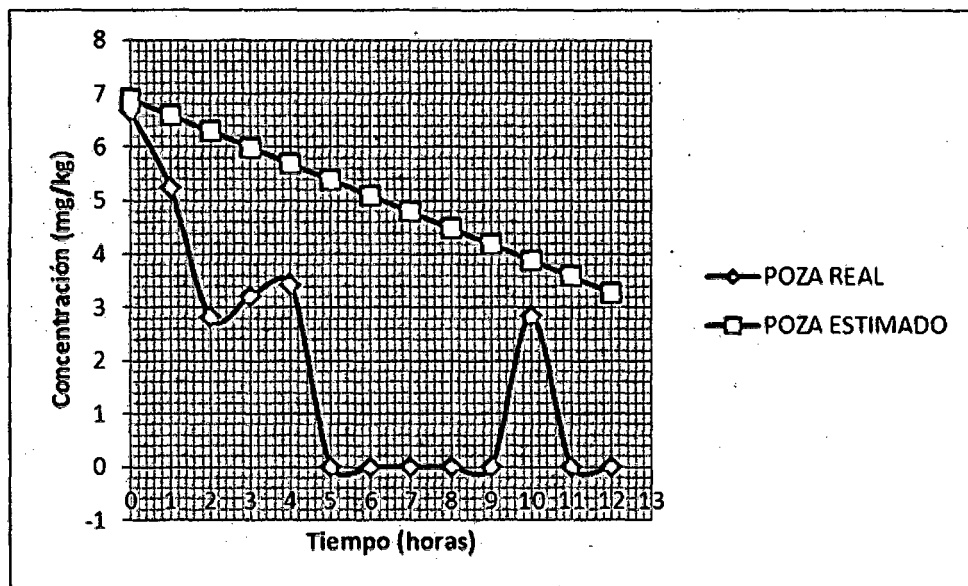
$$\text{POZA ESTIMADO} = 6.89802198 - 0.60274725 * \Theta / 2 \quad (10)$$

Cuadro 4.3-15 Concentración de isopropanol en la Poza. Valor real y estimado.

TIEMPO (horas)	POZA REAL (mg/kg)	POZA ESTIMADO (mg/kg)
0	6,65	6,89802198
1	5,24	6,59664835
2	2,81	6,29527473
3	3,21	5,9939011
4	3,42	5,69252747
5	0	5,39115385
6	0	5,08978022
7	0	4,78840659
8	0	4,48703297
9	0	4,18565934
10	2,84	3,88428571
11	0	3,58291209
12	0	3,28153846

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.3-10 Concentración de isopropanol en la Poza. Valor real y estimado.



4.3.6 Propanol

La concentración de propanol en mg/kg a la salida, obtenida por análisis físico químico, CAÍDA REAL, se correlaciona en función al tiempo (horas), probando distintas funciones. Para el propanol el modelo que mejor se ajusta es la ecuación Parabólica, por tener el mayor valor de coeficiente de correlación ($R=0,950184899$). Las funciones de regresión y los valores de R se muestran en el cuadro 4.3-17.

Cuadro 4.3-16 Concentración de propanol en la caída.

TIEMPO (horas)	CAÍDA REAL (mg/kg)	CAÍDA ESTIMADO (mg/kg)
0	6,65	6,89802198
1	6,09	6,29527473
2	5,33	5,69252747
3	4,7	5,08978022
4	6,39	4,48703297
5	4,27	3,88428571
6	2	3,28153846
7	3,33	2,67879121
8	2,21	2,07604396
9	1,54	1,4732967
10	0,05	0,87054945
11	0,05	0,2678022
12	0,05	-0,33494505

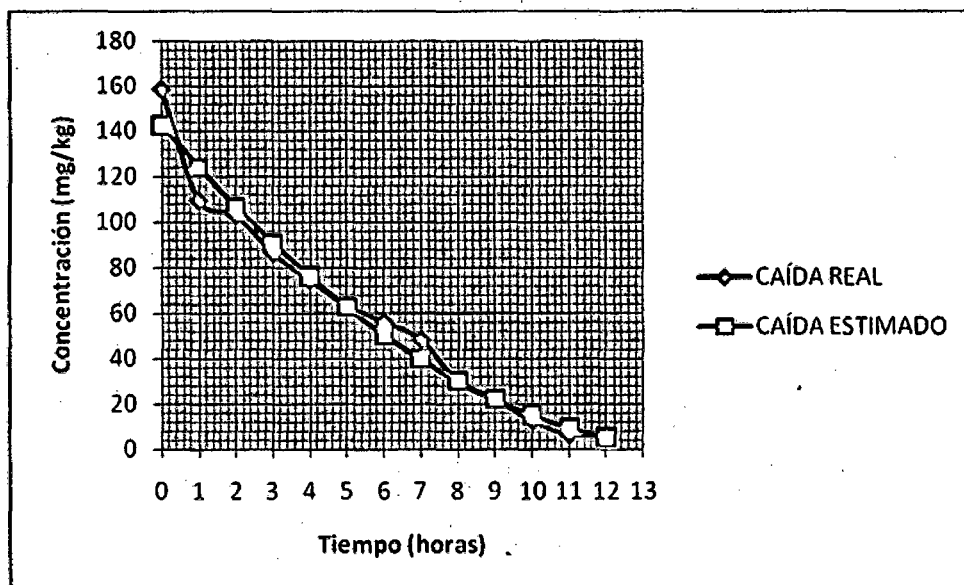
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.3-17 Funciones de regresión y coeficientes de correlación.

	FUNCION	R
1	RECTA $Y = A + BX$	0,9708984
2	PARÁBOLA $Y = A + BX^2$	0,787262
3	PARÁBOLA $Y = A + BX + CX^2$	0,975837
4	HIPÉRBOLA $1/Y = A + BX$	0,82908287
5	EXPONENCIAL $\ln Y = A + BX$	0,95912971
6	GEOMÉTRICA $\ln Y = \ln A + B \ln X$	0,83431256

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.3-11 Concentración de propanol en la Caída. Valor real y estimado -



La ecuación (11) muestra el resultado del modelo ajustado para la caída.

$$\text{CAÍDA ESTIMADO} = 142.76 - 19.297 * \Theta + 0.650262 * \Theta^2 \quad (11)$$

La ecuación (12) es el modelo integrado de la concentración del propanol en el destilado acumulado, Los valores estimados, POZA ESTIMADO comparados con los valores reales POZA REAL se muestran en el cuadro 4.3-18 y en el Gráfico 4.3-12.

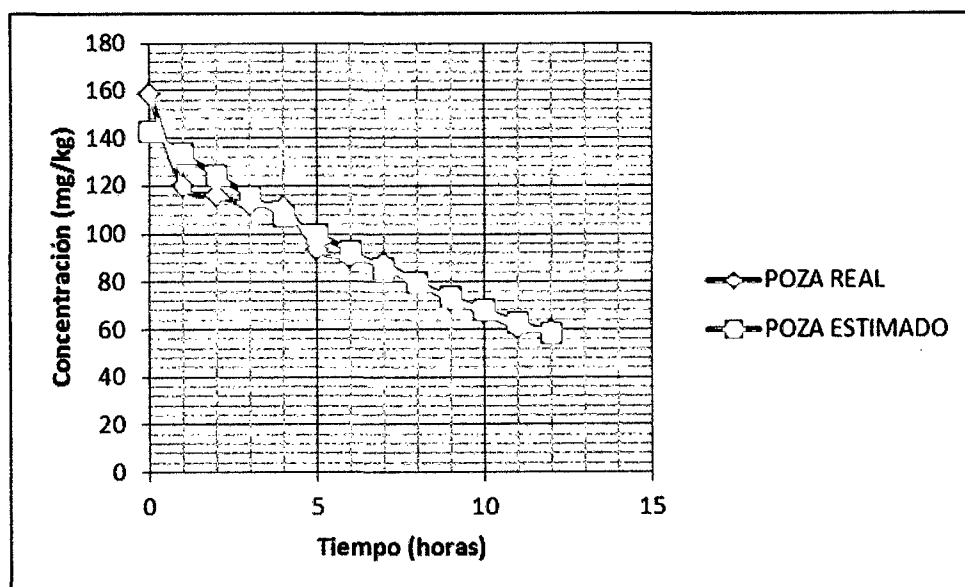
$$\text{POZA ESTIMADO} = 142.76 - 19.297 * \Theta / 2 + 0.650262 * \Theta^2 / 3 \quad (12)$$

Cuadro 4.3-18 Concentración de propanol en la poza. Valor real y estimado.

TIEMPO (horas)	POZA REAL (mg/kg)	POZA ESTIMADO (mg/kg)
0	158,31	142,76
1	119,83	133,328254
2	116,13	124,330016
3	112,02	115,765286
4	111,44	107,634064
5	93,42	99,93635
6	90,2	92,672144
7	87,59	85,841446
8	79,43	79,444256
9	72,03	73,480574
10	66,69	67,9504
11	60,39	62,853734
12	59,58	58,190576

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.3-12 Concentración de propanol en la poza. Valor real y estimado.



4.3.7 Isobutanol.

La concentración de isobutanol en mg/kg a la salida, obtenida por análisis físico químico, CAÍDA REAL, se correlaciona en función al tiempo (horas), probando distintas funciones. Para el isobutanol el modelo que mejor se ajusta es la ecuación Parabólica de 3 constantes, por tener el mayor valor de coeficiente de correlación (R=0,967167). Las funciones de regresión y los valores de R se muestran en el cuadro 4.3-20.

Cuadro 4.3-19 Concentración de isobutanol en la caída.

TIEMPO (horas)	CAÍDA REAL (mg/kg)	CAÍDA ESTIMADO (mg/kg)
0	962,13	842,506
1	596,04	667,27678
2	465,24	511,96912
3	336,54	376,58302
4	219,73	261,11848
5	148,98	165,5755
6	111,63	89,95408
7	75,39	34,25422
8	32,82	-1,52408
9	19,35	-17,38082
10	9,55	-13,316
11	4,83	10,67038
12	0,05	54,57832

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.3-20 Funciones de regresión y coeficientes de correlación.

	FUNCION	R
1	RECTA $Y = A + BX$	0,878520272
2	PARÁBOLA $Y = A + BX^2$	0,531449
3	PARÁBOLA $Y = A + BX + CX^2$	0,967167
4	HIPÉRBOLA $1/Y = A + BX$	0,487540478
5	EXPONENCIAL $\ln Y = A + BX$	0,895887842
6	GEOMÉTRICA $\ln Y = \ln A + B \ln X$	0,767764087

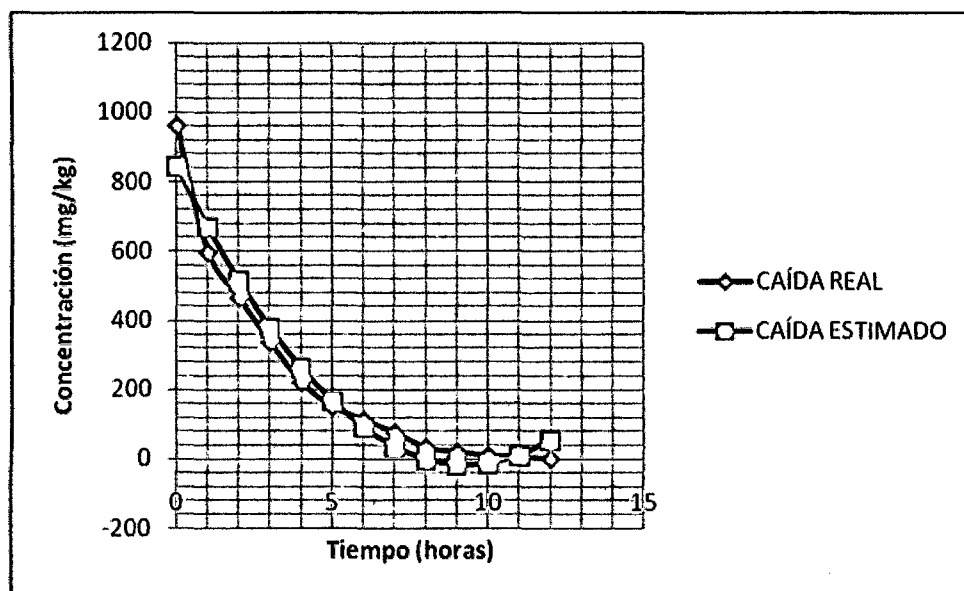
Fuente: Elaboración propia

La ecuación (13) muestra el resultado del modelo ajustado para la caída.

$$\text{CAÍDA ESTIMADO} = 842.506 - 185.19 \cdot \Theta + 9.96078 \cdot \Theta^2 \quad (13)$$

Con esta ecuación se estima la concentración del isobutanol en la caída del destilado y se compara con los valores obtenidos por análisis. Ver cuadro 4.3-19.

Gráfico 4.3-13 Concentración de isobutanol en la Caída. Valor real y estimado.



La ecuación (14) es el modelo integrado de la concentración del isobutanol en el destilado acumulado, Los valores estimados (POZA ESTIMADO) comparados con los valores reales (POZA REAL) se muestran en el cuadro 4.3-21 y en el Gráfico 4.3-14.

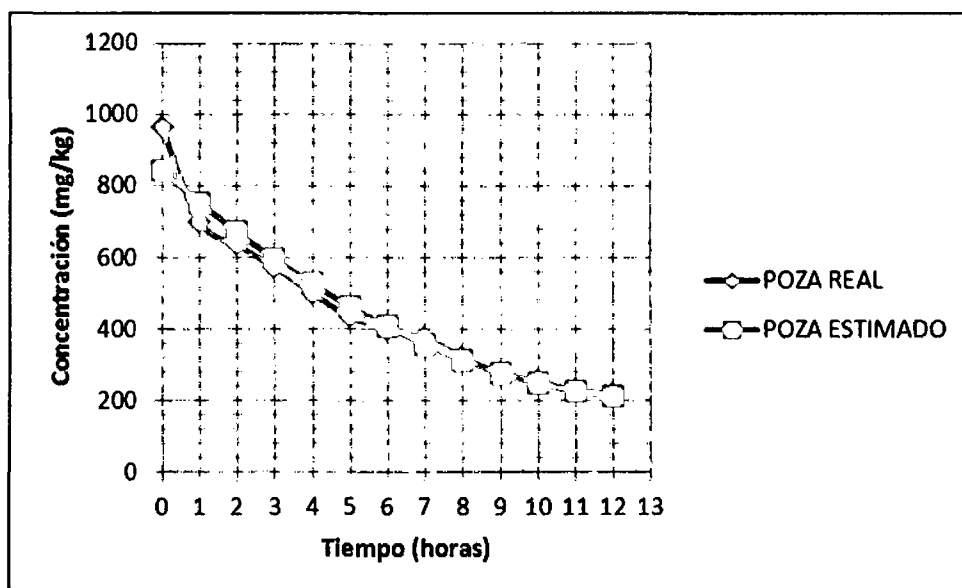
$$\text{POZA ESTIMADO} = 842.506 - 185.19 \cdot \Theta / 2 + 9.96078 \cdot \Theta^2 / 3 \quad (14)$$

Cuadro 4.3-21 Concentración de isobutanol en la Poza. Valor real y estimado.

