

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El Cañazo, (nombre propio usado en Tarija) es un aguardiente, o sea una bebida alcohólica proveniente de un fermentado alcohólico, cuyos sabores y aromas son originados por destilación de la materia prima. Se obtiene de subproductos de la industria azucarera o bien directamente del jugo de la caña.

El consumo del aguardiente de Caña de Azúcar, corresponde a una práctica ancestral instaurada por los españoles para hacer más fácil la colonización y la explotación laboral, la costumbre de ingerir dicha bebida fue impuesta para que los afros e indígenas trabajen jornadas prolongadas, duras y hasta riesgosas. Con la ingesta de licor no sentían el cansancio. (Diego Velasco, 2013).

Del mismo modo se le agregaron especias al aguardiente, que luego se las combinaron con hierbas para aumentar su potencial medicinal. Se creía que el aguardiente curaba una amplia variedad de dolencias, desde verrugas hasta pestes. Además, su uso no se limitaba a los humanos: si se enfermaba un caballo, esta mágica poción era capaz de restablecer la salud y la felicidad del animal.

Lo propio de los aguardientes es conservar residuos y, por tanto, sabor y características del fermentado alcohólico objeto de destilación. Por ese motivo para los aguardientes no se usa el moderno destilador que es capaz de destilar con facilidad a 96° GL, sino el alambique a la antigua, generalmente de cobre.

El destilado sale del alambique con graduaciones muy elevadas, en torno a los 60° GL, la legislación y costumbres fijan un máximo y un mínimo de graduación alcohólica para cada aguardiente. La banda oscila entre los 35°GL y los 45°GL.

Por mucho que se re-destile el producto, al comienzo y al final, el cohibido resultante no evita suficientemente la presencia de otros alcoholes dañinos como el isobutano, el butano y, sobre todo, el metanol, el más perjudicial de todos. Estos alcoholes dañinos agravan las resacas, perjudican la salud e incluso pueden producir ceguera y la muerte.

En el mercado local, actualmente la elaboración de cañazo se realiza por un reducido número de personas, las cuales hacen usos de los tradicionales alambiques, tropezando con la dificultad del desconocimiento de las técnicas adecuadas de elaboración en cuanto al proceso de destilación, lo que limita y disminuye la calidad de su producción.

Uno de estos elaboradores de cañazo es la industria artesanal "CAÑA REAL", que viene trabajando en el rubro de la elaboración de bebidas alcohólicas desde hace 5 años. Esta empresa de acuerdo a las necesidades actuales del mercado busca mejorar la calidad de sus productos, implementando controles más rigurosos del proceso de elaboración de cañazo.

Figura 1- 1.-Alambique utilizado en la industria artesanal "CAÑA REAL"



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Durante la investigación inicial de información sobre destilación de fermentados (Universidad Nacional Experimental de Táchira, 2014), se ha encontrado experiencias de mejora del proceso de destilación artesanal de fermentados para la obtención de etanol, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla I- 1.- Datos de operación y resultados obtenidos en los procesos de destilación de los fermentados

	Sin modificaciones	Con relleno	Con relleno y quemador
-Volumen de fermentado (L)	200	200	200
-Tipo de quemador	Artesanal	Artesanal	Comercial
-Tiempo de salida de la primera fracción (min)	30	53	137
-°GL de la primera fracción	70	73	80
-Temperatura de salida primera fracción (°C)	76	79,5	79,8
-Tiempo total de operación (min)	84	110	342
-Temperatura final de operación (°C)	95	95	95,5
-°GL de la última fracción	38	45	20
-Volumen total de alcohol obtenido (L)	35	35	41
-°GL de la mezcla final	47,1	47,2	47,3
-Observaciones: Sabor amargo en la última muestra.	Presente	Presente	Ausente

Fuente: Universidad Nacional Experimental de Táchira, 2014

La tabla I-1 Muestra que, mediante la realización de una mejora o transformación en el proceso productivo, se obtiene una mejor calidad del producto.

1.1.1 Descripción general del Producto: Cañazo

El cañazo es una bebida alcohólica, obtenida por la destilación de mostos fermentados preparados a partir de jugo de caña o de sus derivados, como son el melado o jugo concentrado.

Es un producto incoloro y su concentración alcohólica va de 35 a 45°GL.

1.1.2 Usos/aplicaciones/beneficios del Producto

Actualmente, el cañazo es usado como una bebida consumida por deleite por la población en general y en la elaboración de repostería.

En nuestro departamento los conocidos rosquetes, son preparados con cañazo, ya que se considera que este forma parte principal de los ingredientes durante la elaboración de roquetes, otorgándoles una esencia especial.

La información sobre las propiedades medicinales del cañazo a lo largo de muchos años se ha ido ampliando, reconociendo así a sus principales beneficios como tonificar el sistema inmunitario de la persona, bajar la probabilidad de las enfermedades del corazón, ya que genera una dilatación en la pared de las venas y arterias, al elevar la temperatura del cuerpo y facilitar el flujo sanguíneo.

1.1.3 Mercado

1.1.3.1 Mercado consumidor

Según la organización mundial de la salud en Bolivia se consume 339 millones de litros de bebidas alcohólicas al año.

Tabla I- 2.- Consumo de bebidas alcohólicas en Bolivia

BEBIDA	CONSUMO EN LITROS
Cerveza	343520666
Vino	11200000
Singani	64501270
Licores y Aguardientes	17962500
Ron	4150000
Cuba Libre	6009894
Vodka	951667
Fernet	400298

Fuente: Organización Mundial de la Salud, 2016

Mediante la Tabla I-2, se evidencia que, en el consumo de alcohol en nuestro país se tiene como bebida principal a la cerveza, pero de igual manera tanto el singani, el vino, licores y aguardientes presentan una cantidad considerable de consumo.

El mercado de cañazo se encuentra principalmente en las personas que lo consumen por deleite, es una bebida que puede ser consumida en cualquier tipo de evento social, el cual tiene una mayor demanda en el sector de la clase media - baja de la sociedad boliviana. La población consumidora presenta un rango de edad de los 18 a 40 años, siendo regularmente las mismas de ocupación trabajadores o estudiantes.

Para un análisis más amplio, se realizó encuestas en el departamento de Tarija, en la zona del mercado Campesino. La realización de las misma se vio dificultada por la falta de predisposición por parte de los comerciantes, pese a esto se pudo determinar el consumo aproximado de cañazo y los principales consumidores.

Tabla I- 3.- Datos obtenidos en las encuestas sobre la comercialización de cañazo

N° DE ENCUESTA	CANTIDAD COMERCIALIZADA POR SEMANA	CLIENTES POTENCIALES
1	80 litros	Población rural en general Población de Padcaya Comerciantes de barrio
2	100 litros	Población rural en general
3	50 litros	Población rural en general
4	30 litros	Población rural en general
Total: 4	Consumo promedio aproximado: 65 litros/semana	Cliente potencial: Población Rural

Fuente: Elaboración propia, 2018

La Tabla I-3 nos muestra que el consumo semanal de cañazo es considerable en nuestra región, por ello se debe exigir una mejor calidad del producto.

1.1.3.2 Mercado competidor

Como se mencionó anteriormente, en la actualidad no existen industrias productoras de cañazo en Bolivia que se encuentren establecidas bajo las normas de calidad, de tal forma que los licores existentes son el resultado de importaciones y producciones artesanales.

“CAÑA REAL” es una de las principales industrias artesanales en la región, la cual tiene una producción de 50 litros por semana, obteniendo su materia prima del municipio de Bermejo más específicamente de la zona de Nogalitos. Esta industria artesanal comercializa su aguardiente en todo el departamento, identificando como su principal consumidor el municipio de Padcaya debido a su uso en la elaboración de repostería, como ser en la preparación de rosquetes.

La presentación de su producto es en botellas plásticas de dos distintos tamaños, siendo característica su forma de “granada explosiva”.

Tabla I- 4.- Datos de producción de la Industria artesanal “CAÑA REAL”

TAMAÑO DE LA BOTELLA	PRECIO UNITARIO
Cuarto litro	6 Bs
Medio litro	10 Bs
Un litro	19 Bs

Fuente: Industria artesanal CAÑA REAL, 2018

Figura 1- 2.- Aguardiente de caña de azúcar de la industria artesanal “CAÑA REAL”



Fuente: Elaboración propia, 2018.

De igual manera existen otros lugares donde se elabora aguardiente de forma artesanal como ser en la región del Río Pilaya, San Isidro y Pampa Grande, las mismas que comercializan su producto a granel y generalmente se las puede encontrar a la venta en la zona del mercado Campesino.

1.1.4 Procesos tecnológicos empleados

La producción artesanal de cañazo es un líquido obtenido gracias al proceso de destilación del jugo de caña fermentada.

Los procesos de destilación aplicados en la industria para la elaboración de cañazo son principalmente el de destilación simple, el cual se realiza generalmente en un alambique de cobre, siendo un equipo utilizado para la destilación de líquidos por un proceso térmico que evapora los líquido de un soluto, para que éstos sean condensados en un sistema de enfriamiento. (Cobrelis, 2009)

También se aplica la destilación por medio de una columna fraccionada, la cual consiste en una torre en la que se dispone varios platos en forma vertical; por éstos pasa el vapor condensado y comienzan a evaporar las sustancias requeridas a la temperatura exacta calculada de una manera más rápido y eficiente. En este proceso se utiliza sólo líquidos libres de sólidos, ya que éstos dañarían los platos del sistema y colapsaría el proceso, haciéndolo ineficiente. (Alma Hierro, 2010)

Durante la investigación inicial de información sobre destilación de fermentados (Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa, 2017), se ha encontrado experiencias de evaluación de la calidad del destilado de aguardiente de anís obtenidos por destilación simple y fraccionada en una industria licorera, teniendo como resultados:

Tabla I- 5.- Características físicas y químicas del aguardiente de anís, obtenidos en ambos procesos

Proceso	Grado alcohólico	Acidez	Índice de éster	Índice de carbonilos
Destilación Simple	61,94	5,137	27,05	3,16
Destilación Fraccionada	61,00	2,541	8,31	8,22

Fuente: Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa, 2017

1.1.5 Materia Prima

En la elaboración de cañazo se requiere como principal materia prima a la caña de azúcar, la cual se encuentra potencialmente cultivada en Bermejo, donde se dispone de 8.698,2 hectáreas de caña de azúcar, como principal cultivo de verano con una producción de 9.130.658,8 quintales, según datos del Censo Agropecuario 2013, emitido por el Instituto Nacional de Estadística. Por lo cual será el lugar potencial de obtención de la materia prima.

Tabla I- 6.- Municipio Bermejo: superficie y producción de cultivos de verano, censo agropecuario 2013

CULTIVOS	SUPERFICIE (ha)	PRODUCCIÓN (qq)
Caña de azúcar	8.698,2	9.130.658,8
TCV frutas	529,0	0,0
Maíz	486,9	9.746,5
Naranja	207,5	17.312,7
Arroz con cáscara	174,9	2.286,6
Limón	120,5	2.242,5
Mandarina	113,0	5.931,3
Maní	109,2	1.955,0
Durazno	100,5	3.492,8
Otros cultivos	381,6	-

Fuente: Instituto Nacional de Estadística, 2013

Actualmente la mayor parte de la materia prima es utilizada en la industria azucarera de Bermejo IABSA, sin embargo, debido a problemas que la misma enfrenta grandes cantidades de caña de azúcar no son procesadas, generando la descomposición de la misma y a consecuencia una gran pérdida económica para los productores de caña de azúcar.

1.1.6 Variedades de caña de azúcar

Dentro del gran número de variedades existentes y que se cultivan, todas pertenecen al género *Saccharum*. W. Quezada (2007) menciona que, entre las principales variedades están:

- La caña criolla (*Saccharum Officinarum*): Es la que trajo Hernán Cortez, la más antigua, posee un jugo abundante y de la mayor riqueza en sacarosa, está dotada de gran vitalidad, alcanza una altura de 3 y medio metros y sus cañutos son delgados.
- La caña cristalina (*Saccharum Lubridatum*): Tallos de 6 y medio metros. El nombre de cristalina procede del aspecto en su tallo, cuyos cañutos están cubiertos de una capa de vello blanquecino que le comunican brillantes reflejos; el color de sus hojas es de un verde más oscuro que el de la otra variedad. Este tipo de caña es robusto y tiene mayor resistencia a las adversas condiciones meteorológicas; pero tiene el defecto de ser muy dura.
- La caña violeta (*Saccharum Violaceum*): Tiene los tallos con una coloración violeta y las hojas ofrecen un verde intenso. Tiene la ventaja de resistir mejor que las otras a las bajas temperaturas y ser también más precoz. Una de sus desventajas es su tendencia a secarse rápidamente y ser menos jugosas que sus congéneres.
- La caña veteada (*Saccharum Versícola*): Alcanza una altura de unos 3 metros y medio, resiste muy bien a los efectos del frío, es precoz y se distingue de las otras por su agradable aspecto rayado amarillo y violeta.

Las amplias variaciones en el tamaño, color y aspecto son resultado de las diversas condiciones de terreno, clima, método de cultivo y selección local.

1.1.7 Cosecha

El tiempo apropiado para la cosecha de la caña de azúcar se determina mediante el análisis de °Brix. Que se realiza en tres partes de la caña: punta, medio y base. La caña llega a su periodo óptimo de cosecha cuando la diferencia de °Brix entre las partes es mínima. En caso de cañas inmaduras °Brix en la punta es mucho menor al del medio y la base, ocurre al revés cuando la caña ha sobrepasado su periodo óptimo de cosecha. La faena (actividad) de la recolección se lleva a cabo entre los once y los dieciséis meses de la plantación, es decir, cuando los tallos dejan de desarrollarse, las hojas se marchitan y caen y la corteza de la capa se vuelve quebradiza. Se quema la plantación para eliminar las malezas que impiden el corte de la Caña, así como posibles plagas (ratas de campo, víboras, tuzas, etc.) que pudiesen causar daño a los cortadores. Actualmente existe maquinaria para realizar el corte de la caña, sin embargo, la mayor parte de la zafra o recolección sigue haciéndose manualmente.

1.1.8 Composición de la caña de azúcar

El valor nutricional y energético de la caña se debe a la cantidad de azúcar, especialmente sacarosa que alberga esta planta en el tallo.