TIEMPO (horas)	POZA REAL (mg/kg)	POZA ESTIMADO (mg/kg)
0	962,13	842,506
1	698,6	753,23126
2	634,27	670,59704
3	571,13	594,60334
4	498,97	525,25016
5	433,54	462,5375
6	397,63	406,46536
7	372,88	357,03374
8	321,07	314,24264
9	275,07	278,09206
10	253,22	248,582
11	227,47	225,71246
12	219,63	209,48344

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.3-14 Concentración de isobutanol en la Poza. Valor real y estimado.



4.3.8 Acetato de isoamilo:

La concentración de acetato de isoamilo en mg/kg a la salida del destilador, CAÍDA REAL, se correlaciona en función al tiempo (horas), probando distintas funciones. Para el acetato de isoamilo el modelo que mejor se ajusta es la ecuación geométrica, por tener el mayor valor de coeficiente de correlación ($R=0,824813108$). Las funciones de regresión y los valores de R se muestran en el cuadro 4.3-23.

Cuadro 4.3-22 Concentración de acetato de isoamilo en la calda. Valor real y estimado

TIEMPO (horas)	CAÍDA REAL (mg/kg)	CAÍDA ESTIMADO (mg/kg)
1	139,54	139,533321
2	7,9	8,19093011
3	2,36	1,55970599
4	1,02	0,48082663
5	0,005	0,19301189
6	0,005	0,09155837
7	0,005	0,04873672
8	0,005	0,02822564
9	0,005	0,01743442
10	0,005	0,01133025
11	0,005	0,00767229
12	0,005	0,00537469
13	0,005	0,00387401

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.3-23 Funciones de regresión y coeficientes de correlación.

	FUNCION	R
1	RECTA $Y = A + BX$	0,486266825
2	PARÁBOLA $Y = A + BX^2$	0,107626
3	PARÁBOLA $Y = A + BX + CX^2$	0,515134
4	HIPÉRBOLA $1/Y = A + BX$	0,626800154
5	EXPONENCIAL $\ln Y = A + BX$	0,626305653
6	GEOMÉTRICA $\ln Y = \ln A + B \ln X$	0,824813108

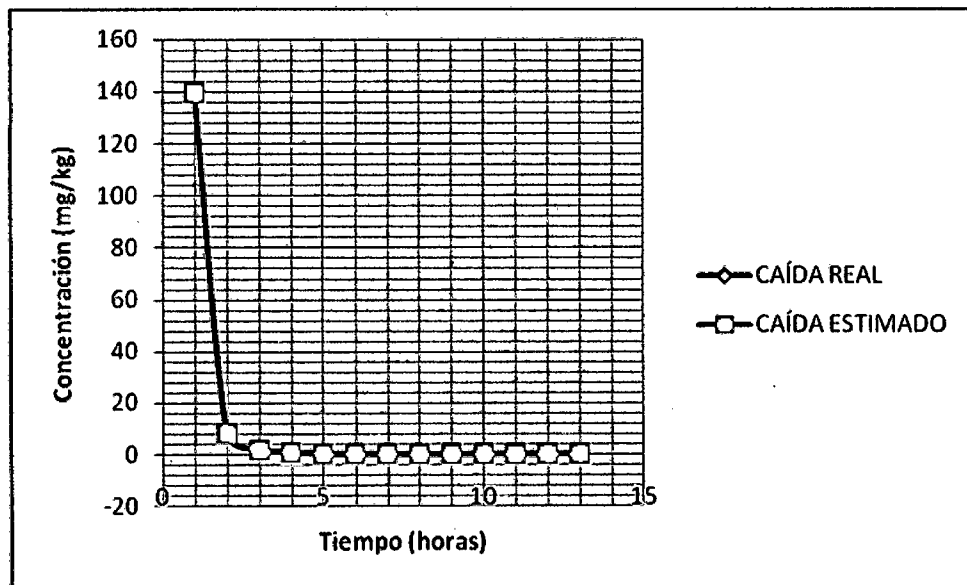
Fuente: Elaboración propia

La ecuación (15) muestra el resultado del modelo ajustado para la caída.

$$\text{CAÍDA} = 7.95926273 * (-2.0162472)^{\Theta} \quad (15)$$

Con esta ecuación se estima la concentración del acetato de isoamilo en la caída del destilado y se compara con los valores obtenidos por análisis. Ver cuadro 4.3-22.

Gráfico 4.3-15 concentración de acetato de isoamilo en la Caída. Valor real y estimado.



La ecuación (16) es el modelo integrado de la concentración del acetato de isoamilo en el destilado acumulado, Los valores estimados (POZA ESTIMADO) comparados con los valores reales (POZA REAL) se muestran en el cuadro 4.3-24 y en el Gráfico 4.3-16. Se observa que los valores coinciden bien.

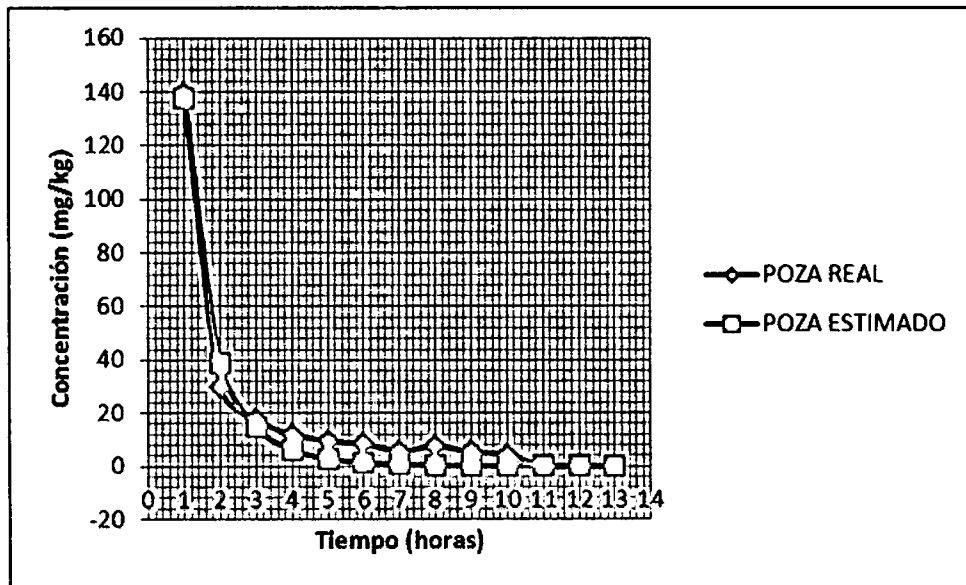
$$\text{POZA} = 7.95926273 * (-2.0162472)^{\Theta} / \Theta \quad (16)$$

Cuadro 4.3-24 Concentración de acetato de isoamilo en la Poza. Valor real y estimado.

TIEMPO (horas)	POZA REAL (mg/kg)	POZA ESTIMADO (mg/kg)
1	139,54	137,746718
2	29,73	38,9909465
3	17,69	14,7158392
4	11,88	6,24825597
5	9,61	2,82983631
6	8,25	1,33503479
7	5,74	0,6478259
8	7,28	0,32090677
9	5,34	0,16148748
10	4,13	0,08227993
11	0	0,04234613
12	0	0,02197545
13	0	0,01148387

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.3-16 Concentración de acetato de isoamilo en la Poza. Valor real y estimado.



4.3.9 Butanol.

La concentración de butanol en mg/kg a la salida del destilador, CAÍDA REAL, se correlaciona en función al tiempo (horas), probando distintas funciones. Para el butanol el modelo que mejor se ajusta es la ecuación 3, parábola, por tener el mayor valor de coeficiente de correlación ($R=0,824813108$). Las funciones de regresión y los valores de R se muestran en el cuadro 4.3-26.

Cuadro 4.3-25 Concentración de butanol en la caída. Valor real y estimado

TIEMPO (horas)	CAÍDA REAL (mg/kg)	CAÍDA ESTIMADO (mg/kg)
0	11,19	12,2391
1	9,33	10,040807
2	8,72	8,052628
3	7,94	6,274563
4	6,86	4,706612
5	3,66	3,348775
6	0,005	2,201052
7	0,005	1,263443
8	0,005	0,535948
9	0,005	0,018567
10	0,005	-0,2887
11	0,005	-0,385853
12	0,005	-0,272892

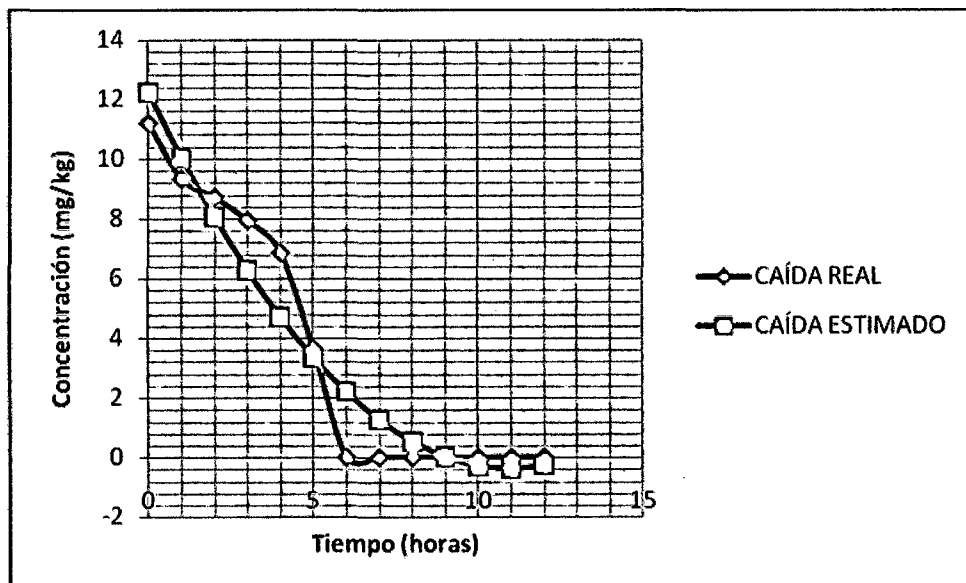
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.3-26 Funciones de regresión y coeficientes de correlación.

	FUNCION	R
1	RECTA $Y = A + BX$	0,914626152
2	PARÁBOLA $Y = A + BX^2$	0,640235
3	PARÁBOLA $Y = A + BX + CX^2$	0,929971
4	HIPÉRBOLA $1/Y = A + BX$	0,856981986
5	EXPONENCIAL $\ln Y = A + BX$	0,869565668
6	GEOMÉTRICA $\ln Y = \ln A + B \ln X$	0,849514826

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.3-17 Concentración de butanol en la caída. Valor real y estimado.



La ecuación (17) muestra el resultado del modelo ajustado para la caída.

$$\text{CAÍDA ESTIMADO} = 12.2391 - 2.30335 \cdot \Theta + 0.105057 \cdot \Theta^2 \quad (17)$$

La ecuación (18) es el modelo integrado de la concentración del butanol en el destilado acumulado (POZA ESTIMADO) comparados con los valores reales (POZA REAL) se muestran en el cuadro 4.3-27 y en el Gráfico 4.3-18.

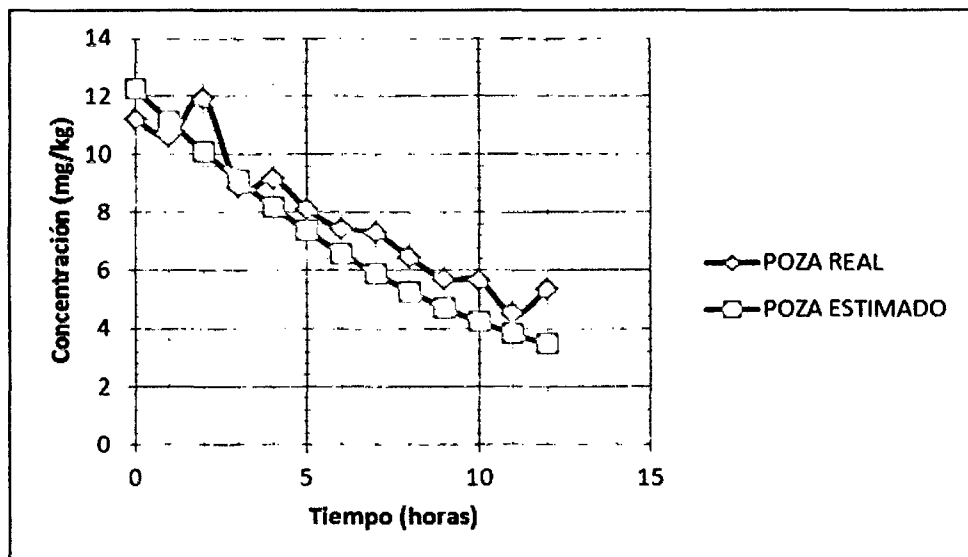
$$\text{POZA ESTIMADO} = 12.2391 - 2.30335 \cdot \Theta / 2 + 0.105057 \cdot \Theta^2 / 3 \quad (18)$$

Cuadro 4.3-27 Concentración de butanol en la Poza. Valor real y estimado

TIEMPO (horas)	POZA REAL (mg/kg)	POZA ESTIMADO (mg/kg)
0	11,19	12,2391
1	10,59	11,122444
2	11,9	10,075826
3	8,87	9,099246
4	9,15	8,192704
5	8,1	7,3562
6	7,41	6,589734
7	7,29	5,893306
8	6,44	5,266916
9	5,69	4,710564
10	5,66	4,22425
11	4,48	3,807974
12	5,36	3,461736

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.3-18 Concentración de butanol en la Poza. Valor real y estimado.