La cantidad de azúcar en la caña ésta diferenciada en función de la variedad, suelo, labores de cultivo, riego, clima, entre otros; sin embargo, con el fin de tener presente la composición promedio del tallo de la caña de azúcar en época de zafra, se presente en la siguiente tabla. Tomando como referencia datos obtenidos de bibliografía.

Tabla I- 7.- Promedio de la Composición Química (%) de los tallos de la Caña de Azúcar

COMPONENTES	PORCENTAJE %
Agua	73 – 76
Sólidos	24 – 27
Sólidos Solubles (°Bx)	10 – 16
Fibra (seca)	11 – 16

Fuente: Manual de Caña de Azúcar, James C.P, Chen, 1991

1.1.9 Definición de Aguardiente

Son todas las bebidas alcohólicas secas o aromáticas obtenidas por destilación de mostos o pastas fermentadas, pueden ser de granos, caña, papa, etc. Esta palabra que deriva del término latín "agua ardens" con el que designaban al alcohol obtenido por medio de la destilación. (Ramírez de la Torre, 2010)

1.1.10 Clasificación de aguardientes

Los aguardientes se clasifican en dos tipos:

- Aguardientes simples. - Son aquéllos que se obtienen directamente por destilación de vinos, cereales y frutas sin adición de otras sustancias.
- Aguardientes complejos. - Son aquéllos que presentan aromas, colores o sabores distintos del aguardiente simple original por haber sido objeto de la adición de sustancias maceradas o de infusiones de productos vegetales, esencias, azúcares u otras bebidas alcohólicas. Existen aguardientes compuestos secos, semidulces y dulces. Los principales aguardientes compuestos reciben nombres muy diversos: licores, cremas, ponches, anisados, elixires, etc.

1.1.11 Aguardiente de jugo de caña de azúcar (Cañazo)

El aguardiente del jugo de caña de azúcar es un destilado de 40°GL, transparente, cuyo sabor y aroma es originado por la destilación de su materia prima.

El producto, se encuentra dentro del rubro de bebidas del sector manufacturero, debido a la transformación del jugo de la caña en un producto de consumo, listo para su comercialización directa o a través de distribuidores que los aproximan a los consumidores.

Dentro de la clasificación industrial internacional unificada-CIIU; el producto se encuentra identificado con el código 313, que representa al sector de la industria de Alimentos, bebidas y Tabaco.

1.1.12 Caracterización del Producto

1.1.12.1 Definición del producto en la Norma Boliviana

La definición de Cañazo (aguardiente de caña de azúcar) se encuentra en la Norma Boliviana de Bebidas alcohólicas-definiciones generales 342-79, la cual dice que es

toda bebida que procede de la fermentación alcohólica y destilación especial de zumos, Jarabes, mieles, melazas y otros productos de la caña de azúcar.

1.1.12.2 Composición del Cañazo

El cañazo según la normativa boliviana debe presentar la siguiente composición:

Tabla I- 8.-Características físicas y químicas para el Cañazo, establecidas para la legislación boliviana

Componente	Unidades	Limite	
		Mínimo	Máximo
Acidez total	g/l	0	1000
Aldehídos	g/l	20	300
Alcoholes superiores	g/l	150	1200
Cobre	mg/l	0	6
Ésteres	hl (Acetato de Et)	10	2000
Extracto seco	g/l	De acuerdo al tipo de licor	
Grado alcohólico	°GL (a 20°C)	35	45

Fuente: Centro Vitivinícola de Tarija (CEVITA), 2018

1.1.13 Principio de la destilación

La destilación es un proceso de obtención de sustancias volátiles de forma purificada, el cual consiste en calentar un líquido hasta que sus componentes más volátiles pasan a la fase de vapor y, a continuación, enfriar el vapor para recuperar dichos componentes en forma líquida por medio de la condensación.

1.1.13.1 Destilación simple

La destilación simple permite separar componentes de una mezcla líquida con punto de ebullición diferentes. A mayor diferencia entre puntos de ebullición más eficiente es la separación.

A nivel industrial; para la destilación simple utilizan alambique, considerado el dispositivo más antiguo usado para la destilación de mostos fermentados, como de

esencias vegetales. Los componentes de una instalación típica de destilación basada en alambique simple son, fuente de calor, caldero, brazo, condensador, probeta, recipiente colector de destilado y termómetro (Iñiguez, 2010).

El término alambique se refiere al recipiente en el que se hierva los líquidos durante la destilación, pero a veces se aplica al aparato entero. (Ramírez, 2010).

Para la fabricación de alambiques, el cobre es el material adecuado, también el acero inoxidable en vez de cobre, representa una solución viable para evitar problemas con la formación de carbonato básico de cobre” (Mendoza Aguayo, 2006).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Optimizar el proceso tecnológico de elaboración de Cañazo (aguardiente de Caña de Azúcar) en Industria Artesanal, Caña Real (Tarija), analizando el proceso de destilación, para mejorar la calidad del producto.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar el producto actual: Cañazo (Aguardiente de caña de azúcar) que se produce en Industria Artesanal, Caña Real (Tarija)
- Definir y conceptualizar la problemática del proceso tecnológico de elaboración de Cañazo (Aguardiente de caña de azúcar) en Industria Artesanal, Caña Real (Tarija), analizando y seleccionando la alternativa de optimización del proceso tecnológico de elaboración de Cañazo.
- Caracterizar el producto obtenido experimentalmente: Cañazo (Aguardiente de caña de azúcar).
- Realizar el análisis económico del proceso tecnológico optimizado de elaboración de Cañazo (Aguardiente de caña de azúcar) en Industria Artesanal, Caña Real (Tarija).

1.3 Justificación

La justificación del presente trabajo, se realizará en base a cuatro principales factores:

1.3.1 Impacto Tecnológico

En el departamento de Tarija, se identificó que la elaboración de cañazo presenta una carencia de innovación tecnológica pues se evidencia la aplicación de métodos tradicionales.

Generando una falta de competitividad, debido a que no ofrecen la calidad adecuada en los productos del mercado referente, es por esta razón que se implementará una forma industrial de elaboración del producto, realizando la aplicación de métodos y parámetros óptimos de elaboración de aguardiente de caña de azúcar, con el fin de una obtención apropiada del producto y reconociendo de la misma manera las ventajas que conlleva.

1.3.2 Impacto Económico

La posibilidad de brindar valor agregado a un bien primario producido en la región se constituye en un incentivo económico para los intervinientes en toda la cadena productiva, ampliando la oferta de nuevos empleos y en sostenimiento de los existentes en la misma. Como también otorgando una alternativa más a la gente productora de caña de azúcar, la cual se ve gravemente afectada debido a las pérdidas económicas generadas por los problemas existentes en la principal fuente de adquisición de esta materia prima IABSA Tarija, quedando muchos productores con cantidades significativas de caña de azúcar sin poder ser introducidas al mercado.

1.3.3 Impacto Social

A pesar de que existen procesos artesanales en nuestra región para la elaboración de cañazo, estos no poseen un adecuado proceso, por lo que se realizan de manera ilegal y puede ser perjudiciales para las personas que consuman estos productos. Debido a esto se pretende una optimización del proceso tradicional de elaboración de cañazo, generando un producto de calidad y garantía para la salud humana, recuperando al mismo tiempo la tradición de la elaboración de dicha bebida en nuestra región.

También se considera que en el departamento de Tarija existe un consumo semanal de aproximadamente 250 litros (dato referencial obtenido por parte de la industria artesanal CAÑA REAL), de los cuales se estima que alrededor de 100 litros son consumidos en el municipio de Padcaya para la elaboración de rosquetes y al representar éstos un producto tradicional del departamento, se podrá obtener una mejor calidad del mismo, al elaborarse con ingredientes que se encuentren bajo los parámetros de calidad adecuados.

1.3.4 Impacto Ambiental

En los distintos procesos tradicionales de elaboración de aguardiente, existen grandes consumos de recursos naturales sin ningún control, ya sea en el uso de un fluido refrigerante o del combustible utilizado para calentar los alambiques y generar la destilación. Por lo cual, se pretende identificar las condiciones óptimas de producción de aguardiente de caña de azúcar, para utilizar de una forma más adecuada y controlada estos recursos.

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

CAÑA REAL es una industria dedicada a la elaboración de cañazo y singanis desde hace 5 años, aunque la elaboración de cañazo fue incorporada hace aproximadamente 2 años; esta industria contribuye como fuente generadora de empleo y desarrollo industrial para el país. Actualmente, busca lograr un mayor crecimiento en la producción y en la calidad de sus productos, con el objeto de satisfacer requerimiento de la demanda local.

El señor Julio Cesar Gutiérrez Jaramillo asume el cargo de propietario de la industria artesanal CAÑA REAL, mismo que empezó en este rubro por el gusto que le tenía a esta variedad de bebidas.

Actualmente esta industria artesanal, cuenta con un amplio mercado consumidor de sus distintos productos en los departamentos de Potosí, La Paz y Tarija.

A continuación, se presenta las generalidades de la industria artesanal CAÑA REAL, con contenidos como la descripción de la industria, el área donde se encuentra ubicada geográficamente y los diversos procesos que se verifican.

2.1 Materias primas e insumos

Los materiales que se utilizan en el proceso de elaboración de Cañazo en industria artesanal CAÑA REAL son casi, en su totalidad, de importancia. Reconociendo a los mismos como la caña de azúcar, levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), agua y azúcar.

Tabla II- 1.- Materias primas e insumos para la industria artesanal “CAÑA REAL”

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Caña de Azúcar	La caña de azúcar empleada en la industria CAÑA REAL es de la variedad caña morada, la cual pertenece la clasificación de caña tipo violeta, ésta es utilizada debido a que el contenido de azúcares en la misma no es elevado, facilitando así la obtención del Cañazo en las condiciones necesarias. El requerimiento de dicha materia prima se la hace desde la comunidad de Nogalitos perteneciente al municipio de Bermejo, donde la caña es cosechada mediante el proceso mecánico sin ser quemada previamente, debido a que esto obligaría a que el proceso se realice el mismo día que se reciba la materia prima. La cantidad de caña de azúcar que adquiere la industria CAÑA REAL es de 4 tonelada al mes, únicamente en época de zafra siendo éstos los meses de septiembre, octubre y noviembre, mismos que varían según la producción de cada año.
Levadura (Saccharomyces cerevisiae)	La levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i> es una levadura heterótrofa, que obtiene la energía a partir de la glucosa y tiene una elevada capacidad fermentativa. CAÑA REAL utiliza 80 g de levadura por cada 400 L de jugo de caña de azúcar, para dar inicio al proceso fermentativo, donde el método de control de dicho proceso se basa en cuidar el momento en el que las levaduras se estacionan es decir cuando ya no hay ningún

	sonido en el interior del recipiente de fermentación y un control en la temperatura.
Agua	Para realizar el proceso de elaboración de Cañazo es de vital importancia la utilización de agua, ya sea como materia prima o como insumo. En algunas situaciones es necesaria la adición de agua al jugo extraído de la caña de azúcar, debido a que el mismo podría haber excedido los °Bx adecuados para el proceso. La cantidad que se la utiliza depende del nivel de exceso de los °Bx. También el agua es utilizada como fluido refrigerante durante todo el proceso de destilación, siendo esta sustancial para un óptimo proceso.
Agua de manantial	El agua de manantial, se utiliza para el rebaje que se le hace al cañazo, cuando el mismo presenta °GL elevado, considerando que este tipo debe ser de óptima calidad: incolora, insípida, pero también muy pobre en sales disueltas que, al encontrarse con graduaciones alcohólicas muy altas, provocan precipitación y enturbian el producto. Este tipo de agua se la recolectada directamente de la naturaleza, más específicamente del pueblo de San Andrés.
Azúcar	El azúcar utilizado para la producción de Cañazo, es azúcar refinada, misma que viene en un envase de 46 kg, para agrega al jugo de caña de azúcar cuando este presenta una cantidad de °Bx relativamente baja, ya que, se pretende alcanzar el valor establecido por la industria, que oscila entre los 10 – 11 °Bx.

Fuente: Elaboración propia, 2018

2.2 Localización de la Planta

La industria artesanal CAÑA REAL se encuentra localizada en la ciudad de Tarija, ubicada en la zona del Portillo y presentado las siguientes coordenadas geográficas:

- Latitud: 21° 34'10.49'' S
- Longitud: 64° 39'37.46'' O

Figura 2- 1.-Descripción Grafica: Ubicación de “CAÑA REAL”



Fuente: Google Earth Pro, 2018

Alrededor de la industria se desarrollan las siguientes actividades:

- Al norte aproximadamente a 500 m, se encuentra la carretera al Chaco Tarijeño y algunas viviendas.
- Al sur colinda únicamente con terrenos donde algunos poseen plantaciones de viñedos y otra simple vegetación.
- Al oeste aproximadamente a unos 200 m, colinda con una industria productora de alimento balanceado, de la cual está separada por terrenos y una calle.
- Al este colinda con únicamente terrenos de diversas producciones como ser uva y papa.

2.2.1 Descripción del entorno de CAÑA REAL

2.2.1.1 Clima y Meteorología

La industria se encuentra ubicada en la zona del Portillo de la ciudad de Tarija, lugar donde se caracteriza por tener un clima templado. Según estudios de la estación meteorológica “Aeropuerto” tomando como base 6 años de observación las características climáticas de la zona son:

Tabla II- 2.- Datos históricos de los aspectos climáticos en la ciudad de Tarija

Año	Precipitación pluvial total (mm)	Humedad relativa media %	Temperatura promedio (°C)	Temperatura máxima promedio (°C)	Temperatura mínima promedio (°C)
2010	479,1	61,2	18,2	26,2	10,3
2011	657,7	61,7	-	-	10,3
2012	571,7	60,8	18,9	27,3	10,6
2013	427,0	59,0	18,5	26,9	10,1
2014	471,6	59,3	19,0	27,3	10,8
2015	759,0	60,7	19,0	27,4	10,6
2016	387,4	61,9	18,3	26,4	10,2

Fuente: Estación meteorológica “Aeropuerto”, 2018

2.2.1.2 Vías de acceso y Transporte

La zona del Portillo cuenta con un buen sistema de comunicación vial, ya que se encuentra la carretera al Chaco, lo cual es beneficioso pues facilita la transportación del personal como de insumos requeridos para la elaboración de caña.

Aunque en la mayoría, las calles no se encuentran debidamente asfaltadas, ni reciben la limpieza necesaria, dificultando el ingreso hasta la industria artesanal CAÑA REAL en épocas de lluvia.

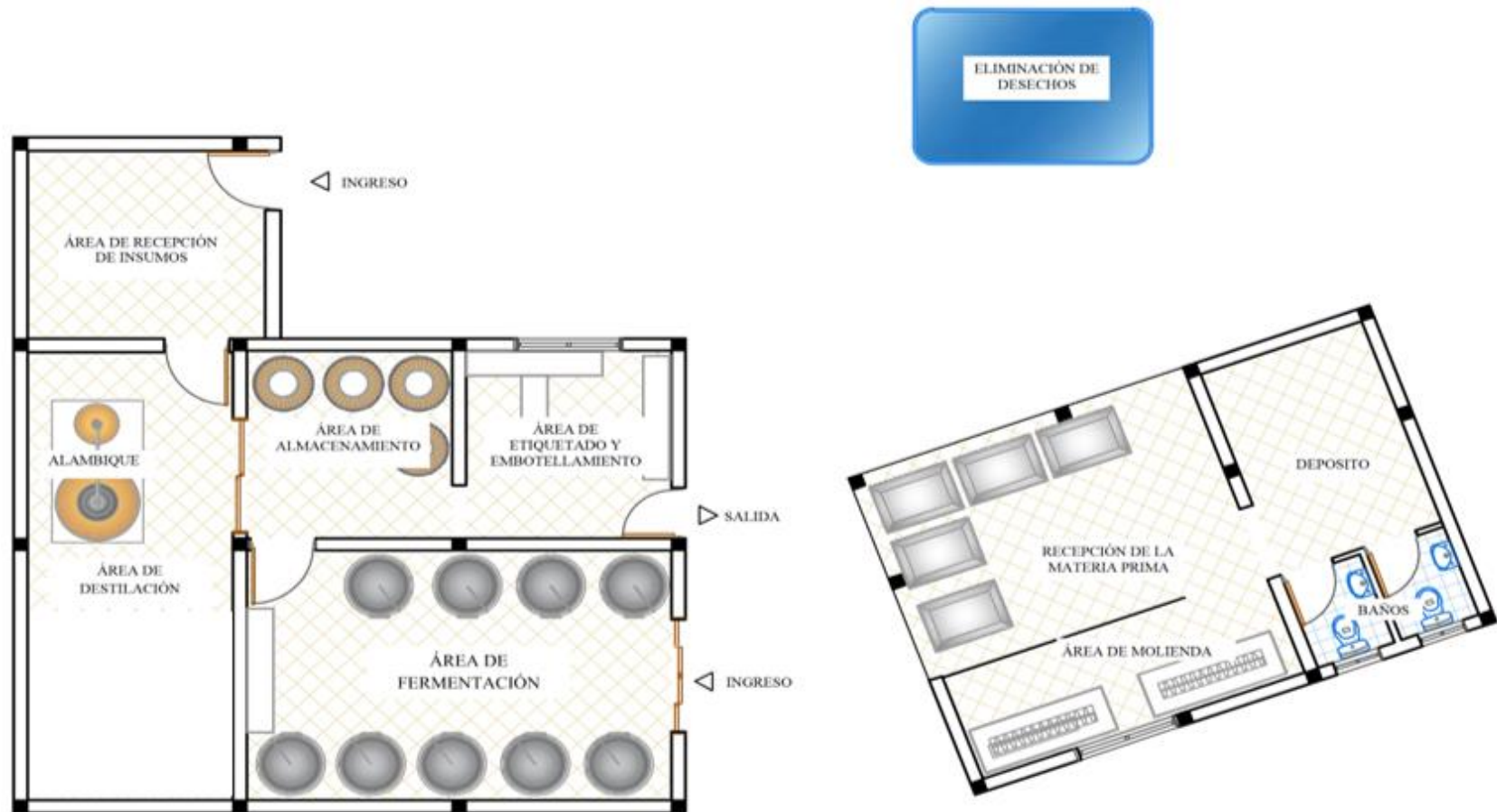
2.3 Distribución de la planta

La industria artesanal CAÑA REAL está constituida físicamente por seis áreas distintas en las cuales se identifica área de molienda, área de fermentación, área de destilación, área de almacenamiento, área de etiquetado y área de recepción de insumos,

presentando al mismo tiempo una extensión relativamente reducida en cuanto a la infraestructura, pero no así en la extensión total del terreno.

A continuación, se muestra el Plano de la distribución de la industria artesanal CAÑA REAL, en el cual se puede observar en forma exacta el sitio en el que se ubica cada una de las áreas mencionadas anteriormente.

Figura 2- 2.- Plano de distribución de la industria artesanal "CAÑA REAL"



2.4 Servicios Auxiliares

La industria artesanal CAÑA REAL, cuenta con los servicios de:

Tabla II- 3.-Servicios Auxiliares

SERVICIO	EMPRESA PROVEEDORA
Energía Eléctrica	SETAR
Agua	Pozo perteneciente a la población.
Gas natural	YPFB

Fuente: Elaboración propia, 2018

En la tabla expuesta, se puede observar que no se encuentra como un servicio disponible al recojo de residuos sólidos, debido a que éste no se realiza por ningún tipo de empresa en la zona.

2.4.1 Energía Eléctrica

La industria artesanal CAÑA REAL, es provista de energía eléctrica únicamente de la empresa SETAR, contando únicamente con energía bifásica (220 V). Razón por la cual presenta inconvenientes en el uso de equipos que requieran energía trifásica (380 V), como ser el caso de un molino de mayor capacidad.

Actualmente la industria artesanal CAÑA REAL cuenta con un solo equipo conectado a una red bifásica:

Tabla II- 4.-Descripción de equipos disponibles en CAÑA REAL

EQUIPO	DESCRIPCIÓN
Molino de caña de azúcar	Equipo utilizado en el proceso de extracción del jugo de la caña de azúcar para que la misma posteriormente pueda ser procesada. Este equipo consta de una capacidad de extracción de jugo de caña de azúcar de 100 l/h y dispone de tres rodillos.

Fuente: Elaboración propia, 2018

2.4.2 Agua

CAÑA REAL, se abastece de agua proveniente de un pozo propio del pueblo, el cual es transportado mediante cañería hasta el lugar de la industria, donde se lo destina a la zona únicamente de lavado y como medio refrigerante durante el proceso de destilación.

En este momento la industria cuenta con tuberías y una pequeña construcción destinados para la recogida y transporte de las aguas residuales e industriales, que se generan, pero las mismas no reciben ningún tipo de tratamiento, simplemente son canalizadas para su desalojo.

2.4.3 Gas Natural

El consumo de gas natural en la industria artesanal, se encuentra destinado a un solo sector, que es el área de destilación, donde el caldero del alambique demanda el uso de gas natural, para poder así dar inicio al proceso de destilación.

Este servicio no es proporcionado por medio de gasoducto, sino que se lo adquiere en garrafas de 10 kg provistas semanalmente por la industria.

2.5 Manejo de materiales

El proceso de elaboración de cañazo, comienza con la recepción de las materias primas, las mismas que son caña de azúcar, agua de manantial y levadura.

Podemos de la misma forma clasificar a los insumos necesarios para la producción, tales como botellas plásticas de las cuales se tiene de tres diferentes tamaños de cuarto litro, medio litro y de un litro, tapas a rosca y etiquetas, las mismas donde se encuentran los datos de la marca u otra imagen descriptiva o gráfica.

Cada vez que llega un nuevo camión con alguna de las materias primas o insumos descritos anteriormente, el personal encargado realiza el descargo en la zona de depósito, para posteriormente ser utilizada durante el proceso productivo. Si alguna materia prima o insumo es detectado con algún defecto o irregularidad, se informa al dueño de la industria, el mismo que toma la decisión de las medidas a tomar ante esta situación.

2.5.1 Departamento de Producción

En el departamento de producción se encargan directamente de la utilización de los insumos, identificando e informando acerca de alguna irregularidad que puedan surgir ya sea en el proceso de fermentación o destilación, mismas que pueden generar variaciones en el plan de producción.

2.5.2 Embotellado y etiquetado

En esta área se recepciona todos los materiales necesarios para embotellar, etiquetar y acondicionar el producto tales como botellas plásticas, etiquetas, pegamento, cartón, plástico y tapas, de forma que el producto se encuentre listo para su comercialización.

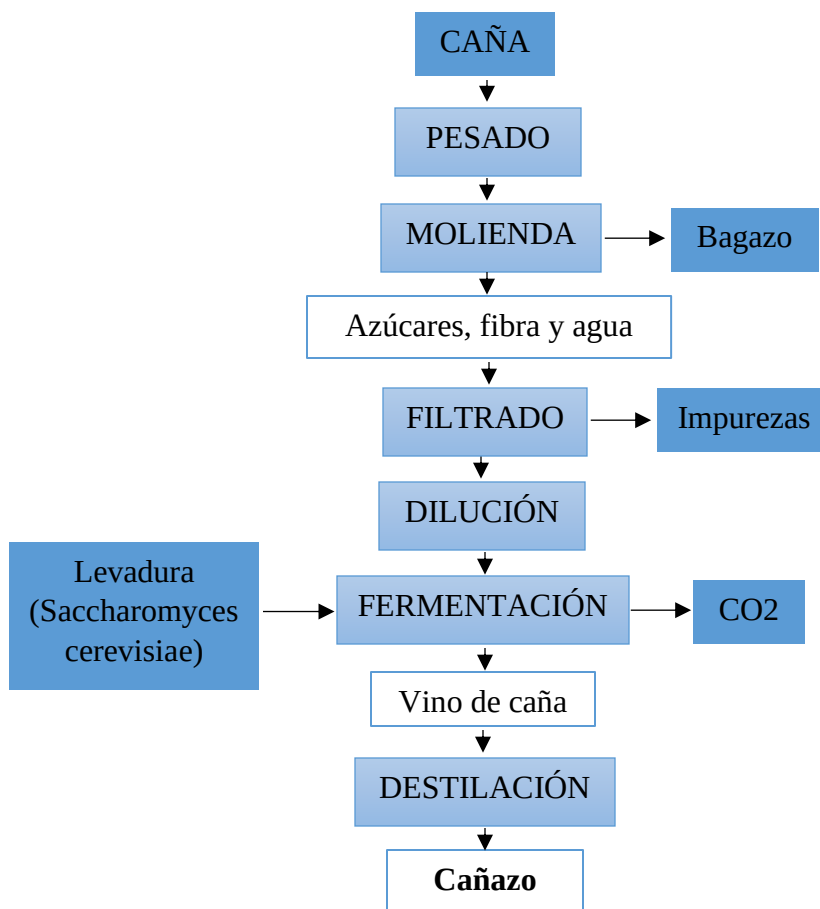
Ninguno de los insumos mencionados es elaborado en la industria, siendo éstos adquiridos de distintos fabricantes, por lo que son simplemente recepcionados y controlados en cuanto a su calidad.

Las botellas son adquiridas de la fábrica “FORMAS PLÁSTICAS” en sus tres distintos tamaños y con el diseño de una granada que caracteriza al producto.

Las etiquetas utilizadas son etiquetas tipo lamina, las cuales llegan con una cantidad de 1000 piezas.

2.6 Operación y Control

A continuación, se desarrolla el esquema del proceso productivo en la industria artesanal CAÑA REAL:

Figura 2- 3.-Diagrama de bloques para el proceso de obtención de Cañazo

Fuente: Elaboración propia, 2018.

El diagrama de bloques presentado en la Figura 2-3 será dividido en 3 partes para su desarrollo.

2.6.1 Preparación y molienda de la materia prima

En esta fase se obtiene a la materia prima (caña de azúcar) para ser posteriormente pesada y enviada al molino directamente. Donde se utilizará un molino de la industria Artesanal CAÑA REAL, el cual consta de tres rodillos y presenta una capacidad de molienda de 100 Kg/h.

A continuación, al jugo extraído se le realiza una filtración del jugo de caña para separar las impurezas que éste pueda contener.

2.6.1.1 Verificación de las Condiciones de Operación y Control del Molino de caña de azúcar

A continuación, se detalla las condiciones de operación del molino de caña de azúcar perteneciente a la industria artesanal CAÑA REAL.

Tabla II- 5.-Condición de Operación y Control en el Molino

EQUIPO	DESCRIPCIÓN GRÁFICA	CONDICIONES DE OPERACIÓN	CONDICIONES DE CONTROL
Molino de Caña de azúcar		El equipo requiere de energía eléctrica proveniente de una fuente trifásica para su puesta en marcha.	Capacidad de admisión de caña durante el proceso.

Fuente: Elaboración propia, 2018

2.6.2 Fermentación del jugo de caña de azúcar extraído

Durante esta fase se usa tinacos de agua como recipientes de almacenamiento del jugo de caña de azúcar, dejándolo reposar ahí al jugo y adicionando la levadura *Saccharomyces Cerevisiae* al mismo para poder así dar inicio al proceso de fermentación.

2.6.2.1 Verificación de las Condiciones de Control de los tanques de fermentación

Mediante la presente Tabla II-6 se pretende reconocer las condiciones de control que se deben establecer para dar inicio a un adecuado proceso de fermentación.

Tabla II- 6.- Condiciones de Control en tanques de fermentación

EQUIPO	DESCRIPCIÓN GRÁFICA	CONDICIONES DE CONTROL
Tanques de fermentación		Antes del uso del equipo se debe controlar que el mismo no se encuentre contaminado con residuos de fermentaciones anteriores u otro tipo de residuos que puedan influir en el proceso fermentativo.

2.6.3 Destilación del vino de caña

Finalmente se procede a la destilación del vino de caña obtenido, donde se emplea un alambique de cobre de tipo francés, considerando la importancia que implica esta etapa durante el proceso se realiza una inspección en cuanto a las condiciones de operación y control.

2.6.3.1 Verificación de las Condiciones de Control y Operación del Alambique

A continuación, en la tabla II-7 se muestra las condiciones de control y operación del alambique usado en la industria artesanal CAÑA REAL.