4.3.10 Isoteramilo.

La concentración de Isoteramilo en mg/kg a la salida del destilador, CAÍDA REAL, se correlaciona en función al tiempo (horas), probando distintas funciones. Para el isoteramilo el modelo que mejor se ajusta es la ecuación 4, cúbica, de cuatro constantes, por tener el mayor valor de coeficiente de correlación (R=0, 997568). Las funciones de regresión y los valores de R se muestran en el cuadro 4.3-29.

Cuadro 4.3-28 Concentración de isoteramilo en la caída. Valor real y estimado

TIEMPO (horas)	CAÍDA REAL (mg/kg)	CAÍDA ESTIMADO (mg/kg)
0	3167,35	3100,180
1	2207,87	2336,835
2	1752,28	1716,282
3	1258,69	1223,157
4	823,62	842,099
5	535,4	557,745
6	387,67	354,733
7	263,86	217,701
8	109,92	131,286
9	59,84	80,127
10	29,64	48,860
11	15,53	22,124
12	4,04	-15,444

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.3-29 Funciones de regresión y coeficientes de correlación.

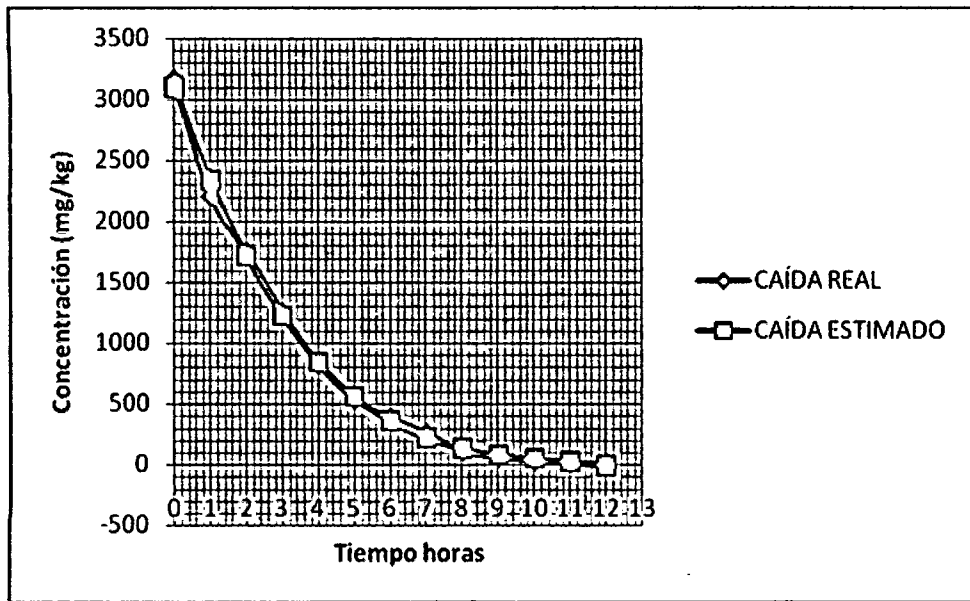
	FUNCION	R
1	RECTA $Y = A + BX$	0,897916087
2	PARÁBOLA $Y = A + BX^2$	0,566102
3	PARÁBOLA $Y = A + BX + CX^2$	0,986405
4	CÚBICA $Y = A + BX + CX^2 + DX^3$	0,997568
5	HIPÉRBOLA $1/Y = A + BX$	0,647526012
6	EXPONENCIAL $\ln Y = A + BX$	0,979478247
7	GEOMÉTRICA $\ln Y = \ln A + B \ln X$	0,873567062

Fuente: Elaboración propia

La ecuación (19) muestra el resultado del modelo ajustado para la caída.

$$\text{CAÍDA ESTIMADO} = 3100.18 - 839.86 \cdot \Theta + 79.077 \cdot \Theta^2 - 2.56 \cdot \Theta^3 \quad (19)$$

Gráfico 4.3-19 Concentración de isoteramilo en la caída. Valor real y estimado.



La ecuación (20) es el modelo integrado de la concentración del isoteramilo en el destilado acumulado (POZA ESTIMADO) y es comparado con los valores reales (POZA REAL) se muestran en el cuadro 4.3-30 y en el Gráfico 4.3-20.

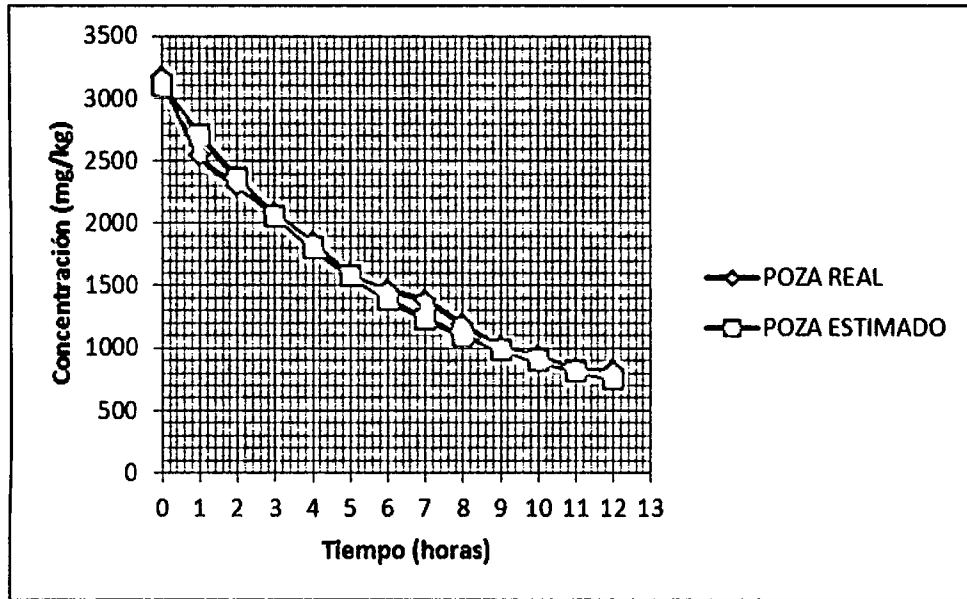
$$\text{POZA ESTIMADO} = 3100.18 - 839.86 \cdot \Theta / 2 + 79.077 \cdot \Theta^2 / 3 - 2.56038 \cdot \Theta^3 / 4 \quad (20)$$

Cuadro 4.3-30 Concentración de isoteramilo en la poza. Valor real y estimado.

TIEMPO (horas)	POZA REAL (mg/kg)	POZA ESTIMADO (mg/kg)
0	11,19	12,2391
1	10,59	11,122444
2	11,9	10,075826
3	8,87	9,099246
4	9,15	8,192704
5	8,1	7,3562
6	7,41	6,589734
7	7,29	5,893306
8	6,44	5,266916
9	5,69	4,710564
10	5,66	4,22425
11	4,48	3,807974
12	5,36	3,461736

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.3-20 Concentración de isoteramilo en la poza. Valor real y estimado.



4.3.11 Acidez volátil.

La concentración de la acidez volátil en mg/kg se correlaciona en función al tiempo (horas). El modelo que mejor se ajusta es la ecuación 4, Hipérbola, que tiene el mayor valor de coeficiente de correlación ($R=0,9815667$). Sin embargo, al momento de integrar el modelo se desvía. Por ello se elige el modelo parabólico, de la ecuación 3. Las funciones de regresión y los valores de R se muestran en el cuadro 4.3-32.

Cuadro 4.3-31 Concentración de acidez volátil en la caída. Valor real y estimado.

TIEMPO (horas)	CAÍDA REAL (mg/kg)	CAÍDA ESTIMADO (mg/kg)
0	190,092	306,665863
1	432,08	346,19155
2	469,496	395,542635
3	508,248	454,719117
4	546,776	523,720998
5	576,232	602,548276
6	562,996	691,200951
7	696,064	789,679025
8	950,928	897,982496
9	1054,38	1016,11136
10	1193,052	1144,06563
11	1327,192	1281,8453
12	1372,188	1429,45036

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.3-32 Funciones de regresión y coeficientes de correlación.

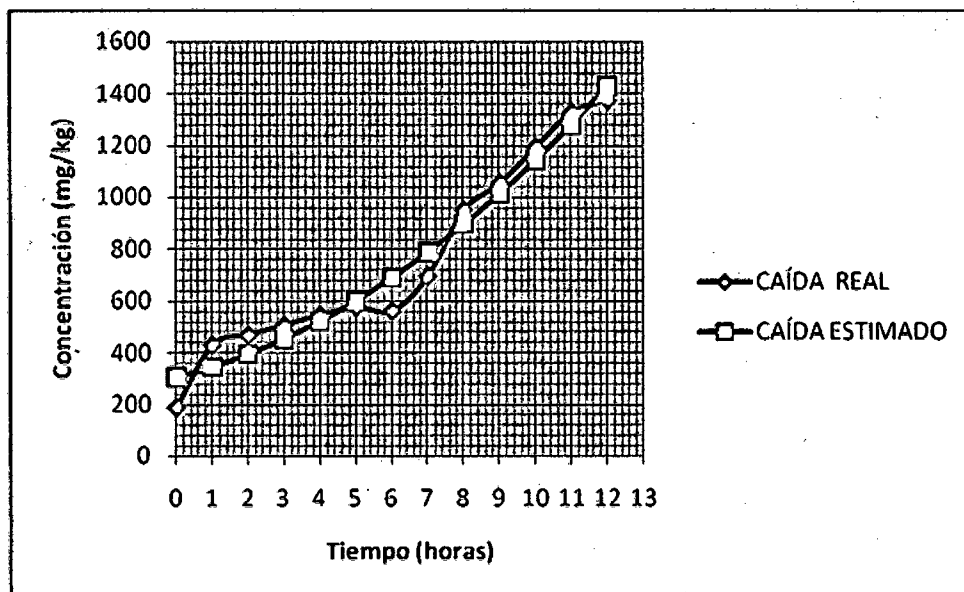
	FUNCION	R
1	RECTA $Y = A + BX$	0,96545925
2	PARÁBOLA $Y = A + BX^2$	0,951326
3	PARÁBOLA $Y = A + BX + CX^2$	0,960378
4	HIPÉRBOLA $1/Y = A + BX$	0,9815667
5	EXPONENCIAL $\ln Y = A + BX$	0,97447197
6	GEOMÉTRICA $\ln Y = \ln A + B \ln X$	0,88045577

Fuente: Elaboración propia

La ecuación (21) muestra el resultado del modelo ajustado para la caída.

$$\text{CAÍDA ESTIMADO} = 766.665 + 86.5324 \cdot \Theta + 12.2817 \cdot \Theta^2 \quad (21)$$

Gráfico 4.3-21 Concentración de acidez volátil en la caída. Valor real y estimado.



La ecuación (22) es el modelo integrado de la concentración de la acidez volátil en el destilado acumulado (POZA ESTIMADO) y es comparado con los valores reales (POZA REAL) se muestran en el cuadro 4.3-33 y en el Gráfico 4.3-22.

$$\text{POZA ESTIMADO} = 766.665 + 86.5324 \cdot \Theta / 2 + 12.2817 \cdot \Theta^2 / 3 \quad (22)$$

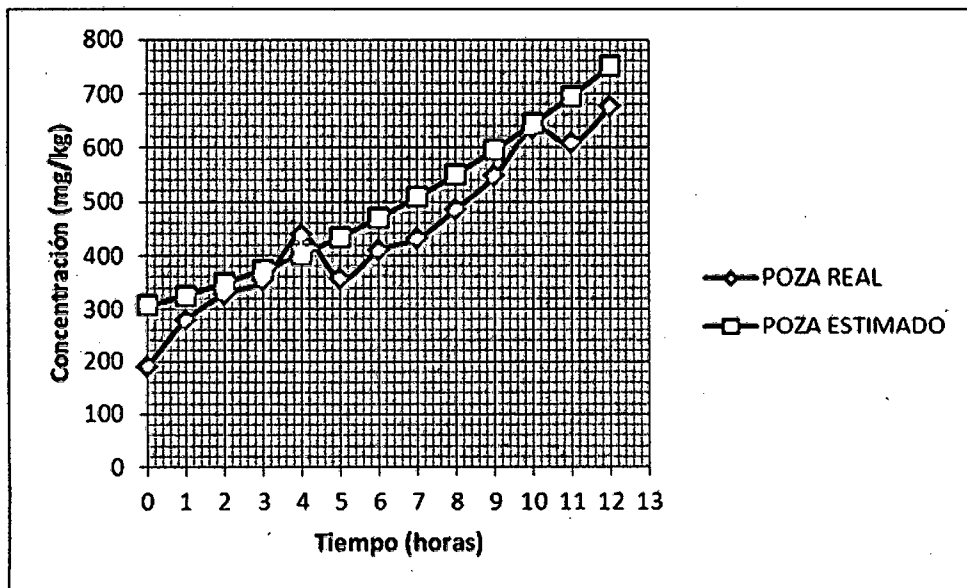
Con esta última ecuación se estima la concentración de acidez volátil en el destilado y se compara con los valores obtenidos por análisis.

Cuadro 4.3-33 Concentración de acidez volátil en la poza. Valor real y estimado.

TIEMPO (horas)	POZA REAL (mg/kg)	POZA ESTIMADO (mg/kg)
0	190,092	306,665863
1	278,928	325,609923
2	327,68	347,829116
3	352,528	373,323442
4	438,136	402,0929
5	355,732	434,137491
6	409,536	469,457214
7	430,948	508,05207
8	485,48	549,922058
9	546,588	595,067179
10	634,928	643,487433
11	606,824	695,182819
12	675,072	750,153338

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.3-22 Concentración de acidez volátil en la poza. Valor real y estimado.



4.3.12 Furfural.

La concentración de furfural en mg/kg a la salida del destilador, CAÍDA REAL, se correlaciona en función al tiempo (horas), probando distintas funciones. Para el furfural el modelo que mejor se ajusta es la ecuación 3, parábola de tres constantes, por tener el

mayor valor de coeficiente de correlación (R=0,997568). Las funciones de regresión y los valores de R se muestran en el cuadro 4.3-35.

Cuadro 4.3-34 Concentración de furfural en la caída. Valor real y estimado.

TIEMPO (horas)	CAÍDA REAL (mg/kg)	CAÍDA ESTIMADO (mg/kg)
0	2,34	1,59875
1	1,57	3,2455324
2	6,1	5,0530396
3	7,02	7,0212716
4	9,2	9,1502284
5	10,96	11,43991
6	14,14	13,8903164
7	16,77	16,5014476
8	18,63	19,2733036
9	22,83	22,2058844
10	25,7	25,29919
11	27,65	28,5532204
12	32,29	31,9679756

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.3-32 Funciones de regresión y coeficientes de correlación.