Tabla II- 7.- Verificación de las Condiciones de Control y Operación del Alambique

EQUIPO	DESCRIPCIÓN GRÁFICA	CONDICIONES DE CONTROL	CONDICIONES DE OPERACIÓN
Alambique tipo Francés		Verificar el nivel del vino de caña que se encuentra en el caldero. Verificar que el calentamiento otorgado por la fuente de calor sea la adecuada para el proceso de destilación.	Verificar la válvula de paso de agua al refrigerante. Antes de iniciado el proceso de destilación el alambique debe calentar por un tiempo mínimo de 2 horas aproximadamente

Fuente: Elaboración propia, 2018

Una vez expuestas todas las precauciones en cuanto a las condiciones de control y operación, de cada equipo usado en las distintas etapas de elaboración de Cañazo, descritas en la Tablas II-5, II-6 y II-7 los mismos pueden ser iniciados y utilizados.

2.7 Eliminación de efluentes

En todo proceso productivo se generan desechos de los cuales, algunos son reciclables y otros no. En la industria artesanal CAÑA REAL se generan desechos, producto de la elaboración de cañazo, tales como, bagazo de caña de azúcar y aguas residuales. En el medio no se tiene conocimiento de alguna planta que pueda tratar de una manera

apropiada este tipo de desechos, por lo que su destino final son los colectores municipales y en muchas ocasiones el bagazo es donado a los comunarios para que pueda usarlo como alimento para animales.

En la industria CAÑA REAL se debe llevar un buen manejo de los efluentes sólidos, derivados de las materias primas que se emplean en la realización de un proceso productivo. El manejo de los efluentes sólidos debe ser parte de la política de seguridad e higiene industrial propia, disciplina que prevé las enfermedades profesionales sobre sus dos grandes variables que son: el hombre y sus ambientes de trabajo.

2.7.1 Tipo de efluentes

Los materiales clasificados como efluentes corresponden a sobrantes que no se utilizan como materia prima dentro de un proceso productivo, los cuales pueden ser bagazo de la caña de azúcar y las aguas utilizadas durante el proceso de destilación como también la vinaza que se genera.

Figura 2- 4.-Efluente sólido se identificó como tal a el bagazo, generado posterior al proceso de molienda



Fuente: Industria artesanal CAÑA REAL, 2018.

Figura 2- 5.-Efluentes líquidos generados durante el proceso de producción de cañazo, tales como vinaza y aguas residuales



Fuente: Industria artesanal CAÑA REAL, 2018.

2.7.2 Manejo actual de los desechos

Actualmente, el acopio de los desechos sólidos se efectúa en recipientes plásticos y toneles, para ser posteriormente trasladados a las viviendas de comunarios los cuales le proporcionan el uso de alimento para animales. Mientras que los desechos líquidos generados no reciben ningún tipo de tratamiento, únicamente son depositados a una piscina de almacenamiento.

CAPÍTULO III

CONCEPCIÓN Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

CAPÍTULO III

CONCEPCIÓN Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

3.1 Identificación del problema

Para la industria artesanal CAÑA REAL es fundamental la mejora continua, buscando óptimas formas de elaborar sus productos y obteniendo así una buena calidad en los mismos. Es en este sentido que se vuelve fundamental, encontrar una manera de perfeccionar este proceso y es en la etapa de destilación donde se ha encontrado un buen tópico, tomando en cuenta que de esta etapa depende en gran medida la calidad con la que se obtiene el cañazo.

Además, al desarrollar de una forma deficiente esta etapa conlleva a pérdidas económica, debido a la reducción del rendimiento en el producto final.

Actualmente la industria artesanal CAÑA REAL, en su proceso de destilación no aplica ningún tipo de control constante en las distintas variables, tales como temperatura tanto de calefacción como del fluido de refrigeración, teniendo como resultado productos que no se encuentran dentro de la calidad adecuada exigida. También se debe reconocer que esta industria artesanal enfrenta problemas en cuanto a la reducción de °GL en sus destilados obtenidos, ya que los mismos no aplican un rebaje adecuado.

El objetivo de la industria artesanal es elaborar un producto de buena calidad que cumpla con los parámetros establecidos, con el fin de ampliar el mercado consumidor.

A continuación, se expone en la siguiente tabla los resultados de un análisis realizado a una muestra del producto actual de la industria artesanal CAÑA REAL:

Tabla III- 1 Análisis de una muestra de Cañazo, que se elabora actualmente en la industria artesanal CAÑA REAL (puesto a la venta)

No.	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADOS	REQUISITOS	
				Mínimo	Máximo
1	Acidez Total	g/l (Acido tarta)	0,288	0	1000
2	Aldehídos	g/l	65	20	300
3	Alcoholes Superiores	g/l	35	150	1200
4	Cobre	mg/l	0,808	0	6
5	Ésteres	hl (Acetato de Et)	387	10	2000
6	Extracto Seco	g/l	0,147	De acuerdo al tipo de singani	
7	Grado Alcohólico	°GL (a 20°C)	47,4	35	45

Fuente: Centro Vitivinícola Tarija (CEVITA), 2018

La tabla III-1 fue elaborada para demostrar que el producto actual de la industria artesanal CAÑA REAL no cumple en su conjunto todos los parámetros de calidad, estando más evidente en el grado alcohólico con un valor de 47,5 °GL (valor proveniente después de la dilución realizada al producto), encontrándose fuera de los rangos permisibles por la norma los cuales se encuentran en el rango de 35 – 45 °GL y siendo éste uno de los parámetros más importantes para controlar durante el proceso de destilación. Asimismo, los productores de la industria artesanal CAÑA REAL han dado a conocer que presentan constantes problemas con el control de metanol y alcoholes superiores, debido a que no manejan un control del proceso, lo cual se puede evidenciar en el resultado de 35 g/l en alcoholes superiores, encontrándose muy por debajo del rango permisible establecido por la norma.

3.2 Descripción de alternativas técnicas de solución

Considerando la importancia que implica cada fase del proceso, se estableció que la más relevante es la etapa de destilación debido que durante la misma se determina el contenido de alcoholes superiores, metanol y grado alcohólico en el destilado, afectando así a la calidad, sabores y aromas del mismo.

Para optimizar el proceso de destilación y de esa manera poder controlar el grado alcohólico, contenido de metanol y alcoholes superiores presentes en el producto final, se describirán las opciones más significativas para el proceso.

Las siguientes alternativas de solución son seleccionadas en función a un análisis previo realizado a la industria artesanal CAÑA REAL observando las deficiencias que presenta la misma.

Se considera todas las ventajas y desventajas de cada opción, para posteriormente hacer la selección de la opción más apropiada en función a los aspectos más relevantes a considerar: riesgo de operación, costo, tiempo de operación, calidad del producto y residuos, expresados en una matriz de decisión.

3.2.1 Control operacional en el área de destilación y acondicionamiento del alambique.

En el presente trabajo se analiza las alternativas operacionales más óptimas en el área de destilación, como también el acondicionamiento del alambique, para que se obtenga un mejor producto.

Considerando la importancia que presenta la etapa de destilación, se determina como lo más conveniente el control de las siguientes variables:

- Temperatura de calefacción. – Donde el límite superior se ha fijado como 93 °C y el inferior de 92 °C por referencias bibliográficas consultadas. (José E, 2010)
- Temperatura del fluido refrigerante. – Donde el límite superior se ha fijado en 20 °C y el inferior en 18 °C por referencia bibliográfica consultadas. (Eduardo Ramírez, 2010)

El objetivo de controlar dichas variables es obtener un producto con un grado alcohólico adecuado y que al mismo tiempo cumpla con los requisitos en cuanto contenido de metanol. Es muy importante el control, ya que operar el alambique de forma óptima tiene la ventaja de maximizar la recuperación del producto principal.

El alambique en el cual se opera actualmente es de tipo francés, caracterizado debido a que el vapor destilado circula por un calienta vinos donde se encuentra más producto fermentado (que se calienta antes de someterlo a evaporación). Se pretende el acondicionamiento del mismo en la zona del condensador en cuanto a las dimensiones que el mismo tiene, para un mejor aprovechamiento de los recursos tales como el agua y de igual forma obtener un producto de mejor calidad.

3.2.2 Cambio del equipo de destilación de alambique a columna de destilación.

El cambio del equipo de destilación de alambique a columna de destilación es la segunda alternativa que se analiza en este trabajo.

Actualmente la industria artesanal CAÑA REAL elabora sus productos con un equipo de destilación tipo alambique, que tiene las siguientes características:

- Capacidad de destilación de 200 L de jugo de caña de azúcar.
- Uso de recursos: Agua y GLP
- Cuenta con termómetro en el caldero y en el calienta vinos
- Material de toda la estructura: cobre

Lo que se busca mediante el cambio de equipo de destilación es mejorar la separación de los componentes en la destilación, obteniendo un producto de mayor pureza, optimizando al mismo tiempo el consumo de los recursos, cambiando como fuente de energía principal a la eléctrica y teniendo más automatización y control del proceso.

Para definir el cambio de equipo de destilación, se debe determinar cada uno de los factores influyentes y necesarios para su adquisición y puesta en marcha del mismo.

3.3 Selección de la alternativa de solución más apropiada

Mencionado lo anterior, se procede a realizar la selección de la alternativa más apropiada en función de ciertos parámetros de relevancia, los cuales serán calificados con ciertos porcentajes considerando diferentes factores, tales como: complejidad de operación del proceso, costo de operación y mantenimiento, control de variable del proceso, consumo de energía, disponibilidad de equipos y eficiencia. A continuación,

se pone a consideración una tabla de ventajas y desventajas de los distintos procesos de elaboración de Cañazo considerando la importancia que cada uno de éstos presenta y así poder fundamentar la selección de alguna de las alternativas, como también adjuntando al mismo tiempo una matriz de decisión para la selección de la alternativa más conveniente.

Tabla III- 2.- Ventajas y Desventajas de los distintos procesos de elaboración de Cañazo

DESTILACIÓN SIMPLE	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
Simplicidad. - Bajo capital de inversión, y bajo riesgo potencial. Consumo de Energía. - La fuente de calor mayormente aplicada en una destilación simple, proviene de fuego generado por uso de leña o Gas natural, siendo ésta más accesibles y de menor costo.	Menor Eficiencia. - El proceso se lleva a cabo por medio de una sola etapa, es decir, que se evapora el líquido de punto de ebullición más bajo y se condensa por medio de un refrigerante, si los puntos de ebullición de los componentes de una mezcla sólo difieren ligeramente, no se puede conseguir la separación total en este tipo de destilación. Control operacional. - La destilación simple tiene aproximadamente el 80% de control manual durante el proceso de operación.
DESTILACIÓN FRACCIONADA	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
Alta Eficiencia. - El proceso se realiza en multi-etapas por medio de una columna de destilación en la cual, se llevan a cabo continuamente	Consumo de Energía. - En la destilación fraccionada una gran fracción del destilado condensado debe volver a la parte superior de la torre y eventualmente debe hervirse otra vez, con lo cual hay que suministrar

numerosas evaporaciones y condensaciones. La composición del vapor es más concentrada en el componente más volátil y la concentración del líquido que condensa es más rica en el componente menos volátil, tal que mientras más etapas involucre, mejor separación se obtiene de los componentes a separar. Control operacional. - Columnas de destilación fraccionada modernos han sido equipados con microprocesadores que controlan totalmente el proceso de destilación de principio a fin. Teniendo automatización que reduce al mínimo el tiempo necesario para operar el equipo. Calefacción, colección de destilado y el cierre del destilado cuando se realiza la destilación es automática.	más calor, el cual generalmente suele provenir de fuentes eléctricas. Costo. - En comparación con la destilación simple y otros tipos de destilación, destilación fraccionada es relativamente de un costo elevado, especialmente el costo inicial de la compra de la columna de fraccionamiento. La sustitución de componentes también es bastante costosa. Riesgos Operacionales. - Debido a la naturaleza del experimento, donde la alta temperatura y alta presión están involucrados, siempre hay una posibilidad de explosión. Esto puede ser mortal si las precauciones necesarias no se han puesto en marcha. Rendimiento. - En una columna de destilación se obtiene aguardientes con un elevado grado alcohólico en una única etapa, debido a la presencia de platos en el interior de la misma, pero el rendimiento por litro que se destila resulta relativamente bajo.
---	---

Fuente: Elaboración propia, 2019

A partir del análisis previo de cada uno de los procesos de elaboración de cañazo, se procede a la realización de una matriz de decisión. Donde para la selección de la alternativa más conveniente para la optimización del proceso, donde se asigna una calificación de acuerdo a una escala predeterminada de cero a diez.

En la tabla III-3 se observan las calificaciones ponderadas, siendo la alternativa más adecuado aquélla que acumule el mayor puntaje.

Tabla III- 3.- Escala de Calificación por puntuación del 1 al 10

ESCALA DE PUNTUACION	PUNTUACION
Excelente	10
Muy Buena	8
Buena	6
Regular	4
Mala	1

Fuente: Elaboración propia ,2019

Tabla III- 4.- Evaluación de las alternativas planteadas

Factor Evaluado	Comentarios del Evaluador	Calificación	
		Control operacional en el área de destilación y acondicionamiento del alambique.	Cambio del equipo de destilación de alambique a columna de destilación.
Complejidad de operación del proceso	Mediante la aplicación de una destilación fraccionada, se debe considerar la presencia de un personal especializado en los equipos, debido a que los mismos son operados bajo determinados parámetro y condiciones. Considerándose así al proceso de destilación fraccionada más	8	6

	compleja de operar que la destilación simple.		
Costo de operación y mantenimiento	Se desea que la operación sea simple, flexible y confiable, además de que una persona con poca capacitación pueda hacer la función de operador. Se deben encontrar centros de repuestos y servicios cerca del lugar de la Industria por cualquier descompostura del equipo que pudiera ocurrir. Debido a que todos estos factores condicionan la buena operación de la industria.	6	4
Control de Variables del proceso	Directamente el proceso de destilación en una columna de destilación resulta más eficiente en cuanto a un control operacional, pero se pretende alcanzar un mejor control en las distintas variables por medio de destilación en un alambique.	6	8
Consumo de Energía	Este aspecto se considera de gran importancia porque incide directamente en el costo fijo de operación del equipo. Cualquier ahorro en este sentido viabilizará la operación de la industria.	8	6

Disponibilidad de equipos	Por las características del proyecto, se desea que la alternativa seleccionada sea la más accesible en la aplicación en la Industria Artesanal Caña Real. Por lo tanto, un control operacional y acondicionamiento del equipo actual se encuentra en una mayor disponibilidad dentro de la industria.	10	5
Eficiencia	La eficiencia en ambos procesos es considerable, pero se puede recalcar que una mejor eficiencia en cuanto a la pureza del componente más volátil se obtiene mediante una destilación fraccionada.	6	8

Fuente: Elaboración propia, 2019

En la tabla III-4 se muestra el resumen de los criterios de las alternativas planteadas para la optimización del proceso, que se traducen en la siguiente matriz de selección del proceso.

Tabla III- 5.- Matriz de decisión para la selección de la alternativa de optimización del proceso de elaboración de cañazo

Selección del proceso para la elaboración de Aguardiente de Caña de Azúcar					
Factores	Valoración Porcentual %	Destilación Simple		Destilación Fraccionada	
		Calif.	Puntaje Total	Calif.	Puntaje Total
Complejidad de operación del proceso	10	8	8	6	6
Costo de operación y mantenimiento	10	6	6	4	4
Control de Variables	20	6	12	8	16
Consumo de Energía	20	8	16	6	12
Disponibilidad	20	10	20	5	10
Eficiencia	20	6	12	8	16
TOTAL	100		74		64

Fuente: Elaboración propia, 2019

Según los resultados de la matriz de decisión, la alternativa más conveniente para la elaboración de cañazo es el control operacional en el área de destilación y acondicionamiento del alambique, debido a la mayor accesibilidad a su aplicación en la industria artesanal CAÑA REAL.

3.4 Definición de condiciones y capacidad

La industria artesanal CAÑA REAL tiene una molienda alrededor de 4000 Kg de caña de azúcar por mes, produciendo así aproximadamente 200 litros por mes de cañazo (dato referencial de la industria artesanal CAÑA REAL), cantidad que incluye la re destilación de las colas.

La caña de azúcar tiene un coste de:

350 Bs por 1000 Kg de caña pelada

Por lo cual la industria artesanal CAÑA REAL gasta aproximadamente 1400 Bs por mes de producción en la compra de la materia prima.

El proceso de destilación se realiza cada 200 litros de jugo fermentado siendo ésta la capacidad máxima que presenta el alambique con el que se dispone.

3.4.1 Descripción del alambique

El alambique utilizado en el proceso de destilación de la industria artesanal CAÑA REAL es de sistema francés. Siendo éste un alambique que cuenta con:

- Una caldera de una capacidad de 200 litros para ser destilados.
- Un quemador utilizado como herramienta de calefacción para la caldera.
- Un calienta vinos con la misma capacidad que la caldera, es decir de 200 litros.
- Un condensador, por el cual circula los vapores generados durante el proceso.

Este tipo de alambiques son muy aplicados en la industria de aguardientes por ser considerados los más convencionales para el uso. Los mismos se caracterizan porque el vapor generado durante la destilación circula por un plato de rectificación, para calentarse nuevamente antes de ser sometido a la evaporación, siendo así que todo el vapor que genera se condensará al final como aguardiente, también es reconocido debido a que cuenta con un calienta vinos, el cual favorece en costos y tiempo a todo el proceso de destilación, ya que el jugo que se encuentra en el mismo se precalienta antes de ser enviado a la caldera.

Figura 3- 1.- Plato de rectificación del alambique en la industria artesanal CAÑA REAL



Fuente: Elaboración propia, 2019

3.4.1.1 Características Técnicas Principales

- La estructura completa es de cobre tanto caldera, calienta vinos, serpentín y condensador.
- Caldera o paila tiene forma recta y cuenta con un termómetro incrustado en la estructura, siendo calentada mediante fuego provisto por una hornalla adecuada para el equipo.
- Calienta vinos o “Calentador” es el recipiente que está entre la caldera y el condensador. Es considerado un equipo que ahorra energía.
- Todas las operaciones de mantenimiento ya sean normal o extraordinarias se puede llevar a cabo en un tiempo relativamente corto y utilizando pocas herramientas y mano de obra.
- Al finalizar con la destilación todos los residuos generados (vinaza) son transportados a una piscina de almacenamiento por medio de una tubería, donde son puestos para su enfriamiento.

-En la zona del caliente vinos y de la caldera cuenta con válvulas para regular el caudal del líquido, tanto de entrada a la caldera como de salida de la misma.

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS EXPERIMENTAL

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS EXPERIMENTAL

4.1 Descripción del método de investigación

Se aplicó como método de investigación el uso de pruebas preliminares para determinar la mejor condición de operación en el proceso de destilación.

Para lo cual se elaboró el diseño experimental con la finalidad de optimizar el proceso de destilación de la industria artesanal CAÑA REAL.

El diseño experimental tiene como objetivo, definir el arreglo de los tratamientos sobre las unidades experimentales, de tal modo que se obtengan estimaciones de los contrastes de interés para el investigador, con la mayor precisión posible. El diseño de tratamientos, por otra parte, es el aspecto que se refiere al proyecto de las combinaciones de tratamientos, cuando se examina el efecto de dos o más factores, sobre una característica de estudio.

El análisis estadístico permite el estudio de varias variables en el tiempo y la interpretación de la interacción entre las variables estudiadas, con el propósito de seleccionar las más importantes y significativas.

4.1.1 Proceso de destilación

4.1.1.1 Planteamiento de la hipótesis

Si disminuimos la temperatura del fluido de refrigeración e incrementamos la temperatura de calefacción se obtendrá un menor grado alcohólico y mayor rendimiento del destilado.

4.1.1.2 Pasos para realizar el diseño factorial

El diseño factorial comprende los siguientes pasos:

4.1.1.2.1 Elección de la variable a medir: respuesta

Las variables respuestas más adecuadas a medir es la cantidad de cañazo obtenido, expresado en litros y el grado alcohólico presente del mismo, expresado en °GL.

4.1.1.2.2 Elección de las variables de operación: factores

El problema para la elaboración de un óptimo aguardiente de caña de azúcar radica esencialmente en las condiciones de operación, identificando a las siguientes:

- Temperatura del fluido de refrigeración
- Temperatura de calefacción

4.1.1.2.3 Temperatura del fluido de refrigeración

El límite superior se ha fijado en 26 °C y el inferior en 23 °C.

4.1.1.2.4 Temperatura de calefacción

El límite superior se ha fijado en 93 °C y el inferior en 92 °C.

4.2 Diseño factorial

A continuación, se expone el diseño factorial que se planteó:

El diseño factorial que se aplicó presenta 2 factores, a 2 niveles cada uno, con 2 repeticiones, siendo así el mismo de tipo 2^2 .

Factor A: Temperatura del fluido de refrigeración

Factor B: Temperatura de calefacción

$$N^{\circ} \text{ exp} = (N^{\circ} \text{ niveles } FA * N^{\circ} \text{ niveles } FB) * N^{\circ} \text{ repeticiones}$$

$$N^{\circ} \text{ exp} = (2 * 2) * 2 = 8$$

Se realizarán 8 experimentos elementales.

Tabla IV- 1.- Factores y Niveles

FACTORES	NIVELES	
	ALTO (+)	BAJO (-)
Temperatura del fluido de refrigeración	26	23
Temperatura de calefacción	93	92

Fuente: Elaboración propia, 2019

En la tabla se muestra los niveles de variaciones de las variables del proceso de elaboración de Cañazo (Aguardiente de Caña de Azúcar), también llamados factores.

Tabla IV- 2.-Plan de experimentos primera repetición

Prueba	Factor A	Factor B
	Temperatura del Fluido de refrigeración [°C]	Temperatura de calefacción [°C]
1	26	92
2	23	92
3	26	93
4	23	93

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla IV- 3.-Plan de experimentos segunda repetición

Prueba	Factor A	Factor B
	Temperatura del Fluido de refrigeración [°C]	Temperatura de calefacción [°C]
1	26	92
2	23	92
3	26	93
4	23	93

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla IV- 4.- Matriz de diseño primera repetición

Prueba	Factor A	Factor B
	Temperatura del Fluido de refrigeración [°C]	Temperatura de calefacción [°C]
1	-1	-1
2	1	-1
3	-1	1
4	1	1

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Tabla IV- 5.-Matriz de diseño segunda repetición

Prueba	Factor A	Factor B
	Temperatura del Fluido de refrigeración [°C]	Temperatura de calefacción [°C]
1	-1	-1
2	1	-1
3	-1	1
4	1	1

Fuente: Elaboración propia, 2019.

4.3 Análisis de las variables

Se realizó un análisis para determinar la significancia de las variables consideradas en el diseño experimental para optimizar el proceso de destilación de la industria artesanal CAÑA REAL.

4.3.1 Variable Respuesta Grado Alcohólico

A continuación, se puede apreciar el análisis de varianza para la variable dependiente o variable respuesta grado alcohólico.

Figura 4- 1.- Ejecución de Análisis en SPSS- Variable respuesta grado alcohólico

	TempFR	TempCal	GradoAlc
1	1,00	-1,00	55,00
2	-1,00	-1,00	56,00
3	1,00	1,00	50,00
4	-1,00	1,00	49,00
5	1,00	-1,00	54,00
6	-1,00	-1,00	56,00
7	1,00	1,00	50,00
8	-1,00	1,00	47,00

Fuente: Programa informático SPSS, 2019

Figura 4- 2.-Análisis de Varianza ANOVA (Grado Alcohólico)

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente:GradoAlc

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	84,375 ^a	3	28,125	45,000	,002
Intersección	21736,125	1	21736,125	34777,800	,000
TempFR	,125	1	,125	,200	,678
TempCal	78,125	1	78,125	125,000	,000
TempFR * TempCal	6,125	1	6,125	9,800	,035
Error	2,500	4	,625		
Total	21823,000	8			
Total corregida	86,875	7			

a. R cuadrado = ,971 (R cuadrado corregida = ,950)

Fuente: Programa informático SPSS, 2019

A partir de este análisis es posible señalar a las variables más significativas con una confianza del 95%, es decir, variables que poseen colas de significación menores al 5% (0,05). Para el presente caso las variables significativas están constituidas por Temperatura de Calefacción (0,000) y la Interacción Temperatura del Fluido de Refrigeración con la Temperatura de Calefacción (0,035).

4.3.1.1 Análisis de Regresión (Grado Alcohólico)

El modelo de regresión establece el modelo matemático que relaciona las variables más significativas con la variable respuesta. Para el análisis de regresión, se introdujo al SPSS las variables Temperatura del Fluido de Refrigeración y la Temperatura de Calefacción.

Figura 4- 3.- Regresión

Variables introducidas/eliminadas^b

Modelo	Variables introducidas	Variables eliminadas	Método
1	Temp FRTempCal, TempCal ^a	.	Introducir

a. Todas las variables solicitadas introducidas.

b. Variable dependiente: GradoAlc

Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,985 ^a	,970	,958	,72457

a. Variables predictoras: (Constante), TempFRTempCal, TempCal

b. Variable dependiente: GradoAlc

ANOVA^b

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	84,250	2	42,125	80,238	,000 ^a
	Residual	2,625	5	,525		
	Total	86,875	7			

a. Variables predictoras: (Constante), TempFRTempCal, TempCal

b. Variable dependiente: GradoAlc

Coeficientes^a

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.	Intervalo de confianza de 95,0% para B	
	B	Error típ.	Beta			Límite inferior	Límite superior
1 (Constante)	52,125	,256		203,475	,000	51,466	52,784
TempCal	-3,125	,256	-,948	-12,199	,000	-3,784	-2,466
TempFRTempCal	,875	,256	,266	3,416	,019	,216	1,534

a. Variable dependiente: GradoAlc

Fuente: Programa informático SPSS, 2019

Por lo tanto, a partir de los coeficientes proporcionados en la Figura 4-3, la ecuación matemática de la regresión es la siguiente:

$$\text{Grado Alc} = 51,125 - 3,125 * \text{TempCal} + 0,875 * \text{TempFr} * \text{TempCal}$$

A partir de esta ecuación es posible establecer que a mayor temperatura de calefacción menor grado alcohólico y viceversa.

4.3.2 Variable Respuesta Volumen

A continuación, se puede apreciar el análisis de varianza para la variable dependiente o variable respuesta volumen.

Figura 4- 4.-Ejecución de Análisis SPSS – Variable respuesta volumen

	TempFR	TempCal	Volumen
1	1,00	-1,00	17,40
2	-1,00	-1,00	9,50
3	1,00	1,00	23,00
4	-1,00	1,00	23,50
5	1,00	-1,00	16,60
6	-1,00	-1,00	9,20
7	1,00	1,00	22,50
8	-1,00	1,00	23,00

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Figura 4- 5.-Análisis de Varianza ANOVA (Volumen)**Pruebas de los efectos inter-sujetos**

Variable dependiente: Volumen

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	251,834 ^a	3	83,945	545,981	,000
Intersección	2617,261	1	2617,261	17022,837	,000
TempFR	25,561	1	25,561	166,252	,000
TempCal	193,061	1	193,061	1255,683	,000
TempFR * TempCal	33,211	1	33,211	216,008	,000
Error	,615	4	,154		
Total	2869,710	8			
Total corregida	252,449	7			

a. R cuadrado = ,998 (R cuadrado corregida = ,996)

Fuente: Programa informático SPSS, 2019

A partir de este análisis es posible señalar a las variables más significativas con una confianza del 95%, es decir, variables que poseen colas de significación menores al 5% (0,05).

4.3.2.1 Análisis de Regresión (Volumen)

El modelo de regresión establece el modelo matemático que relaciona las variables más significativas con la variable respuesta. Para el análisis de regresión, se introdujo al SPSS las variables Temperatura del Fluido de Refrigeración y la Temperatura de Calefacción.

Figura 4- 6.-Regresión Lineal (Volumen)**Variables introducidas/eliminadas^b**

Modelo	Variables introducidas	Variables eliminadas	Método
1	Temp FRTempCal, TempCal, TempFR ^a	.	Introducir

a. Todas las variables solicitadas introducidas.

b. Variable dependiente: Volumen

Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,999 ^a	,998	,996	,39211

a. Variables predictoras: (Constante), TempFRTempCal, TempCal, TempFR

b. Variable dependiente: Volumen

ANOVA^b

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	251,834	3	83,945	545,981	,000 ^a
	Residual	,615	4	,154		
	Total	252,449	7			

a. Variables predictoras: (Constante), TempFRTempCal, TempCal, TempFR

b. Variable dependiente: Volumen

Coefficientes^a

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.	Intervalo de confianza de 95,0% para B	
		B	Error típ.	Beta			Límite inferior	Límite superior
1	(Constante)	18,088	,139		130,472	,000	17,703	18,472
	TempFR	1,788	,139	,318	12,894	,000	1,403	2,172
	TempCal	4,913	,139	,875	35,436	,000	4,528	5,297
	TempFRTempCal	-2,038	,139	-,363	-14,697	,000	-2,422	-1,653

a. Variable dependiente: Volumen

Fuente: Programa informático SPSS, 2019

Por lo tanto, a partir de los coeficientes proporcionados en la Figura 4-6, la ecuación matemática de la regresión es la siguiente:

$$Volumen = 18,088 + 1,788 * TempFR + 4,913 * TempCal - 2,038 * TempFRTemCal$$

A partir de esta ecuación es posible establecer que a mayor sea la interacción de temperatura del fluido de refrigeración con la temperatura de calefacción menor será el volumen y viceversa.