	FUNCION	R
1	RECTA $Y = A + BX$	0.981931439
2	PARÁBOLA $Y = A + BX^2$	0.967606
3	PARÁBOLA $Y = A + BX + CX^2$	0.994344
4	HIPÉRBOLA $1/Y = A + BX$	0.403959193
5	EXPONENCIAL $\ln Y = A + BX$	0.839040499
6	GEOMÉTRICA $\ln Y = \ln A + B \ln X$	0.972892518

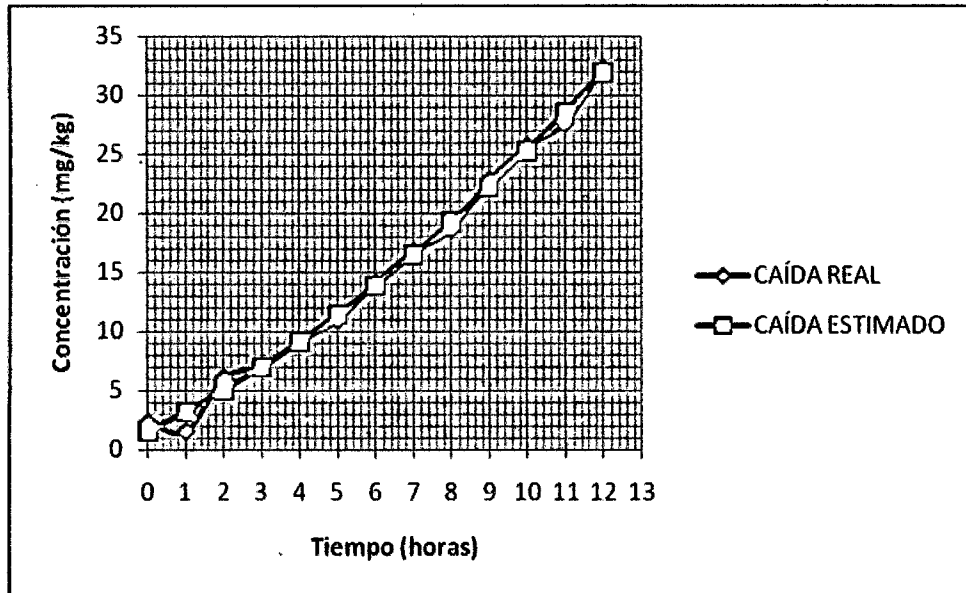
Fuente: Elaboración propia

La ecuación (23) muestra el resultado del modelo ajustado para la caída. En el gráfico 4.3-23 los valores de concentración de caída estimados se comparan con los valores reales.

$$\text{CAÍDA ESTIMADO} = 1.59875 + 1.56642 \cdot \Theta + 0.0803624 \cdot \Theta^2 \quad (23)$$

La ecuación (24) es el modelo integrado de la concentración del furfural en el destilado acumulado (POZA ESTIMADO) y es comparado con los valores reales (POZA REAL) se muestran en el cuadro 4.3-36 y en el Gráfico 4.3-24.

Gráfico 4.3-23 Concentración de furfural en la caída. Valor real y estimado.



$$POZA ESTIMADO = 1.59875 + 1.56642 \cdot \Theta / 2 + 0.0803624 \cdot \Theta^2 / 3 \quad (24)$$

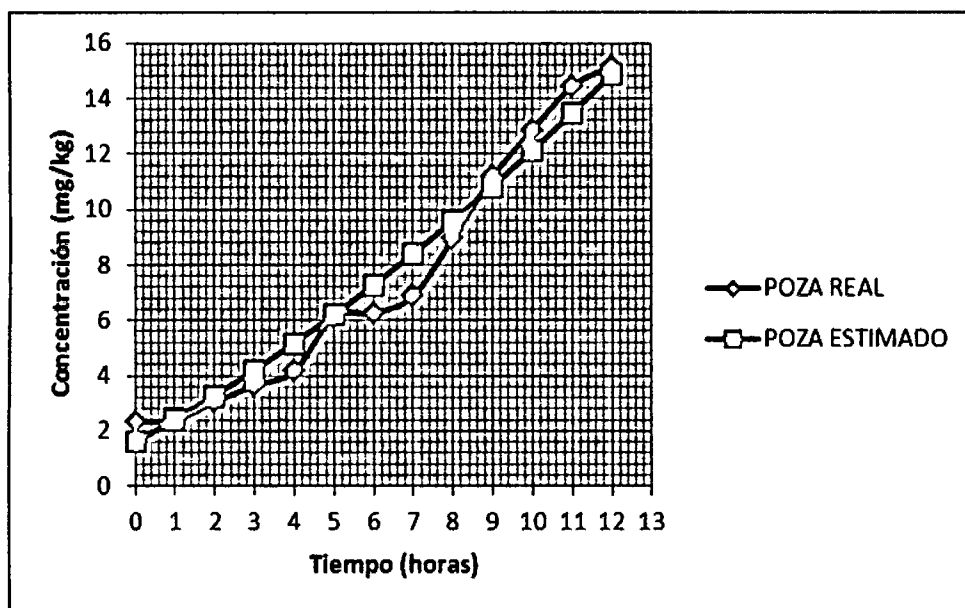
Con esta última ecuación se estima la concentración del furfural en el destilado y se compara con los valores obtenidos por análisis.

Cuadro 4.3-36 Concentración de furfural en la poza. Valor real y estimado.

TIEMPO (horas)	POZA REAL (mg/kg)	POZA ESTIMADO (mg/kg)
0	2,34	1,59875
1	2,39	2,40874747
2	3,04	3,27231987
3	3,64	4,1894672
4	4,15	5,16018947
5	6,11	6,18448667
6	6,26	7,2623588
7	6,87	8,39380587
8	8,94	9,57882787
9	11,17	10,8174248
10	12,85	12,1095967
11	14,41	13,4553435
12	15,18	14,8546652

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.3-24 Concentración de furfural en la poza. Valor real y estimado.



4.4 OPTIMIZACIÓN

El criterio para la optimización es el de cumplimiento de la Norma Técnica Peruana del Pisco 211.001-2006. Según esta norma la concentración de cada componente volátil, se expresa en mg/100mlAA (ml de alcohol anhidro). Los modelos matemáticos determinados antes se expresaron en función al tiempo de destilación. Normalmente, el control que se realiza en la destilación es el grado alcohólico del destilado, por tal motivo se hace un cambio de variable, usando como variable independiente el grado alcohólico en lugar del tiempo.

Como se ha visto en los capítulos anteriores el grado alcohólico se mide en dos puntos de control, el primero es la caída, cuya concentración se denomina grado alcohólico en la caída GAC y el segundo en el destilado acumulado denominado poza y se denomina grado alcohólico en la poza GAP. Es en este segundo punto de control donde se determina el corte y por tanto las características del destilado (pisco). El cuadro 4.4-1 y el gráfico 4.4-1 muestran la relación entre el tiempo, el GAP y GAC.

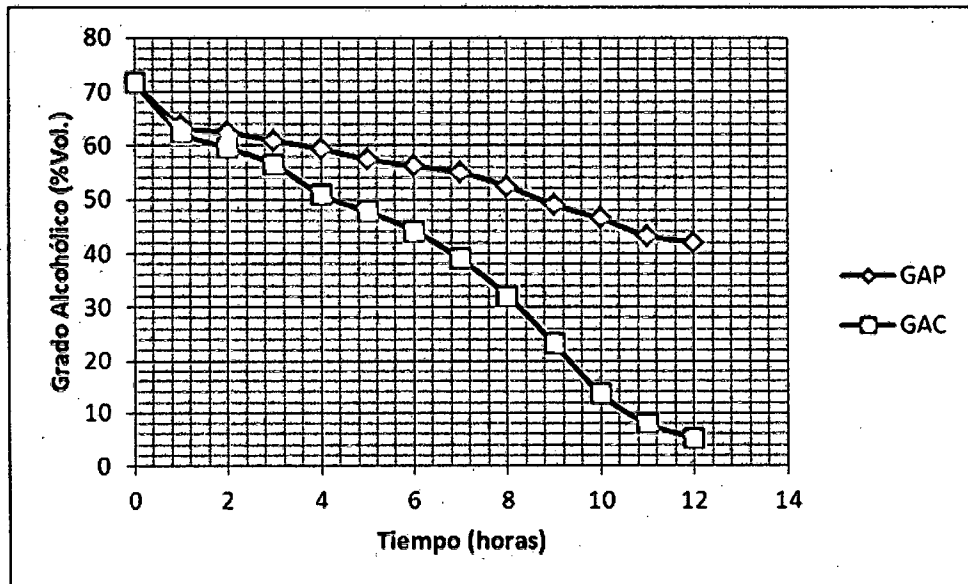
Para optimizar la concentración de cada componente volátil en el pisco, se tabula y grafica su concentración en el destilado acumulado en mg/100mlAA en función al grado alcohólico de la poza (GAP) y se evalúa el cumplimiento de la norma.

Cuadro 4.4-1 Variación del Grado alcohólico en el destilado.

TIEMPO Horas	GAP %Vol.	GAC %Vol.
0	71,62	71,62
1	63,78	62,58
2	62,44	59,56
3	60,86	56,44
4	59,32	50,9
5	57,4	47,7
6	56,1	44,2
7	54,9	38,9
8	52,4	32,1
9	48,9	23,2
10	46,4	13,5
11	43,2	7,9
12	42	5,2

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.4-1 Variación del Grado alcohólico en el destilado.



4.4.1 Acetaldehído.

En los informes de ensayo realizados en el laboratorio de enología del CITEVID, la concentración de acetaldehído y la de los otros componentes volátiles se expresó en mg/kg, la que se transforma a mg/100mlAA (ml de alcohol anhidro). Se tabulan y grafican ambas concentraciones en función al grado alcohólico de la poza, GAP. Ver cuadro 4.4-2

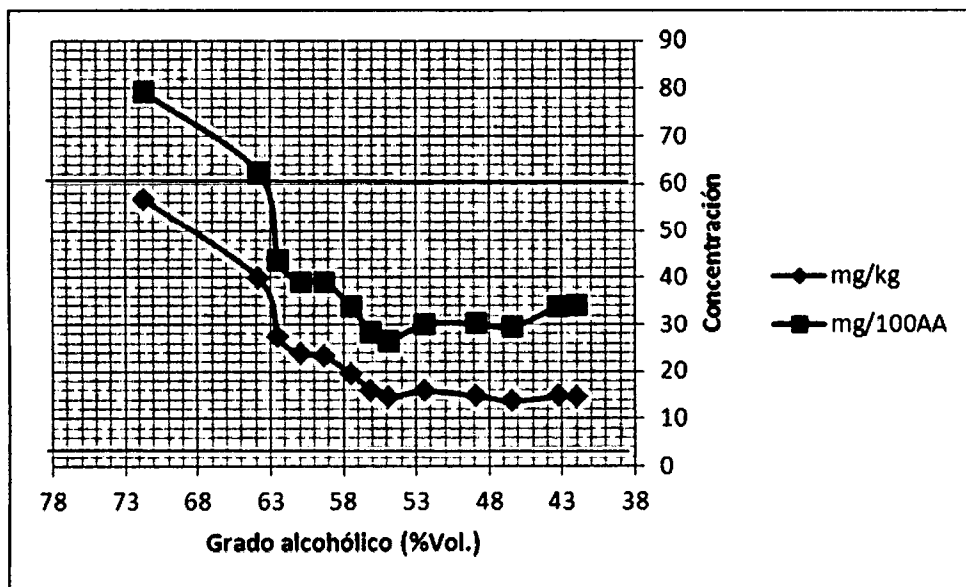
y gráfico 4.4-2. El Grado alcohólico se grafica en orden inverso, por que así evoluciona en la destilación; se inicia a grados alcohólicos altos y va disminuyendo.

Cuadro 4.4-2 Comportamiento del acetaldehído en la destilación respecto a la NTP 211.001

Tiempo (horas)	GAP (% Vol.)	Concentración (mg/kg)	Concentración mg/100AA
0	71,62	56,74	79,2237
1	63,78	39,79	62,3863
2	62,44	27,2	43,5618
3	60,86	23,75	39,0240
4	59,32	23,19	39,0931
5	57,4	19,35	33,7108
6	56,1	15,93	28,3957
7	54,9	14,47	26,3570
8	52,4	15,72	30,0000
9	48,9	14,74	30,1431
10	46,4	13,61	29,3319
11	43,2	14,63	33,8657
12	42	14,36	34,1905

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.4-2 Comportamiento del acetaldehído en la destilación respecto a la NTP 211.001



Las líneas horizontales muestran los valores máximo y mínimo de la Norma. En el caso del acetaldehído el valor óptimo se da desde los 55 grados alcohólicos para adelante. A partir de ese grado a menos se encuentra centrado el valor de la concentración y prácticamente se hace constante.

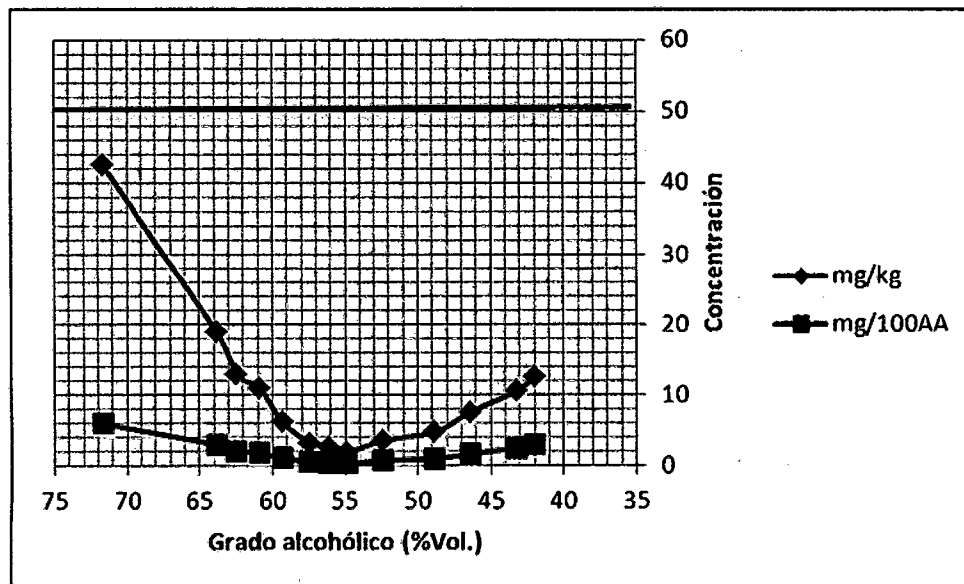
4.4.2 Formiato de etilo.

Cuadro 4.4-3 Comportamiento del formiato de etilo en la destilación respecto a la NTP 211.001

Tiempo (horas)	GAP (%Vol)	Concentración (mg/kg)	Concentración mg/100AA
0	71,62	42,44	5,925719
1	63,78	18,82	2,950768
2	62,44	12,84	2,056374
3	60,86	10,95	1,799211
4	59,32	6,19	1,043493
5	57,4	3,2	0,557491
6	56,1	2,64	0,470588
7	54,9	1,84	0,335155
8	52,4	3,49	0,666031
9	48,9	4,68	0,957055
10	46,4	7,54	1,625
11	43,2	10,52	2,435185
12	42	12,56	2,990476

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.4-3 Comportamiento del formiato de etilo en la destilación respecto a la NTP 211.001



La Norma Técnica del Pisco 211.001-2006 no establece valor mínimo, refiere que es posible que no esté presente, pero de estarlo, sumado con el acetato de etilo no debe sobrepasar los 320 mg/100 AA, lo que da un valor máximo de 50 mg/100 AA. Usando como criterio la menor presencia de formiato de etilo el valor óptimo es 55 GL.

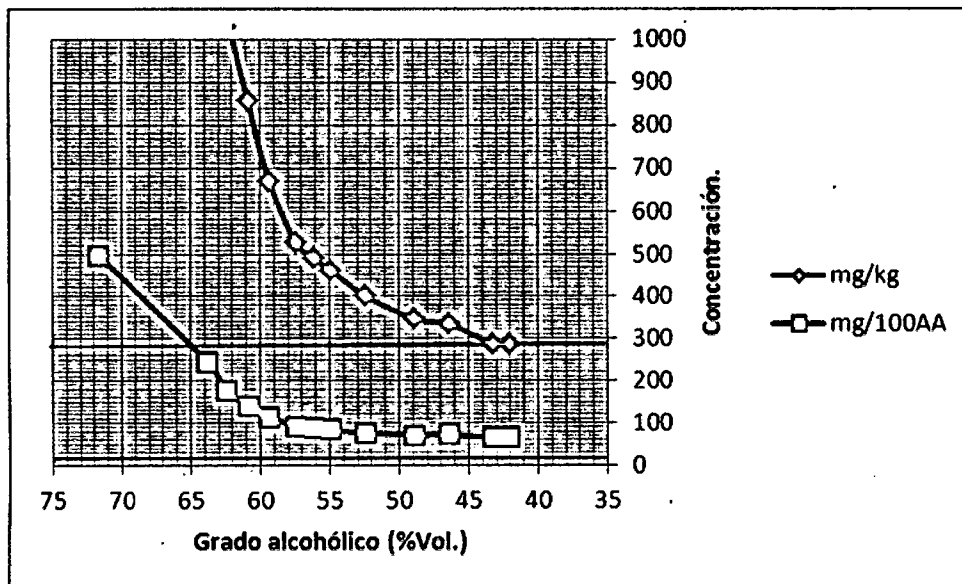
4.4.3 Acetato de etilo

Cuadro 4.4-4 Comportamiento del acetato de etilo en la destilación respecto a la NTP 211.001

Tiempo (horas)	GAP (%Vol)	Concentración (mg/kg)	Concentración mg/100AA
0	71,62	3559,42	496,987
1	63,78	1554,43	243,717
2	62,44	1097,7	175,801
3	60,86	857,39	140,879
4	59,32	669,54	112,869
5	57,4	526,73	91,7648
6	56,1	490,16	87,3725
7	54,9	460,74	83,9235
8	52,4	399,03	76,1508
9	48,9	345,45	70,6442
10	46,4	332,36	71,6293
11	43,2	285,51	66,0903
12	42	284,65	67,7738

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.4-4 Comportamiento del acetato de etilo en la destilación respecto a la NTP 211.001



Las concentraciones del acetato de etilo al principio de la destilación son altas y sobrepasa la Norma Técnica del Pisco 211.001-2006. A partir de 65 GL ingresa a los valores permitidos. El máximo es 280 mg/100 AA y el mínimo 10 mg/100 AA, representadas por líneas horizontales en el gráfico 4.4-4. El valor óptimo se da desde los 55 GL y a menor grado disminuye ligeramente y prácticamente se hace constante.

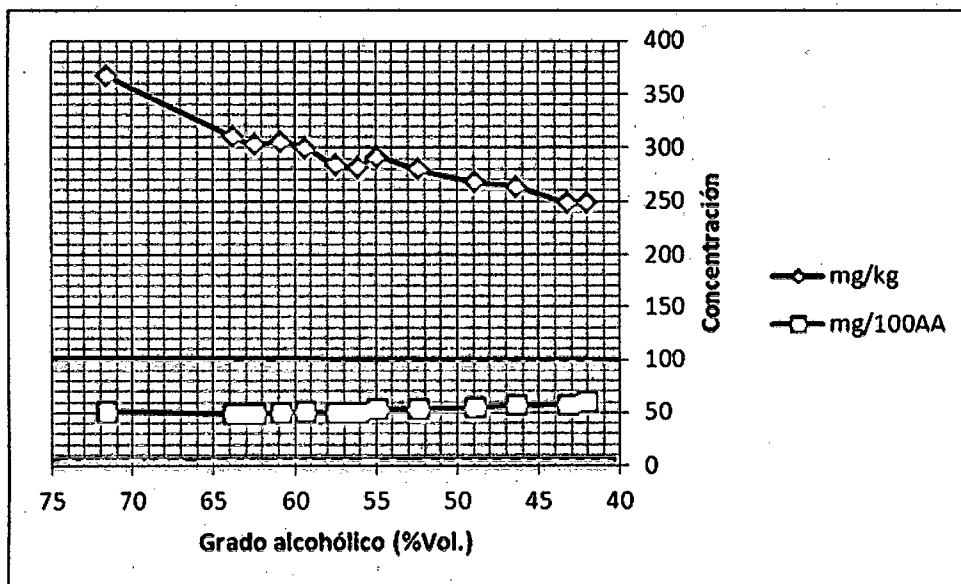
4.4.4 Metanol

Cuadro 4.4-5 Comportamiento del metanol en la destilación respecto a la NTP 211.001

Tiempo (horas)	GAP (%Vol)	Concentración (mg/kg)	Concentración mg/100AA
0	71,62	367,07	51,2524
1	63,78	310,07	48,6156
2	62,44	303,11	48,5442
3	60,86	304,87	50,0937
4	59,32	299,48	50,4855
5	57,4	283	49,3031
6	56,1	281,48	50,1747
7	54,9	291,05	53,0146
8	52,4	279,16	53,2748
9	48,9	267,52	54,7076
10	46,4	263,18	56,7198
11	43,2	248,11	57,4329
12	42	248,62	59,1952

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.4-5 Comportamiento del metanol en la destilación respecto a la NTP 211.001



En el caso del metanol el máximo es 280 mg/100 AA y el mínimo 10 mg/100 AA, representadas por líneas horizontales en el gráfico 4.4-5. Durante toda la destilación se mantiene entre los límites máximo y mínimo de la norma.

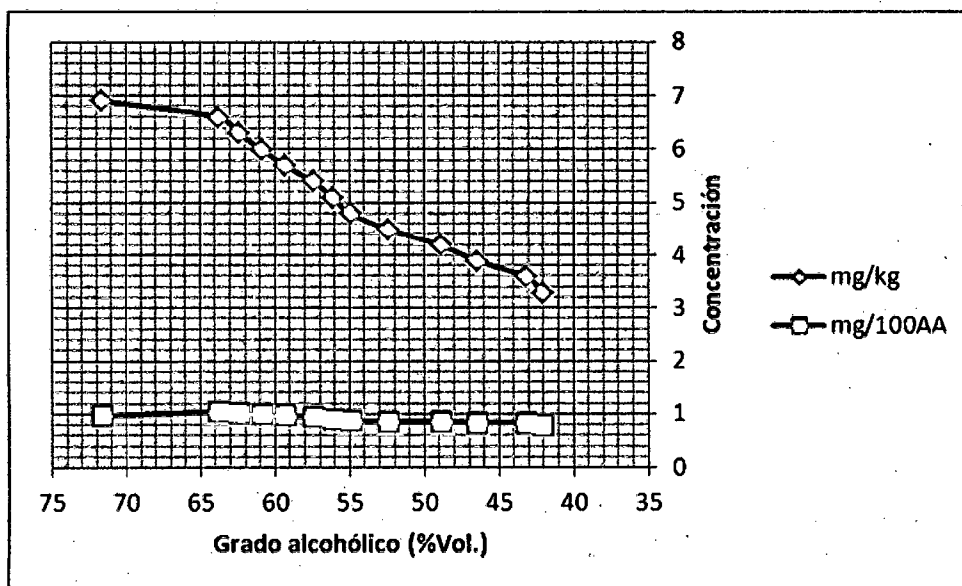
4.4.5 Isopropanol.

Cuadro 4.4-6 Comportamiento del isopropanol en la destilación respecto a la NTP 211.001

Tiempo (horas)	GAP (%Vol)	Concentración (mg/kg)	Concentración mg/100AA
0	71,62	6,89802198	0,96314186
1	63,78	6,59664835	1,03428165
2	62,44	6,29527473	1,00821184
3	60,86	5,9939011	0,98486709
4	59,32	5,69252747	0,95963039
5	57,4	5,39115385	0,93922541
6	56,1	5,08978022	0,9072692
7	54,9	4,78840659	0,87220521
8	52,4	4,48703297	0,856304
9	48,9	4,18565934	0,85596306
10	46,4	3,88428571	0,83713054
11	43,2	3,58291209	0,8293778
12	42	3,28153846	0,78131868

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.4-6 Comportamiento del isopropanol en la destilación respecto a la NTP 211.001



Respecto al isopropanol la Norma Técnica del Pisco 211.001-2006 menciona que es posible que no esté presente, no establece máximo ni mínimos. Se observa que su concentración expresada en mg/100AA es constante y está en un valor relativamente bajo.

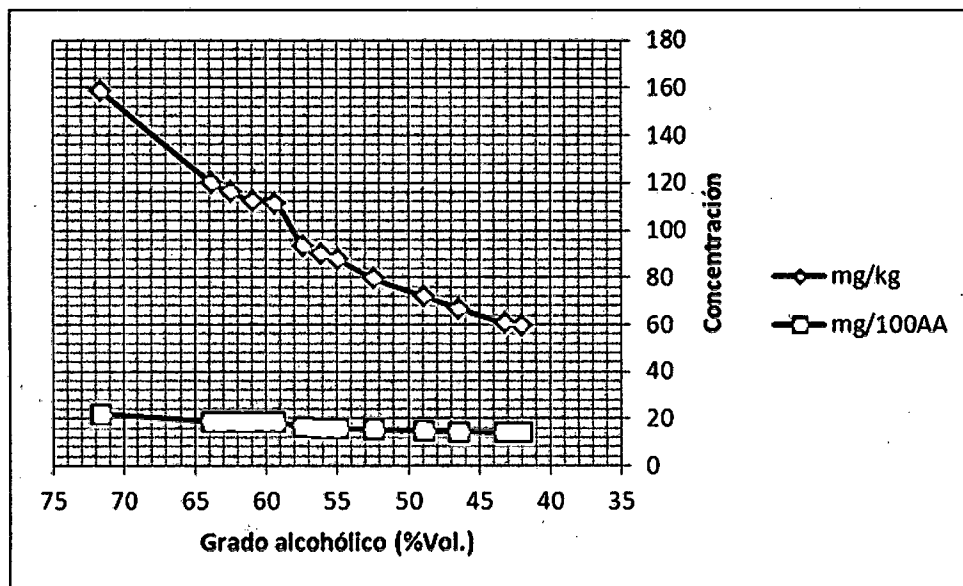
4.4.6 Propanol

Cuadro 4.4-7 Comportamiento del propanol en la destilación respecto a la NTP 211.001

Tiempo (horas)	GAP (%Vol)	Concentración (mg/kg)	Concentración mg/100AA
0	71,62	158,31	22,1041608
1	63,78	119,83	18,7880213
2	62,44	116,13	18,5986547
3	60,86	112,02	18,4061781
4	59,32	111,44	18,7862441
5	57,4	93,42	16,2752613
6	56,1	90,2	16,0784314
7	54,9	87,59	15,9544627
8	52,4	79,43	15,1583969
9	48,9	72,03	14,7300613
10	46,4	66,69	14,3728448
11	43,2	60,39	13,9791667
12	42	59,58	14,1857143

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.4-7 Comportamiento del propanol en la destilación respecto a la NTP 211.001



Respecto al propanol, la Norma Técnica del Pisco 211.001-2006 solo menciona que debe estar presente, no establece máximo ni mínimos. Se observa que su concentración expresada en mg/100AA es constante y está en un valor relativamente bajo.