CAPÍTULO V

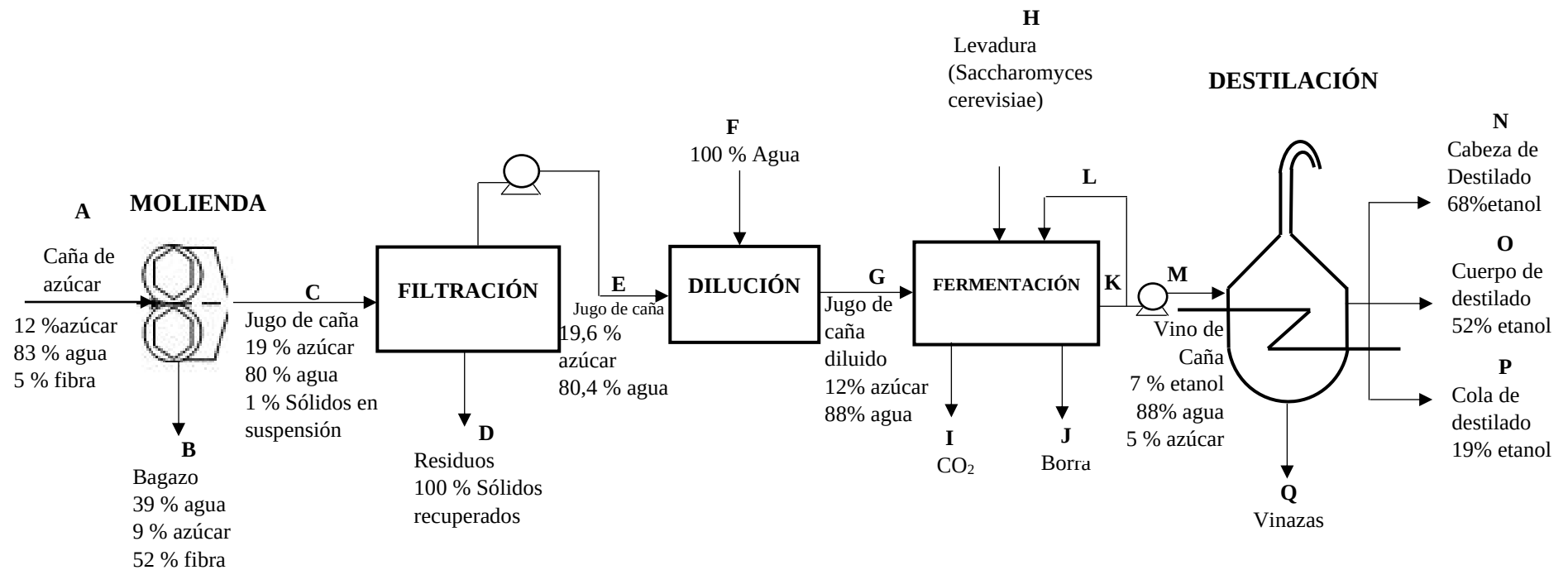
DESARROLLO DEL PROCESO

CAPÍTULO V

DESARROLLO DEL PROCESO

5.1 Diagrama de flujo del proceso antes de la optimización

Figura 5- 1 Diagrama de flujo del proceso de elaboración de cañazo antes de la optimización



Fuente: Elaboración propia, 2019

5.1.1 Balance de materia antes de la optimización

Balance de materia en el molino:

Término	Definición	Datos		
A	Caudal de alimentación de caña de azúcar	1000 Kg/día		
B	Bagazo	707,05 Kg		
C	Jugo de caña de azúcar	292,95 Kg/día		
Corrientes		A	B	C
X_{Az}	Fracción másica de azúcar	0,12	0,09	0,196
X_{H2O}	Fracción másica de agua	0,83	0,39	0,80
X_F	Fracción másica de fibra	0,05	0,52	-
X_{Ss}	Fracción másica de sólidos en suspensión	-	-	0,01

Balance de materia en la filtración:

Término	Definición	Datos		
C	Jugo de caña de azúcar	292,95 Kg/día		
D	Residuos	2,9295 Kg		
E	Jugo de caña de azúcar	290,02 Kg		
Corrientes		C	D	E
X_{Az}	Fracción másica de azúcar	0,196	-	0,196
X_{H2O}	Fracción másica de agua	0,80	-	0,804
X_{Ss}	Fracción másica de sólidos en suspensión	0,01	1	-

Balance de materia en la dilución:

Término	Definición	Datos		
E	Jugo de caña de azúcar	290,02 Kg		
F	Agua	135 Kg		
G	Jugo de caña de azúcar diluido	425,02 Kg		
Corrientes		E	F	G
X_{Az}	Fracción másica de azúcar	0,196	-	0,12
X_{H2O}	Fracción másica de agua	0,83	1	0,88

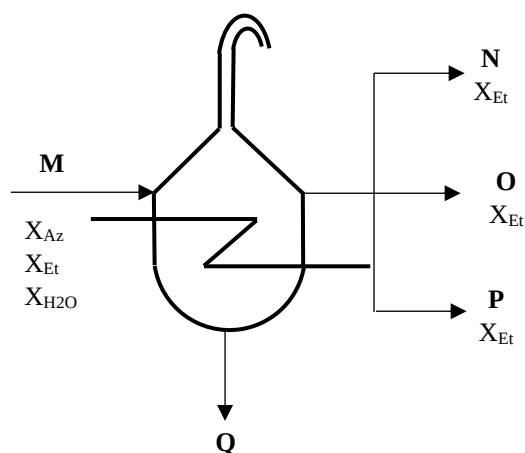
Balance de materia en la fermentación:

Término	Definición	Datos	
G	Jugo de caña de azúcar diluido	425,02 Kg	
H	Levadura (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)	1 Kg	
I	CO ₂	24,318 Kg	
K	Vino de caña total	363,184 Kg	
L	Vino de caña (retornado al depósito de fermentación)	152,184	
M	Vino de caña	211 Kg	
J	Borra	61,836 Kg	
Corrientes		G	K
X_{Az}	Fracción másica de azúcar	0,12	0,05
X_{H2O}	Fracción másica de agua	0,88	0,88
X_{Et}	Fracción másica de etanol	-	0,07

Balance de materia en la destilación:

Término	Definición	Datos			
M	Vino de caña	211 Kg			
N	Cabeza de destilado	4,765 Kg			
O	Cuerpo de destilado	18,107 Kg			
P	Cola de destilado	17,692 Kg			
Q	Vinazas	Calculado			
Corrientes		M	N	O	P
X_{Az}	Fracción másica de azúcar	0,05	-	-	-
X_{H2O}	Fracción másica de agua	0,88	-	-	-
X_{Et}	Fracción másica de etanol	0,07	0,68	0,52	0,19

Figura 5- 2.- Balance de materia en la Destilación



Fuente: Elaboración propia, 2019

Cantidad en Kg de los destilados obtenidos

Cabeza de destilado:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$m = 0,953 \frac{kg}{L} * 5 L = 4,765 Kg$$

Cuerpo de destilado:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$m = 0,953 \frac{kg}{L} * 19 L = 18,107 Kg$$

Cola de destilado:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$m = 0,953 \frac{kg}{L} * 18,6 L = 17,692 Kg$$

Balance Global:

$$M = N + O + P + Q \quad (\text{ec.5-2.1.7})$$

Empleando la ec.5-2.1.6, se obtiene:

$$Q = 211Kg - 4,765Kg - 18,107Kg - 17,692Kg = 170,436 Kg$$

5.1.2 Balance de energía antes de la optimización:

Calor necesario para calentar la muestra

Término	Definición	Datos
Q₁	Calor requerido para calentar la muestra	55150,336 kJ
Masa vino	Masa de vino	211 Kg
C_p	Capacidad calorífica del vino	4,084 kJ/Kg°C
T_o	Temperatura inicial	26°C
T_d	Temperatura de destilación	90°C

Calor para el cambio de fase:

-Para el etanol

Término	Definición	Datos
ΔH_n	Calor latente molar de vaporización a T _n	53,199 kJ/mol
R	Constante de los gases	83,14 cm ³ bar/mol°K
T_n	Punto de ebullición normal	351,4 °K
P_c	Presión crítica	61,48 bar
T_{rn}	Temperatura reducida a T _n	0,684 (Anexo A)

Término	Definición	Datos
$\Delta H_1 = \Delta H_n$	Calor latente molar de vaporización a T _n	53,199 kJ/mol
ΔH_i	Calor latente molar de vaporización a T _i	20709,120 kJ
T_{r1} = T_{rn}	Temperatura reducida a T _n	0,68

Calculando ΔH_i

i	Ti [°K]	Tri	$\Delta H_{i\text{etanol puro}}$ [kJ/mol]	ni [mol]	$\Delta H_{i\text{etanol puro}}$ [kJ]
1	364	0,708	51,380	204,485	10506,439
2	366	0,712	51,111	199,616	10202,573
TOTAL					20709,012

-Para el Agua

i	Ti [°K]	Tri	ΔH_i agua pura [kJ/Kg]	Masa i de agua [Kg]	ΔH_i [kJ]
1	364	0,708	2280,99	12,990	29630,060
2	366	0,712	2275,79	13,214	30072,289
TOTAL					59702,349

Calor absorbido por el condensador:

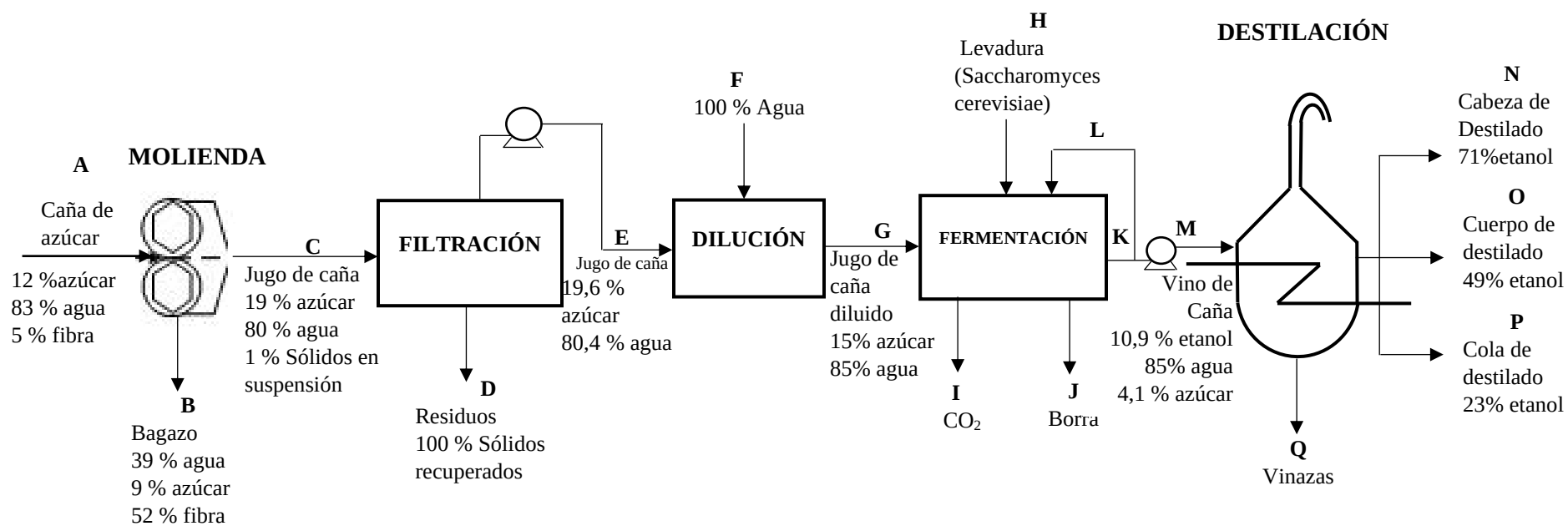
Término	Definición	Datos
Q cond	Calor que absorbe el condensador	56760,144 kJ
m_{agua}	Masa de agua que pasa por el condensador	1938000 g (Anexo A)
cp_{agua}	Capacidad calorífica del agua líquida	1 cal/g°C
Te	Temperatura de entrada del agua al condensador	16°C
Ts	Temperatura de salida del agua del condensador	23°C

Calor total:

Q_{Total}	78801,553 kJ
-------------------------------	---------------------

5.2 Diagrama de flujo del proceso posterior a la optimización

Figura 5- 3.- Diagrama de flujo del proceso de elaboración de cañazo



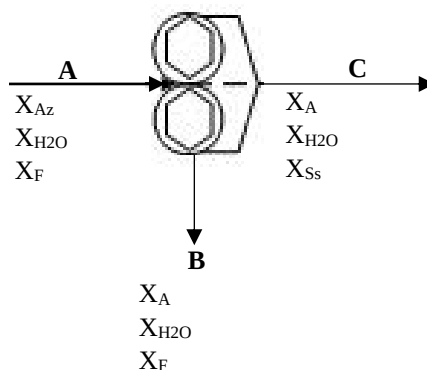
Fuente: Elaboración propia, 2019

5.2.1 Balance de Materia y Energía posterior a la optimización

Para los balances de materia y energía se ve conveniente realizarlos de la Muestra 4 (Temperatura de Fluido de Refrigeración = 23; Temperatura de Calefacción = 93); debido a que es la muestra que mostró mayor rendimiento en volumen.