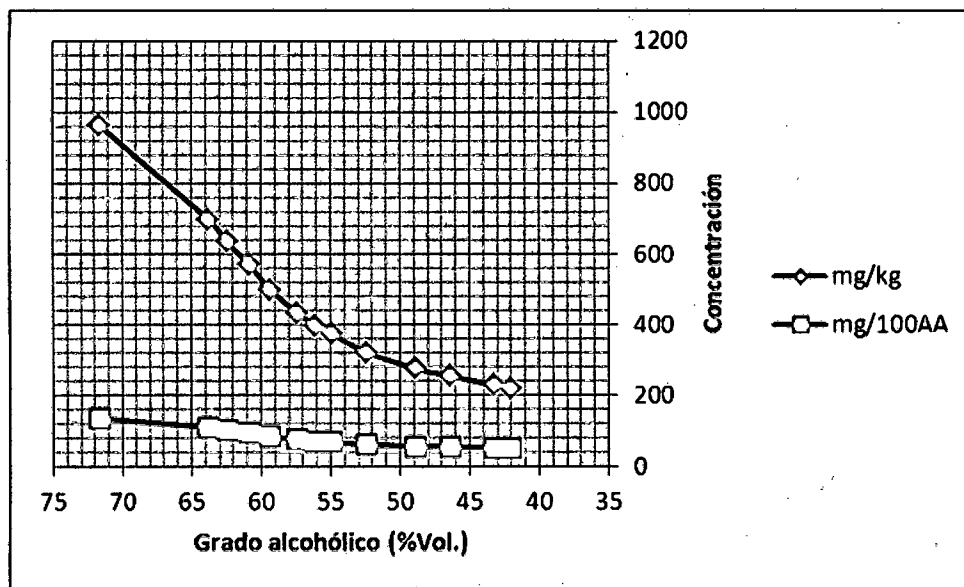
4.4.7 Isobutanol

Cuadro 4.4-8 Comportamiento del isobutanol en la destilación respecto a la NTP 211.001

Tiempo (horas)	GAP (%Vol)	Concentración (mg/kg)	Concentración mg/100AA
0	71,62	962,13	134,338174
1	63,78	698,6	109,532769
2	62,44	634,27	101,580717
3	60,86	571,13	93,8432468
4	59,32	498,97	84,1149697
5	57,4	433,54	75,5296167
6	56,1	397,63	70,8787879
7	54,9	372,88	67,9198543
8	52,4	321,07	61,2729008
9	48,9	275,07	56,2515337
10	46,4	253,22	54,5732759
11	43,2	227,47	52,6550926
12	42	219,63	52,2928571

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.4-8 Comportamiento del isobutanol en la destilación respecto a la NTP 211.001



Respecto al isobutanol, la Norma Técnica del Pisco 211.001-2006 solo menciona que debe estar presente, no establece máximo ni mínimos. Se observa que su concentración expresada en mg/100AA es constante y está en un valor relativamente bajo.

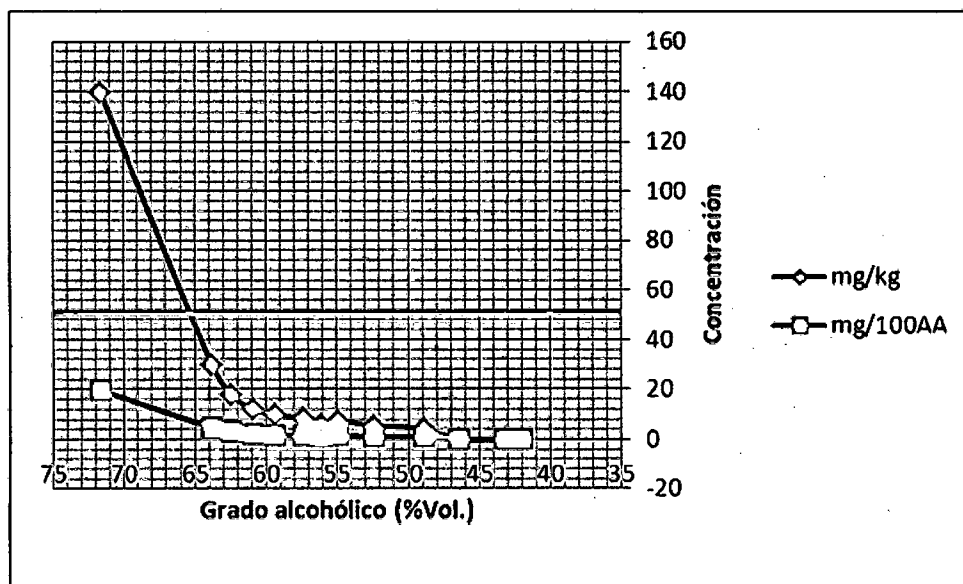
4.4.8 Acetato de Isoamilo.

Cuadro 4.4-9 Comportamiento del acetato de isoamilo en la destilación respecto a la NTP.

Tiempo (horas)	GAP (%Vol)	Concentración (mg/kg)	Concentración mg/100AA
0	71,62	139,54	19,4833845
1	63,78	29,73	4,66133584
2	62,44	17,69	2,8331198
3	60,86	11,88	1,95202103
4	59,32	9,61	1,62002697
5	57,4	8,25	1,43728223
6	56,1	5,74	1,02317291
7	54,9	7,28	1,32604736
8	52,4	5,34	1,01908397
9	48,9	4,13	0,84458078
10	46,4	0	0
11	43,2	0	0
12	42	0	0

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.4-9 Comportamiento del acetato de isoamilo en la destilación respecto a la NTP.



Respecto al acetato de isoamilo, La Norma Técnica del Pisco 211.001-2006 no establece valor mínimo, refiere que es posible que no esté presente, pero de estarlo, sumado con el acetato de etilo no debe sobrepasar los 320 mg/100 AA, lo que dá un valor máximo de 50 mg/100 AA. Se observa que su concentración expresada en mg/100AA decrece hasta hacerse cero a partir de los 48 GL.

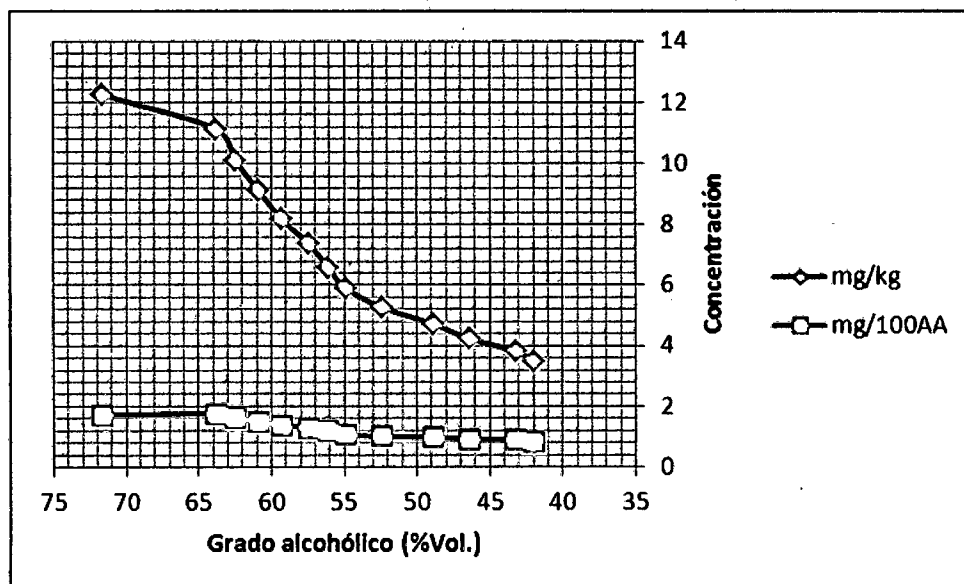
4.4.9 butanol

Cuadro 4.4-10 Comportamiento del butanol en la destilación respecto a la NTP 211.001.

Tiempo (horas)	GAP (%Vol)	Concentración (mg/kg)	Concentración mg/100AA
0	71,62	12,2391	1,70889416
1	63,78	11,122444	1,74387645
2	62,44	10,075826	1,61368129
3	60,86	9,099246	1,49511107
4	59,32	8,192704	1,38110317
5	57,4	7,3562	1,28156794
6	56,1	6,589734	1,17464064
7	54,9	5,893306	1,07346193
8	52,4	5,266916	1,00513664
9	48,9	4,710564	0,96330552
10	46,4	4,22425	0,91039871
11	43,2	3,807974	0,88147546
12	42	3,461736	0,82422286

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.4-10 Comportamiento del butanol en la destilación respecto a la NTP 211.001.



Respecto al butanol, la norma solo menciona que debe estar presente, no establece máximo ni mínimos. Se observa que su concentración expresada en mg/100AA es decreciente y en un valor relativamente bajo.

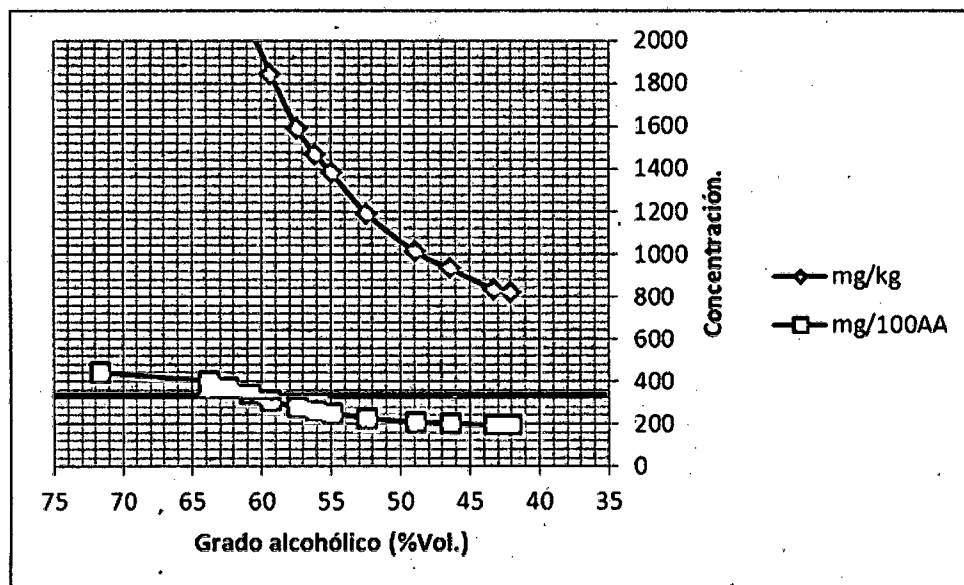
4.4.10 Isoteramilo

Cuadro 4.4-11 Comportamiento del isoteramilo en la destilación respecto a la NTP 211.001.

Tiempo (horas)	GAP (%Vol)	Concentración (mg/kg)	Concentración mg/100AA
0	71,62	3167,35	442,243787
1	63,78	2546,24	399,222327
2	62,44	2298,28	368,078155
3	60,86	2072,71	340,570161
4	59,32	1843,19	310,719825
5	57,4	1586,55	276,402439
6	56,1	1467,14	261,522282
7	54,9	1378,61	251,112933
8	52,4	1189,76	227,053435
9	48,9	1011,24	206,797546
10	46,4	930,69	200,579741
11	43,2	830,87	192,331019
12	42	815,48	194,161905

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.4-11 Comportamiento del isoteramilo en la destilación respecto a la NTP 211.001.



Según la Norma Técnica del Pisco 211.001-2006 el Isoteramilo debe estar presente, si precisarse máximo sin mínimo. Es el más abundante de los alcoholes superiores. Considerando que este alcohol representa el total de alcoholes superiores, el máximo sería 350 mg/100mlAA. La concentración de isoteramilo supera el máximo en las primeras porciones de destilado hasta 60 GL, luego disminuye y a los 46 GL alcanza los 200 mg/100mlAA y se hace constante.

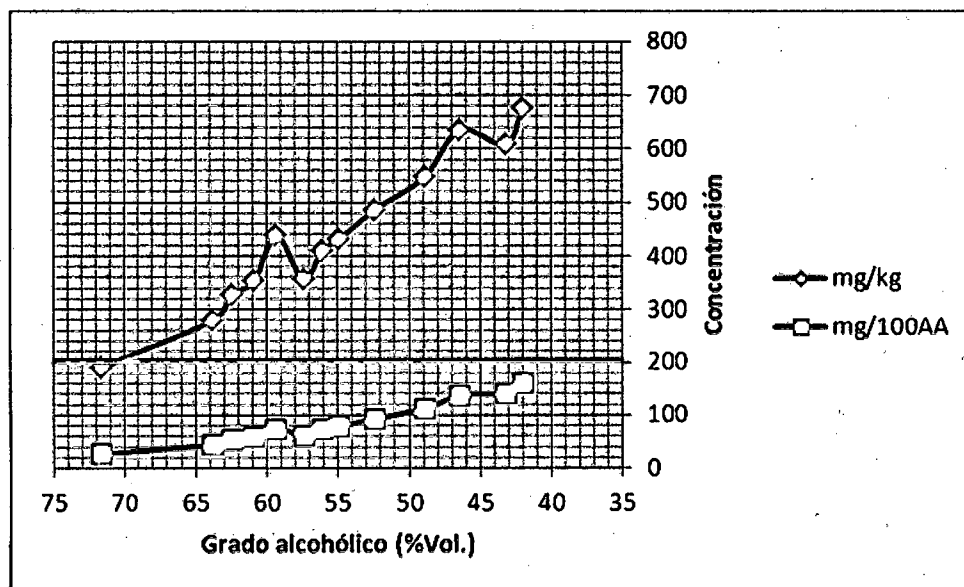
4.4.11 Acidez volátil.

Cuadro 4.4-12 Comportamiento de la acidez volátil en la destilación respecto a la NTP 211.001.

Tiempo (horas)	GAP (%Vol)	Concentración (mg/kg)	Concentración mg/100AA
0	71,62	190,092	26,5417481
1	63,78	278,928	43,7328316
2	62,44	327,68	52,47918
3	60,86	352,528	57,9244167
4	59,32	438,136	73,8597438
5	57,4	355,732	61,974216
6	56,1	409,536	73,0010695
7	54,9	430,948	78,4969035
8	52,4	485,48	92,648855
9	48,9	546,588	111,776687
10	46,4	634,928	136,837931
11	43,2	606,824	140,468519
12	42	675,072	160,731429

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.4-12 Comportamiento de la acidez volátil en la destilación respecto a la NTP 211.001.



Para el caso de la acidez volátil, la Norma Técnica del Pisco 211.001-2006 establece como máximo 200 mg/100mlAA. La curva es creciente, como corresponde a un componente pesado y en las etapas finales de la destilación se aproxima al máximo. Se puede destilar hasta 50 GL para obtener un valor centrado respecto a los límites de la Norma Técnica del Pisco.

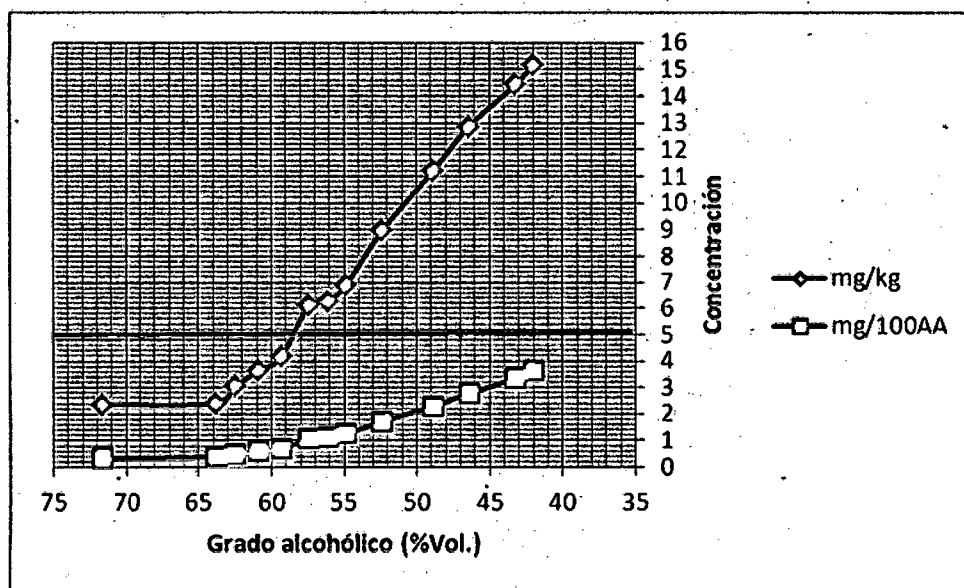
4.4.12 Furfural.

Cuadro 4.4-13 Comportamiento del furfural en la destilación respecto a la NTP 211.001.

Tiempo (horas)	GAP (%Vol)	Concentración (mg/kg)	Concentración mg/100AA
0	71,62	2,34	0,32672438
1	63,78	2,39	0,37472562
2	62,44	3,04	0,48686739
3	60,86	3,64	0,59809399
4	59,32	4,15	0,69959541
5	57,4	6,11	1,06445993
6	56,1	6,26	1,11586453
7	54,9	6,87	1,25136612
8	52,4	8,94	1,70610687
9	48,9	11,17	2,28425358
10	46,4	12,85	2,76939655
11	43,2	14,41	3,33564815
12	42	15,18	3,61428571

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.4-13 Comportamiento del furfural en la destilación respecto a la NTP 211.001.



Para el caso del furfural, la Norma Técnica del Pisco 211.001-2006 establece como máximo 5 mg/100mlAA. La curva es creciente, como corresponde a un componente pesado y no alcanza el máximo aun cuando se destile hasta 38 GL (límite inferior de la Norma). Se puede destilar hasta 45 GL para obtener un valor centrado respecto a los límites.

4.5 BALANCE DE MATERIA PARA EL DESTILADO ACUMULADO.

El balance de materia para el destilado se realiza en la POZA, es decir para el destilado acumulado. Se considera una velocidad de hervido constante, que implica un caudal de entrada constante al sistema (poza). No existe salida de materia y la ecuación diferencial se obtiene evaluando las propiedades del sistema para un tiempo Θ y para un incremento de $\Theta + \delta \Theta$. El cuadro 4.5.1 resume las propiedades del sistema.

Cuadro 4.5-1 Propiedades del sistema para la Ecuación General de balance de materia.

PROPIEDAD DEL SISTEMA	Θ	$\Theta + \delta \Theta$
Caudal de entrada (Constante)	R	R
Concentración de entrada	$f(\Theta)$	$f(\Theta + \delta \Theta)$
Caudal de salida	0	0
Concentración de salida	x	$x + \frac{dx}{d\Theta} \delta \Theta$
Volumen del líquido en el tanque	V	$V + \frac{dV}{d\Theta} \delta \Theta$
Concentración en el tanque.	V x	$(x + \frac{dx}{d\Theta} \delta \Theta) (V + \frac{dV}{d\Theta} \delta \Theta)$

Fuente: Elaboración propia

En el intervalo de tiempo $\delta \Theta$

BALANCE TOTAL:

Flujo de entrada: $R \delta \Theta$

Flujo de Salida: 0

Acumulación: $(V + \frac{dV}{d\Theta} \delta \Theta) - V$

De la ecuación General de Balance: $E - S = A$

$$R \delta \Theta - 0 = \frac{dV}{d\Theta} \delta \Theta$$

De donde se obtiene: $R = \frac{dV}{d\Theta} \dots\dots\dots(25)$

BALANCE POR COMPONENTE:

Flujo de entrada de componente: $R f(\Theta) \delta \Theta$

Flujo de Salida de componente: 0

Acumulación de componente: $(V + \frac{dV}{d\Theta} \delta \Theta) (x + \frac{dx}{d\Theta} \delta \Theta) - Vx$

De la ecuación General de Balance: $E - S = A$

$$R f(\Theta) \delta \Theta - 0 = (V + \frac{dV}{d\Theta} \delta \Theta) (x + \frac{dx}{d\Theta} \delta \Theta) - Vx$$

Agrupando:

$$R f(\Theta) = V \frac{dx}{d\Theta} + x \frac{dV}{d\Theta} + \frac{dV}{d\Theta} \frac{dx}{d\Theta} \delta \Theta$$

Tomando límite cuando $\delta \theta \rightarrow 0$

$$R f(\theta) = V \frac{dx}{d\theta} + x \frac{dV}{d\theta} \dots\dots\dots(26)$$

Resolviendo (25) y (26) con la condición que en $\theta = 0$ el $V = 0$:

$$\begin{aligned} R f(\theta) &= R \theta \frac{dx}{d\theta} + xR \\ f(\theta) d\theta &= \theta dx + x d\theta \\ f(\theta) d\theta &= d(\theta x) \end{aligned}$$

Finalmente:

$$x = \frac{\int_0^\theta f(\theta) d\theta}{\theta}$$

Que es la fórmula para calcular la concentración de un componente en el destilado acumulado en función del tiempo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES:

1. Los equipos autorizados por la norma técnica peruana de pisco no presentan diferencias significativas en cuanto a la concentración de los componentes volátiles del pisco. En cambio, si presentan diferencias significativas en el análisis organoléptico. Según esta apreciación la columna es la que produce un mejor destilado, seguido de la falca.
2. La velocidad de destilado si es un factor influyente en la distribución de los componentes, presentándose los valores óptimos para velocidades de hervido de 200 a 250 ml/minuto.
3. El cobre sigue siendo el mejor material para la construcción de equipos de destilación por sus propiedades de conductividad térmica y maleabilidad.
4. El comportamiento de la concentración de los componentes volátiles a la salida de la destilación se adapta a modelos matemáticos definidos para cada caso, con buen grado de aproximación, ecuaciones que al ser integradas, como resultado de la aplicación del balance de materia, resultan en modelos que coinciden y describen adecuadamente el comportamiento real del destilado acumulado.
5. El punto de corte óptimo en la destilación debe ser entre 50 y 45 GL (%Vol), no menos, para evitar el aumento de compuestos pesados y la disminución de componentes volátiles. En ese rango de grado alcohólico se obtienen valores centrados respecto a los requisitos físicos y químicos de la Norma Técnica del Pisco 211.001-2006.

RECOMENDACIONES:

1. Incluir en la Norma Técnica del Pisco 211.001-2006. otros componentes denominados pesados, puesto que se han encontrado solo dos: acidez volátil y furfural, existiendo muchos componentes de este tipo en el pisco, que son responsables de los defectos y que debieran de ser controlados.
2. Continuar con el modelamiento matemático en otras partes del proceso como condensador y hervidor.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- 1 Ángeles Caballero, César. **Peruanidad del Pisco**, Nueva Educación, Lima. 1972
- 2 Banco Latino - *Pisco, Bebida Tradicional y Patrimonio del Perú*. Banco Latino, Bogotá, 1999.
- 3 Banco Latino - **Crónicas y Relaciones que se refieren al origen y virtudes del Pisco, bebida tradicional y patrimonio del Perú**. Lima, 1990
- 4 Bolaños, R., E., Sampieri, B., S., Flores, N., A. y Vera, C., N., **Análisis del Efecto de la Presión en Destilación Flash con Soluciones Múltiples Aplicando Cálculos de Equilibrio Instantáneo y Equilibrio de Fases**, Información Tecnológica, Vol. 15 No. 2, 7-12 (2004).
- 5 Carrasco Gonzáles, José- **Estudio Técnico para el mejoramiento de la Calidad en la producción de Pisco**. Tesis UNI, 1993
- 6 Corporación Gastronómica S.A.C. **El Pisco Peruano. Cronología de un patrimonio**. Ciclo de ediciones de alta cocina. Primera edición. 2004. Lima, Perú.
- 7 CTAR. Libertadores - Wari - **Estudio Analítico de la realidad del pisco**, Chincha. 1996.
- 8 Dávila, P. A. y Ortiz, I., **Simulación del Proceso de Producción del Éter Etil Ter-Butílico (ETBE). Influencia de la Relación Etanol /Isobuteno**, Información Tecnológica, Vol. 15 No. 2, 3-6 (2004).
- 9 Distefano, G. P., **Mathematical Modeling and Numerical Integration of Multicomponent Batch Distillation Equations**, AIChE Journal, 14(1), 190-199 (1968).
- 10 Domenech, S. y M. Enjalbert, **Program for Simulating Batch Rectifications as a Unit Operation, Computers and Chemical Engineering**, 5(3), 181-184 (1981).
- 11 Elí Espinoza Atencia, **Evaluación sensorial de los alimentos UNJBG**, 2003 p.177
- 12 Farhat, S., CZernicki, M., Pibouleau, L. y Domenech, S., **Optimization of Multiple-Fraction Batch Distillation by Nonlinear Programming**, AIChE Journal, 36(9), 1349-1360 (1990).
- 13 Franco César. **Celebración del Pisco**. Centro de Estudios para el desarrollo y la participación (CEDEP). Primera edición. 1991. Lima, Perú
- 14 FUNDEAGRO - **Desarrollo de la Vitivinicultura en el Perú**, Lima 1991.
- 15 Karlekar B.V. y Desmond R.M.-Transferencia de calor. 2Ed. McGraw-Hill, México 1985.
- 16 PROMPERU - **Pisco, una tradición peruana de excelencia**. Lima. 1995

- 17 Ríos, D., S. Ríos y J. Martín, ***Simulación: Métodos y Aplicaciones***, Alfa omega, S.A., Colombia (2000).
- 18 SANTIAGO, Laura; PALACIOS, Antonio y GUERRAND, David ***Utilización de enzimas de maceración en vinificación en tinto***. UNIVERSIDAD DE LA RIOJA; Complejo Científico Tecnológico, Dto. Agricultura y Alimentación. Madre de Dios, 51.
- 19 Sundaram, S. y L.B. Evans, ***Shortcut Procedure for Simulating Batch Distillation Operations***, Ind. Eng. Chem. Res. 511-517 (1993).
- 20 Tasayco Cirino, ***La Industria Vitivinícola en el Perú: situación actual y perspectivas, en Fundación para el Desarrollo del Agro***, Desarrollo de la Vitivinicultura en el Perú, Lima 1991.
- 21 Treybal Robert E. Operaciones de Transferencia de masa, 2Ed. McGraw-Hill, México 1980.
- 22 UNIMUNDO S.A.C. ***Pisco – Arte y Tradición. Edición especial***. 2008. Lima, Perú.

APÉNDICE A

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 211.001
2006

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

BEBIDAS ALCOHÓLICAS. Pisco. Requisitos

ALCOHOLIC BEVERAGES. Pisco. Requirements

2006-11-02

7ª Edición

Prohibida su reproducción total o parcial

R.0091-2006/INDECOPI-CRT.Publicada el 2006-11-12

Precio basado en 11 páginas

I.C.S: 67.160.10

Descriptor: Pisco, bebida alcohólica, aguardiente de uva

BEBIDAS ALCOHÓLICAS. Pisco. Requisitos

1. OBJETO

Esta Norma Técnica Peruana establece los requisitos que debe cumplir el Pisco.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee, en todo momento, la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia.

2.1 Normas Técnicas Peruanas

- | | | |
|-------|------------------|--|
| 2.1.1 | NTP 210.001:2003 | BEBIDAS ALCOHÓLICAS. Extracción de muestras |
| 2.1.2 | NTP 210.027:2004 | BEBIDAS ALCOHÓLICAS. Rotulado |
| 2.1.3 | NTP 209.038:2003 | ALIMENTOS ENVASADOS. Etiquetado |
| 2.1.4 | NTP 210.003:2003 | BEBIDAS ALCOHÓLICAS. Determinación del grado alcohólico volumétrico. Método por picnometría. |
| 2.1.5 | NTP 210.022:2003 | BEBIDAS ALCOHÓLICAS. Método de ensayo. Determinación del metanol. |

- 2.1.6 NTP 210.025:2003 BEBIDAS ALCOHÓLICAS. Método de ensayo. Determinación de furfural.
- 2.1.7 NTP 211.035:2003 BEBIDAS ALCOHÓLICAS. Método de ensayo. Determinación de metanol y de congéneres en bebidas alcohólicas y en alcohol etílico empleado en su elaboración, mediante cromatografía de gases.
- 2.1.8 NTP 211.038:2003 BEBIDAS ALCOHÓLICAS. Método de ensayo. Determinación de aldehídos.
- 2.1.9 NTP 211.040:2003 BEBIDAS ALCOHÓLICAS. Método de ensayo. Determinación de acidez.
- 2.1.10 NTP 211.041:2003 BEBIDAS ALCOHÓLICAS. Método de ensayo. Determinación de extracto seco total.

2.2 Norma Metrológica Peruana

NMP 001:1995 PRODUCTOS ENVASADOS. Rotulado

3. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Técnica Peruana se aplica a los tipos de Piscos indicados en el Capítulo 5
CLASIFICACIÓN.

4. DEFINICIÓN

Para los propósitos de esta Norma Técnica Peruana se aplica la siguiente definición:

pisco: Es el aguardiente obtenido exclusivamente por destilación de mostos frescos de "Uvas Pisqueras" recientemente fermentados, utilizando métodos que mantengan el principio tradicional de calidad establecido en las zonas de producción reconocidas¹.

5. CLASIFICACIÓN

5.1 **Pisco puro:** Es el Pisco obtenido exclusivamente de una sola variedad de uva pisquera.

5.2 **Pisco mosto verde:** Es el Pisco obtenido de la destilación de mostos frescos de uvas pisqueras con fermentación interrumpida

5.3 **Pisco acholado:** Es el Pisco obtenido de la mezcla de:

- Uvas Pisqueras, aromáticas y/o no aromáticas.
- Mostos de uvas pisqueras aromáticas y/o no aromáticas.
- Mostos frescos completamente fermentados (vinos frescos) de uvas aromáticas y/o no aromáticas.
- Piscos provenientes de uvas pisqueras aromáticas y/o no aromáticas.