5.2.2 Balance de Materia

Figura 5- 4.-Balance de materia en el Molino



Fuente: Elaboración propia, 2019

Donde:

Término	Definición	Datos		
A	Caudal de alimentación de caña de azúcar	1000 Kg/día		
B	Bagazo	Calculado		
C	Jugo de caña de azúcar	292,95 Kg/día (Anexo A)		
Corrientes		A	B	C
X_{Az}	Fracción másica de azúcar	0,12	0,09	0,196
X_{H2O}	Fracción másica de agua	0,83	0,39	0,80
X_F	Fracción másica de fibra	0,05	0,52	-
X_{Ss}	Fracción másica de sólidos en suspensión	-	-	0,01

Base de cálculo: 1 día

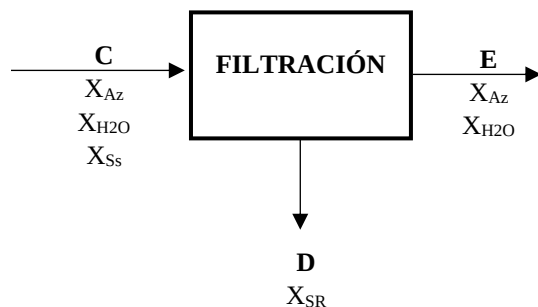
Balance Global:

$$A = B + C \quad (\text{ec. 5-2.1.1})$$

Empleando la ec. 5-2.1.1, se obtiene:

$$B = 1000Kg - 292,95 Kg = 707,05 Kg$$

Figura 5- 5.-Balance de materia en la Filtración



Fuente: Elaboración propia, 2019

Donde:

Término	Definición	Datos		
C	Jugo de caña de azúcar	292,95 Kg/día		
D	Residuos	Calculado		
E	Jugo de caña de azúcar	Calculado		
Corrientes		C	D	E
X_{Az}	Fracción másica de azúcar	0,196	-	0,196
X_{H2O}	Fracción másica de agua	0,80	-	0,804
X_{Ss}	Fracción másica de sólidos en suspensión	0,01	1	-

Balance Global:

$$C = D + E \quad (\text{ec. 5-2.1.2})$$

Balance por Componente (Sólidos en suspensión):

$$C * X_{SR} = D * X_{SR} + E * X_{SR} \quad (\text{ec. 5-2.1.3})$$

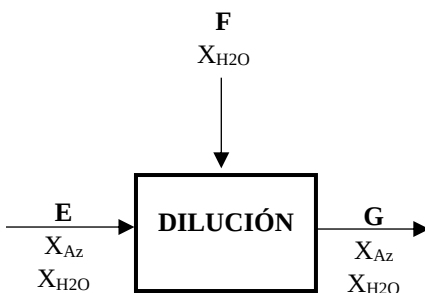
Empleando la ec. 5-2.1.3, se obtiene:

$$D = 292,95 Kg * \frac{0,01}{1} = 2,9295 Kg$$

Empleando la ec.5-2.1.2, se obtiene:

$$E = 292,95 \text{ Kg} - 2,9295 = 290,02 \text{ Kg}$$

Figura 5- 6.-Balance de materia en la Dilución



Fuente: Elaboración propia, 2019

Donde:

Término	Definición	Datos		
E	Jugo de caña de azúcar	290,02 Kg		
F	Agua	82,242 Kg (Anexo A)		
G	Jugo de caña de azúcar diluido	Calculado		
Corrientes		E	F	G
X_{Az}	Fracción másica de azúcar	0,196	-	0,15
X_{H2O}	Fracción másica de agua	0,804	1	Calc.

Balance Global:

$$G = E + F \quad (\text{ec. 5-2.1.4})$$

Balance por Componente (Agua):

$$G * X_{H2O} = E * X_{H2O} + F * X_{H2O} \quad (\text{ec. 5-2.1.5})$$

Empleando la ec. 5-2.1.4, se obtiene:

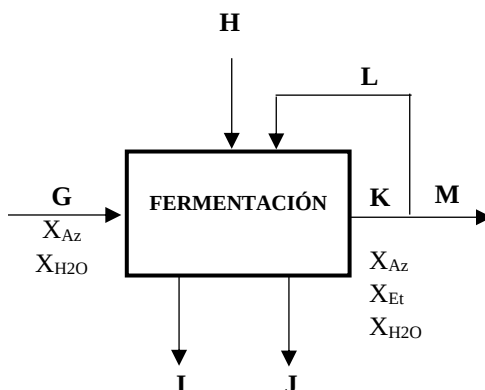
$$G = 290,02 \text{ Kg} + 82,242 \text{ Kg} = 372,262 \text{ Kg}$$

Empleando la ec. 5-2.1.5, se obtiene:

$$372,262 \text{ Kg} * X_{H2O} = 290,02 \text{ Kg} * 0,83 + 82,242 \text{ Kg} * 1$$

$$X_{H2O} = 0,85$$

Figura 5- 7.-Balance de materia en la Fermentación



Fuente: Elaboración propia, 2019

Donde:

Término	Definición	Datos	
G	Jugo de caña de azúcar diluido	372,262 Kg	
H	Levadura (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)	0,702 Kg (Anexo A)	
I	CO ₂	Calculado	
K	Vino de caña total	314,634 Kg (Anexo A)	
L	Vino de caña (retornado al depósito de fermentación)	Calculado	
M	Vino de caña	211 Kg (Anexo A)	
J	Borra	57,628 Kg (Anexo A)	
Corrientes		G	K
X_{Az}	Fracción másica de azúcar	0,15	0,041
X_{H2O}	Fracción másica de agua	0,85	0,85
X_{Et}	Fracción másica de etanol	-	Calculado

Balance aplicado para la corriente K:

$$K = M + L \quad (\text{ec. 5-2.1.6})$$

Empleando la ec. 5-2.1.6, se obtiene:

$$L = 314,634 \text{ Kg} - 211 \text{ Kg} = 103,634 \text{ Kg}$$

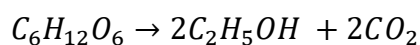
Determinación de X_{Et} :

$$X_{Et} = 1 - X_{H_2O} + X_{Az}$$

$$X_{Et} = 1 - 0,85 + 0,041$$

$$X_{Et} = 0,109$$

Balance estequiométrico:

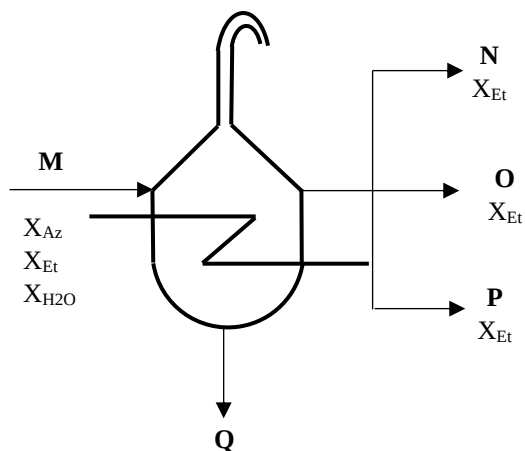


Cantidad de etanol obtenido:

$$\% \text{ etanol} = 314,634 \text{ Kg} * 0,109 = 34,295 \text{ Kg etanol}$$

$$34,295 \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH} * \frac{1 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}}{46 \text{ kg C}_2\text{H}_5\text{OH}} * \frac{2 \text{ mol CO}_2}{2 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}} * \frac{44 \text{ Kg CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 32,804 \text{ Kg CO}_2$$

Figura 5- 8.-Balance de materia en la Destilación



Fuente: Elaboración propia, 2019

Término	Definición	Datos
M	Vino de caña	211 Kg (Anexo A)
N	Cabeza de destilado	1,906 Kg (Anexo A)
O	Cuerpo de destilado	22,396 Kg (Anexo A)

P	Cola de destilado	9,053 Kg (Anexo A)			
Q	Vinazas	Calculado			
Corrientes		M	N	O	P
X_{Az}	Fracción másica de azúcar	0,041	-	-	-
X_{H2O}	Fracción másica de agua	0,85	-	-	-
X_{Et}	Fracción másica de etanol	0,109	0,71	0,49	0,23

Balance Global:

$$M = N + O + P + Q \quad (\text{ec.5-2.1.7})$$

Empleando la ec.5-2.1.6, se obtiene:

$$Q = 211Kg - 1,906Kg - 22,396Kg - 9,053Kg = 177,645 Kg$$

5.2.3 Balance de Energía

5.2.3.1 Calor necesario para calentar la muestra

$$Q_1 = dH = masa_{vino} \int_{t_o}^{t_d} cp_{vino} dt \quad (\text{ec.5-2.2.1.1})$$

Donde:

Término	Definición	Datos
Q₁	Calor requerido para calentar la muestra	Calculado
Masa_{vino}	Masa de vino	211 Kg
Cp	Capacidad calorífica del vino	4,084 kJ/Kg°C
To	Temperatura inicial	26°C
Td	Temperatura de destilación	90°C

Empleando la ec.5-2.2.1.1, se obtiene:

$$Q_1 = dH = 211 Kg * 4,084 \frac{kJ}{Kg^{\circ}C} * (90 - 26)^{\circ}C$$

$$Q_1 = 55150,336 kJ$$

Cantidad de GLP necesario:

Poder calorífico GLP= 27593,48 kJ/lit

$$Poder\ calorífico\ de\ una\ garrafa = 27593,48 \frac{kJ}{lt} * 24,2\ lit = 667762,216 kJ$$

Con el resultado obtenido, se determina que se requiere una sola garrafa de GLP para calentar la muestra.

5.2.3.2 Calor para el cambio de fase

5.2.3.2.1 Para el Etanol

$$\frac{\Delta H_n}{RT_n} = \frac{1,092 * \ln(P_c - 1,013)}{0,930 - T_{rn}} \quad (\text{ec.5-2.2.2.1.1})$$

Donde:

Término	Definición	Datos
ΔH_n	Calor latente molar de vaporización a T_n	Calculado
R	Constante de los gases	83,14 cm ³ bar/mol°K
T_n	Punto de ebullición normal	351,4 °K
P_c	Presión crítica	61,48 bar
T_{rn}	Temperatura reducida a T_n	0,684 (Anexo A)

Reemplazando valores en la ec.5-2.2.2.1.1, se obtiene:

$$\Delta H_n = \frac{1,092 * \ln(61,48 - 1,013)}{0,930 - 0,684} * 83,14 \frac{\text{cm}^3 \text{bar}}{\text{mol}^\circ \text{K}} * 351,4^\circ \text{K} * \frac{100 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{1 \text{ bar}} * \frac{1 \text{ m}^3}{100^3 \text{ cm}^3}$$

$$\Delta H_n = 53,199 \text{ kJ/mol}$$

Para las distintas composiciones que se tiene a lo largo de la destilación se tiene diferentes temperaturas, tomadas durante el desarrollo de las experiencias en la industria artesanal Caña Real (Anexo A).

$$\frac{\Delta H_i}{\Delta H_1} = \left(\frac{1 - T_{ri}}{1 - T_{r1}} \right)^{0,38} \quad (\text{ec.5-2.2.2.1.2})$$

Donde:

Término	Definición	Datos
$\Delta H_1 = \Delta H_n$	Calor latente molar de vaporización a T_n	53,199 kJ/mol
ΔH_i	Calor latente molar de vaporización a T_i	Calculado

Tr1 = Trn	Temperatura reducida a Tn	0,68
Tri	Temperatura reducida a Ti	Anexo A

Debido a que el etanol no está puro, se debe multiplicar la ec.5-2.2.2.1.2 por el número de moles (Anexo A).

Tabla V- 1.-Calculo ΔH_i

i	Ti [°K]	Tri	$\Delta H_{i\text{etanol puro}}$		$\Delta H_{i\text{etanol}}$
			[kJ/mol]	ni [mol]	puro [kJ]
1	364	0,708	51,380	204,485	10506,439
2	366	0,712	51,111	199,616	10202,573
TOTAL					20709,012

Fuente: Elaboración propia, 2019

Mediante la Tabla V-1, se determina que:

$$\Delta H_i = 20709,012 \text{ kJ}$$

5.2.3.2.2 Para el Agua

Para el cálculo de ΔH_i de agua, se hace uso de las tablas de propiedad de agua saturada (Smith- Van Ness, Cuarta Edición) en función a la temperatura (Ti).

Tabla V- 2.- ΔH_i Agua

i	Ti [°K]	Tri	ΔH_i agua pura [kJ/Kg]	Masa i de agua [Kg]	ΔH_i [kJ]
1	364	0,708	2280,99	12,990	29630,060
2	366	0,712	2275,79	13,214	30072,289
TOTAL					59702,349

Fuente: Elaboración Propia, 2019

Por lo tanto, de la Tabla V-2 ΔH_i de agua, se determina:

$$\Delta H_i = 59702,349 \text{ kJ}$$

5.2.3.2.3 Calor Absorbido por el Condensador

$$Q_{cond} = m_{agua} * cp_{agua} * \Delta T$$

$$Q_{cond} = m_{agua} * cp_{agua} * (ts - te) \quad (\text{ec.5-2.2.2.3.1})$$

Donde:

Término	Definición	Datos
Q cond	Calor que absorbe el condensador	Calculado
m_{agua}	Masa de agua que pasa por el condensador	1938000 g (Anexo A)
cp_{agua}	Capacidad calorífica del agua líquida	1 cal/g°C
Te	Temperatura de entrada del agua al condensador	16°C
Ts	Temperatura de salida del agua del condensador	23°C

$$Q_{cond} = 1938000 \text{ g} * 1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} * (23 - 16)^\circ\text{C}$$

$$Q_{cond} = 13566000 \text{ cal} * 4,184 \frac{\text{J}}{\text{cal}} * \frac{1\text{kJ}}{1000\text{J}}$$

$$Q_{cond} = 56760,144 \text{ kJ}$$

5.2.3.2.4 Calor Total

$$Q_{total} = dH = \text{Calor sensible} + \text{Calor latente} - \text{Calor absorbido}$$

$$Q_{total} = Q_1 + \sum_0^2 \Delta H_i \text{ etanol} + \sum_0^2 \Delta H_i \text{ agua} - Q_{cond} \quad (\text{ec.5-2.2.2.4.1})$$

Reemplazando valores en la ec. 5-2.2.2.4.1, se obtiene lo siguiente:

$$Q_{total} = 55150,336 \text{ kJ} + 20709,012 \text{ kJ} + 59702,349 \text{ kJ} - 56760,144 \text{ kJ}$$

$$Q_{Total} = 78801,553 \text{ kJ}$$

5.3 Especificaciones de los equipos

A continuación, se van a describir las especificaciones de cada uno de los equipos utilizados en la elaboración del cañazo por parte de la industria artesanal CAÑA REAL.