6. ELABORACIÓN Y EQUIPOS

6.1 **Elaboración:**

6.1.1 **Variedades de uvas pisqueras:** El Pisco debe ser elaborado exclusivamente utilizando las variedades de uva de la especie *Vitis Vinifera* L, denominadas "Uvas Pisqueras" y cultivadas en las zonas de producción reconocidas. Estas son:

¹ D.S. N° 001-91-ICTI/IND

6.1.1.1 Quebranta

6.1.1.2 Negra Criolla

6.1.1.3 Mollar

6.1.1.4 Italia

6.1.1.5 Moscatel

6.1.1.6 Albilla

6.1.1.7 Torontel

6.1.1.8 Uvina²

6.1.2 Son uvas no aromáticas las uvas Quebranta, Negra Criolla, Mollar y Uvina; y uvas aromáticas las uvas Italia, Moscatel, Albilla y Torontel.

6.1.3 Los equipos, máquinas, envases y otros materiales utilizados en la elaboración de Pisco así como la instalación o área de proceso deben cumplir con los requisitos sanitarios establecidos por la entidad competente para asegurar la calidad del producto.

6.1.4 El proceso de fermentación puede realizarse sin maceración o con maceración parcial o completa de orujos de uvas pisqueras, controlando la temperatura y el proceso de degradación de los azúcares del mosto.

² Variedad aceptada para elaborar pisco, hasta obtener la opinión favorable de la OIV (la misma que deberá ser obtenida en un plazo no mayor de 3 años), cuyo cultivo y producción se circunscribe únicamente a los distritos de Lunahuaná, Pacarán y Zúñiga (zona de producción reconocida con D.S. 001-91-ICTI/IND).

6.1.5 El inicio de la destilación de los mostos fermentados debe realizarse inmediatamente después de concluida su fermentación, a excepción del Pisco mosto verde.

6.1.6 El Pisco debe tener un reposo mínimo de tres (03) meses en recipientes de vidrio, acero inoxidable o cualquier otro material que no altere sus características físicas, químicas y organolépticas antes de su envasado y comercialización con el fin de promover la evolución de los componentes alcohólicos y mejora de las propiedades del producto final.

6.1.7 El Pisco debe estar exento de coloraciones, olores y sabores extraños causados por agentes contaminantes o artificiales que no sean propios de la materia prima utilizada.

6.1.8 El Pisco no debe contener impurezas de metales tóxicos o sustancias que causen daño al consumidor.

6.2 Equipos: La elaboración de Pisco será por destilación directa y discontinua, separando las cabezas y colas para seleccionar únicamente la fracción central del producto llamado cuerpo o corazón. Los equipos serán fabricados de cobre o estaño; se puede utilizar pailas de acero inoxidable. A continuación se describen estos equipos:

6.2.1 Falca: Consta de una olla, paila o caldero donde se calienta el mosto recientemente fermentado y, por un largo tubo llamado "Cañón" por donde recorre el destilado, que va angostándose e inclinándose a medida que se aleja de la paila y pasa por un medio frío, generalmente agua que actúa como refrigerante. A nivel de su base está conectado un caño o llave para descargar las vinazas o residuos de la destilación. Véase Figura 1.

Se permite también el uso de un serpentín sumergido en la misma alberca o un segundo tanque con agua de renovación continua conectando con el extremo del "Cañón".

6.2.2 Alambique: Consta de una olla, paila o caldero donde se calienta el mosto recientemente fermentado, los vapores se elevan a un capitel, cachimba o sombrero de moro para luego pasar a través de un conducto llamado "Cuello de cisne" llegando finalmente a un serpentín o condensador cubierto por un medio refrigerante, generalmente agua. Véase Figura 2.

6.2.3 Alambique con calienta vinos: Además de las partes que constituyen el alambique, lleva un recipiente de la capacidad de la paila, conocido como "Calentador", instalado entre ésta y el serpentín. Calienta previamente al mosto con el calor de los vapores que vienen de la paila y que pasan por el calentador a través de un serpentín instalado en su interior por donde circulan los vapores provenientes del cuello de cisne intercambiando calor con el mosto allí depositado y continúan al serpentín de condensación. Véase Figura 3.

No se permitirán equipos que tengan columnas rectificadoras de cualquier tipo o forma ni cualquier elemento que altere durante el proceso de destilación, el color, olor, sabor y características propias del Pisco.

7. REQUISITOS

7.1 Requisitos organolépticos

El Pisco debe presentar los requisitos organolépticos indicados en la Tabla 1.

Prohibida su reproducción total o parcial

TABLA 1 - Requisitos organolépticos del pisco

REQUISITOS ORGANOLEPTICOS	PISCO			
	PISCO PURO: DE UVAS NO AROMÁTICAS	PISCO PURO: DE UVAS AROMÁTICAS	PISCO ACHOLADO	PISCO MOSTO VERDE
DESCRIPCIÓN	Claro, límpido y brillante	Claro, límpido y brillante	Claro, límpido y brillante	Claro, límpido y brillante
ASPECTO	Claro, límpido y brillante	Claro, límpido y brillante	Claro, límpido y brillante	Claro, límpido y brillante
COLOR	Incoloro	Incoloro	Incoloro	Incoloro
OLOR	Ligeramente alcoholizado, no predomina el aroma a la materia prima de la cual procede, limpio, con estructura y equilibrio, exento de cualquier elemento extraño.	Ligeramente alcoholizado, recuerda a la materia prima de la cual procede, frutas maduras o sobre maduras, intenso, amplio, perfume fino, estructura y equilibrio, exento de cualquier elemento extraño.	Ligeramente alcoholizado, intenso, recuerda ligeramente a la materia prima de la cual procede, frutas maduras o sobre maduras, muy fino, estructura y equilibrio, exento de cualquier elemento extraño.	Ligeramente alcoholizado, intenso, no predomina el aroma a la materia prima de la cual procede o puede recordar ligeramente a la materia prima de la cual procede, ligeras frutas maduras o sobre maduras, muy fino, delicado, con estructura y equilibrio, exento de cualquier elemento extraño.
SABOR	Ligeramente alcoholizado, ligero sabor, no predomina el sabor a la materia prima de la cual procede, limpio, con estructura y equilibrio, exento de cualquier elemento extraño.	Ligeramente alcoholizado, sabor que recuerda a la materia prima de la cual procede, intenso, con estructura y equilibrio, exento de cualquier elemento extraño.	Ligeramente alcoholizado, ligero sabor que recuerda ligeramente a la materia prima de la cual procede, intenso, muy fino, con estructura y equilibrio, exento de cualquier elemento extraño.	Ligeramente alcoholizado, no predomina el sabor a la materia prima de la cual procede o puede recordar ligeramente a la materia prima de la cual procede, muy fino y delicado, aterciopelado, con estructura y equilibrio, exento de cualquier elemento extraño.

7.1.1 El Pisco no debe presentar olores y sabores o elementos extraños que recuerden a aromas y sabores de sustancias químicas y sintéticos que recuerden al barniz, pintura, acetona, plástico y otros similares; sustancias combustibles que recuerden a kerosene, gasolina y otros similares; sustancias en descomposición que recuerden a abombado; sustancias empíreas que recuerden a quemado, leña, humo, ahumado o cocido y otros similares así como otros semejantes a las grasas, leche fermentada y caucho.

7.1.2 Los olores y sabores enunciados líneas arriba son referenciales y no limitados.

7.2 Requisitos físico-químicos

7.2.1 El Pisco debe presentar los requisitos físicos y químicos indicados en la Tabla 2.

TABLA 2 - Requisitos físicos y químicos del pisco

REQUISITOS FÍSICOS Y QUÍMICOS	Mínimo	Máximo	Tolerancia al valor declarado	Método de ensayo
Grado alcohólico volumétrico a 20/20 °C (%) ⁽¹⁾	38,0	48,0	+/- 1,0	NTP 210.003:2003
Extracto seco a 100 °C (g/l)	-	0,6		NTP 211.041:2003
COMPONENTES VOLÁTILES Y CONGÉNERES (mg/100 ml A.A.) ⁽²⁾				
Esteres, como acetato de etilo	10,0	330,0		NTP 211.035:2003
• Formiato de etilo ⁽³⁾	-	-		
• Acetato de etilo	10,0	280,0		
• Acetato de Iso-Amilo ⁽³⁾	-	-		
Furfural	-	5,0		NTP 210.025:2003 NTP 211.035:2003
Aldehídos, como acetaldehído	3,0	60,0		NTP 211.038:2003 NTP 211.035:2003
Alcoholes superiores, como alcoholes superiores totales	60,0	350,0		NTP 211.035:2003
• Iso-Propanol ⁽⁴⁾	-	-		
• Propanol ⁽⁵⁾	-	-		
• Butanol ⁽⁵⁾	-	-		
• Iso-Butanol ⁽⁵⁾	-	-		
• 3-metil-1-butanol/2-metil-1-butanol ⁽⁵⁾	-	-		
Acidez volátil (como ácido acético)	-	200,0		NTP 211.040:2003 NTP 211.035:2003
Alcohol metílico				NTP 210.022:2003
• Pisco Puro y Mosto Verde de uvas no aromáticas	4,0	100,0		NTP 211.035:2003
• Pisco Puro y Mosto Verde de uvas aromáticas y Pisco Acholado	4,0	150,0		
TOTAL COMPONENTES VOLÁTILES Y CONGÉNERES	150,0	750,0		

NOTAS ADICIONALES AL CUADRO N°2:

(1) Esta tolerancia se aplica al valor declarado en la etiqueta pero de ninguna manera

deberá permitirse valores de grado alcohólico menores a 38 ni mayores a 48.

(2) Se consideran **componentes volátiles y congéneres del Pisco**, las siguientes sustancias: ésteres, furfural, ácido acético, aldehídos, alcoholes superiores y alcohol metílico.

(3) Es posible que no estén presentes, pero de estarlos la suma con el acetato de etilo no debe sobrepasar 330 mg. / 100 ml.

(4) Es posible que no esté presente.

(5) Deben estar presentes sin precisar exigencias de máximos y mínimos

8. MUESTREO

Las muestras se deberán extraer de conformidad con la NTP 210.001.

9. MÉTODOS DE ENSAYO

Los métodos de ensayo a seguir serán los establecidos en el capítulo 2 de esta NTP.

10. ROTULADO

10.1 El rotulado debe estar de acuerdo con la NTP 210.027, NTP 209.038 y NMP 001.

10.2 En la etiqueta se debe indicar la variedad de la uva pisquera y el valle de ubicación de la bodega elaboradora.

10.3 El uso de la denominación de la "Zona de Producción" está reservado exclusivamente al Pisco que se elabore y envase en la misma zona de donde proceden las uvas pisqueras utilizadas en su elaboración.

11. ENVASE

11.1 El recipiente utilizado para conservar, trasladar y envasar el Pisco debe ser sellado, no deformable y de vidrio neutro u otro material que no modifique el color natural del mismo y no transmita olores, sabores y sustancias extrañas que alteren las características propias del producto.

11.2 El envase utilizado para comercializar el Pisco debe ser sellado y sólo de vidrio o cerámica.

11.3 El envase debe proteger al Pisco de la contaminación.

12. ANTECEDENTE

12.1 NTP 211.001:2002 Bebidas Alcohólicas. Pisco. Requisitos

Prohibida su reproducción total o parcial

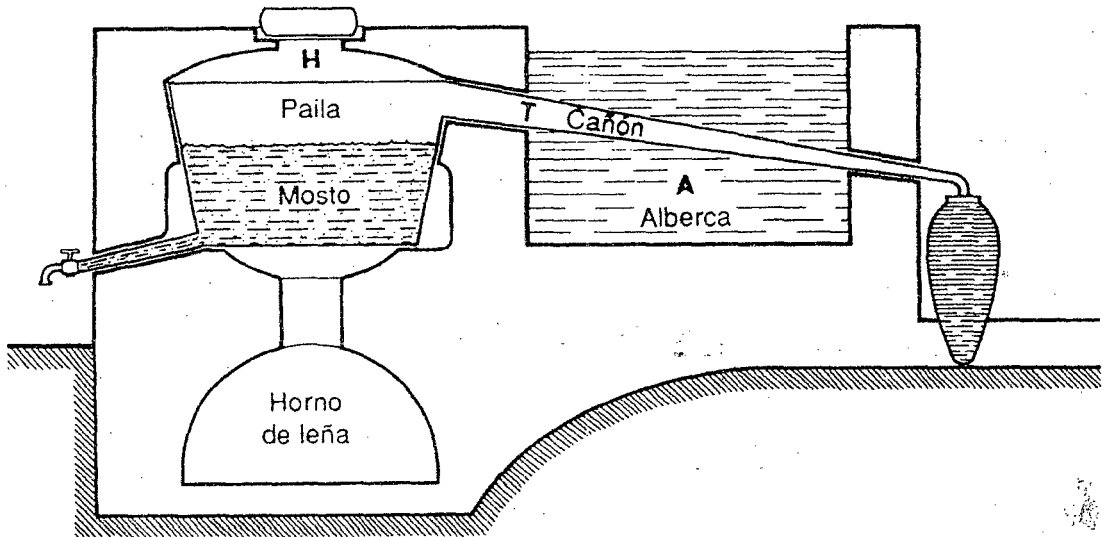


FIGURA 1 - Palca

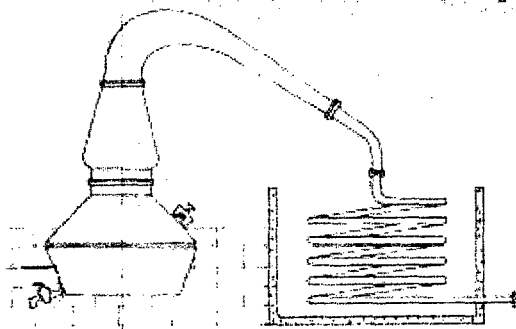


FIGURA 2 - Alambique

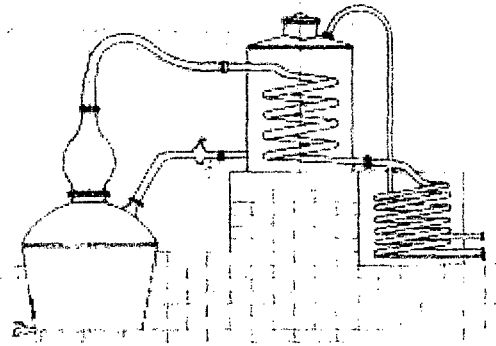


FIGURA 3 - Alambique con calentavinos

Prohibido