Tabla V- 3.- Especificaciones: Molino

MOLINO		
		
Marca	Nacional (Construcción propia)	
Dimensiones	Largo	1,40 m
	Ancho	0,69 m
	Alto	1,17 m
N° de rodillos	3	
Dimensiones de los Rodillos	Largo	0,35 m
	Diámetro	0,25 m
Potencia del motor	15 HP	
Capacidad Máxima de molienda	3 Ton/día	

Material	Acero Inoxidable
-----------------	------------------

Tabla V- 4.- Especificaciones: Filtro

FILTRO		
		
Marca	Nacional (Construcción propia)	
Dimensiones tanque de almacenamiento	Largo	0,80 m
	Ancho	0,60 m
	Alto	0,50 m
Tipo de malla	Milimétrica plástica	
Dimensiones de la malla	Largo	0,80 m
	Ancho	0,60 m
Material tanque de almacenamiento	Acero Inoxidable	
	Marca	UYUS

Bomba	Cap. Max	150 l/min
	H. Max	8,5 m
	Potencia	0,50 HP

Tabla V- 5.- Especificaciones: Tanque de fermentación

TANQUE DE FERMENTACIÓN		
		
Marca	CANTARO	
Dimensiones tanque de almacenamiento	Alto	1,70 m
	Diámetro	1,54 m
Material	Polietileno	
Capacidad Máxima	2750 litros	

5.4 Diseño y dimensionamiento del equipo de destilación

Para una mejor optimización del proceso de elaboración de cañazo (aguardiente de caña de azúcar) se propuso el acondicionamiento del equipo de destilación, por lo cual

5.4.2 Dimensionamiento actual del condensador

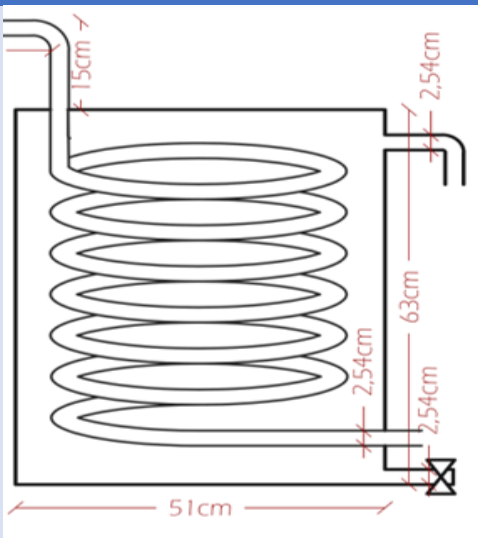
$$A_{\text{Condensador}} = 2\pi rh + \pi r^2$$

$$A_{\text{Condensador}} = 2\pi * 0,255m * 0,63m + \pi(0,255m)^2 = 1,214 m^2$$

$$V_{\text{Condensador}} = \pi r^2 h$$

$$V_{\text{Condensador}} = \pi(0,255m)^2 * 0,63m = 0,129 m^3$$

Tabla V- 6.- Especificaciones: Condensador

CONDENSADOR		
		
Longitud del serpentín	29,493 pie	8,075 m

5.4.3 Dimensionamiento optimizado del condensador

5.4.3.1 Área de transferencia de calor

El área de transferencia de calor está dada por la siguiente ecuación:

$$A = \frac{Q}{U * \theta * \left[\frac{(T_r - T_s) - (T_b - T_e)}{\ln\left(\frac{T_r - T_s}{T_b - T_e}\right)} \right]} \quad (\text{ec.5-4.2.1.1})$$

Donde:

Término	Definición	Datos
Q	Calor del condensador	30741,5 BTU
T_r	Temperatura de rocío de la mezcla etanol – agua	184,1 °F
T_b	Temperatura de burbuja de la mezcla etanol – agua	175,64 °F
T_e	Temperatura de entrada del fluido refrigerante	60,8 °F
T_s	Temperatura de salida del fluido refrigerante	68 °F
U	Coeficiente global de transferencia de calor	10,866 BTU/hr pie ² °F
θ	Tiempo	6,33 hr
A	Área de transferencia de calor	Calculado

Reemplazando valores en la ec.5-4.2.1.1, se obtiene:

$$A = \frac{30741,5 \text{ BTU}}{10,866 \frac{\text{BTU}}{\text{hr pie}^2 \text{°F}} * 6,33 \text{ hr} * \left[\frac{(184,1 - 68) - (175,64 - 60,8)}{\ln \left(\frac{184,1 - 68}{175,64 - 60,8} \right)} \right]}$$

$$A = 3,869 \text{ pie}^2 = 0,359 \text{ m}^2$$

5.4.3.2 Longitud del tubo serpentín

Se considerará que el serpentín será un tubo recto en posición vertical.

$$l = \frac{A}{\pi d}$$

Donde:

Término	Definición	Datos
A	Área	3,869 pie ²

d	Dímetro del tubo	0,0833 pie
l	Longitud	Calculado

$$l = \frac{3,869 \text{ pie}^2}{\pi * 0,0833 \text{ pie}} = 14,783 \text{ pie} = 4,506 \text{ m}$$

Factor de seguridad = 1,5

$$l = 14,783 \text{ pie} * 1,5 = 22,175 \text{ pie} = 6,759 \text{ m}$$

5.4.3.3 Número de vueltas del serpentín

$$A_{Transf.Por\ vuelta} = \pi d_{serpentin} * Sup. \frac{Externa}{pie\ lineal}$$

Para un tubo de 1 pulg, el valor de la superficie exterior por pie lineal es de 0,344 pie² (Proceso de transferencia de calor, Donald Q. Kern) y el diámetro de vuelta de serpentín $d_{serpentin}$, se sugiere sea de 1,148 pie, basándonos en el diámetro del condensador actual.

$$A_{Transf.Por\ vuelta} = \pi * 1,148 \text{ pie} * 0,344 \frac{\text{pie}^2}{\text{pie}} = 1,241 \text{ pie}^2$$

$$\text{Número de vueltas} = \frac{A}{A_{Transf.Por\ vuelta}}$$

$$\text{Número de vueltas} = \frac{3,869 \text{ pie}^2}{1,241 \text{ pie}^2} = 3,117$$

Factor de seguridad = 1,5

$$\text{Número de vueltas} = 3,117 * 1,5 = 4,676$$

Obteniendo los resultados del reacondicionamiento del condensador, se puede determinar que el mismo se encuentra actualmente sobredimensionado, por lo cual se propone el siguiente diseño para el condensador, con las condiciones más adecuadas para el proceso.

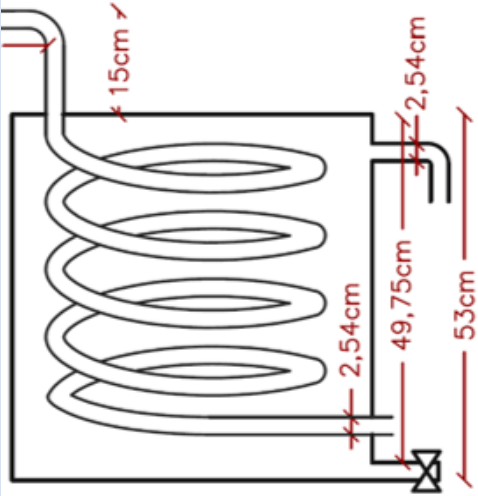
$$A_{Condensador} = 2\pi r h + \pi r^2$$

$$A_{Condensador} = 2\pi * 0,255 \text{ m} * 0,53 \text{ m} + \pi (0,255 \text{ m})^2 = 1,053 \text{ m}^2$$

$$V_{Condensador} = \pi r^2 h$$

$$V_{\text{Condensador}} = \pi(0,255m)^2 * 0,53m = 0,108 m^3$$

Tabla V- 7.- Especificaciones: Diseño del Condensador

DISEÑO DEL CONDENSADOR		
		
Longitud del serpentín	22,175 pie	6,759 m

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS ECONÓMICO

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS ECONÓMICO

Debido a que la optimización del proceso no implicó ninguna adición de equipos o cambio de los mismos, el estudio no tuvo ningún costo monetario. Por el contrario, con la optimización aplicada se desarrolló un ahorro económico, expuesto en detalle posteriormente.

6.1 Cálculo de costo de capital

En la presente investigación se planteó el acondicionamiento del equipo de destilación, por lo que se realizará el costo capital.

6.1.1 Inversión Fija

La inversión fija o costos de inversión incluye costos directos referentes a la adquisición e instalaciones de equipos y costos indirectos referentes a la ingeniería, supervisión y gastos eventuales.

6.1.1.1 Costos Directos

a) Equipos

Condensador

$$\text{Costo del material} = 15,025 \text{ Kg} * 8,01 \frac{\text{Bs}}{\text{Kg}} = 120,35 \text{ Bs}$$

Donde:

Peso total = 15,025 Kg

Precio del acero en el mercado = 8,01 Bs/Kg

Construcción = 380 Bs

Tramo de tubería

$$\text{Costo del material} = 6,759 \text{ m} * 85 \frac{\text{Bs}}{\text{m}} = 574,515 \text{ Bs}$$

Donde:

Longitud total = 6,759 m

Precio de la tubería de cobre en el mercado = 85 Bs/m

Construcción = 230 Bs

COSTO TOTAL DEL EQUIPO _____ **Bs 1304,865**

b) Instalación de los equipos

Condensador

Comprende la mano de obra, soportes y gastos de construcción. Los mismos son estimados como un porcentaje del equipo adquirido.

Instalación del equipo = 30% del costo del equipo

*Instalación del equipo = 1304,865 Bs * 0,3 = 391,4595 Bs*

COSTO TOTAL DE INSTALACIÓN _____ **Bs 391,459**

TOTAL COSTO DIRECTO _____ **Bs 1696,324**

6.1.1.2 Costos Indirectos

a) Ingeniería y Supervisión

Incluye costo de ingeniería, costos de supervisión e inspección y representa aproximadamente el 10% de los costos directos.

Ingeniería y supervisión = 10 % de los costos directos

*Ingeniería y supervisión = 1696,324 Bs * 0,1 = 169,632 Bs*

b) Eventuales

Este rubro incluye los detalles imprevisibles como variación en los precios, pequeños cambios en el diseño y otros. Se estima que abarca el 10 % de los costos directos.

Eventuales = 10 % de los costos directos

*Eventuales = 1696,324 Bs * 0,1 = 169,632 Bs*

TOTAL COSTOS INDIRECTOS _____ **Bs 970,632**

INVERSIÓN FIJA = COSTOS DIRECTOS + COSTOS INDIRECTOS

$$INVERSIÓN FIJA = 1696,324 + 970,632 = 2666,956 \text{ Bs}$$

6.1.2 Costo total de producción

6.1.2.1 Costo directo de fabricación

a) Mano de obra

Para operar esta instalación será necesario solamente un operador en el área de destilación.

$$\text{Costo de mano de obra} = 2300 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}} * 9 \text{ meses} = 20700 \text{ Bs}$$

b) Mantenimiento

Para mantener en funcionamiento el equipo se requiere realizar algunos gastos que incluyen reparaciones eventuales y supervisión. Estos gastos son del orden del 5 % del costo del equipo.

$$\text{Costo de mantenimiento} = 5\% \text{ del costo de los equipos}$$

$$\text{Costo de mantenimiento} = 1304,865 \text{ Bs} * 0,05 = 65,243 \text{ Bs}$$

TOTAL COSTO DIRECTO DE FABRICACIÓN _____ Bs 20765,243

6.1.2.2 Costo indirecto de fabricación o gastos fijos

a) Seguros

Depende del tipo de proceso que se realiza, y el grado de protección existente, así como de los riesgos. Este valor se estima como el 1 % de la inversión fija.

$$\text{Seguros} = 1\% \text{ de la inversión fija}$$

$$\text{Seguros} = 2666,956 \text{ Bs} * 0,01 = 26,670 \text{ Bs}$$

b) Depreciación

La inversión realizada en una planta industrial requiere ser amortizada como un gasto de fabricación. La tasa anual de depreciación de equipos suele estimarse en un 10% de la inversión fija.

Depreciación = 10 % de la inversión fija

$$\text{Depreciación} = 2666,956 \text{ Bs} * 0,1 = 266,696 \text{ Bs}$$

TOTAL GASTOS FIJOS _____ Bs 293,366

6.1.2.3 Gastos generales

Consideraremos los gastos demandados por investigación y servicios técnicos para la optimización de la instalación. Este valor se estima en el 1,5 % del costo de fabricación.

Gastos generales = 1,5 % del costo de fabricación

$$\text{Gastos generales} = 20765,243 \text{ Bs} * 0,015 = 311,479 \text{ Bs}$$

TOTAL GASTOS GENERALES _____ Bs 311,479

$$\text{COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN} = C.D.F + C.I.F + G.G$$

$$\text{COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN} = 20765,243 \text{ Bs} + 970,632 \text{ Bs} + 311,479 \text{ Bs}$$

$$\text{COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN} = 22047,354 \text{ Bs}$$

C.D.F = Costo directo de fabricación

C.I.F = Costo indirecto de fabricación

G.G = Gastos generales

6.2 Costo de operación

Se realizó el análisis de costos de operación tomando en cuenta el costo del cañazo puesto a la venta y el costo del agua de manantial por las siguientes razones:

En cuanto a insumos, para el proceso de destilación se necesita agua y gas natural. Donde ambos no presentan variaciones significativas en función a la estrategia de destilación, por lo tanto, la cantidad es relativamente constante en la situación inicial como en la situación final por lo que no se toma en cuenta en el análisis.

En la tabla VI-1 se muestran la producción de cañazo de la situación inicial en la gestión 2018:

Tabla VI- 1.-Producción de cañazo de la situación inicial

	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	TOTAL
Consumo de caña de azúcar (referencial) Kg	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	36000,00
Cañazo producido (L)	120,00	130,00	135,00	125,00	135,00	135,00	134,00	130,00	135,00	1179,00
Volumen Total de cañazo (L)	160,00	165,00	167,00	165,00	170,00	165,00	164,00	165,00	175,00	1496,00
Precio unitario de venta del cañazo (Bs/L)	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	
Total de cañazo (Bs)	2040,00	2210,00	2295,00	2125,00	2295,00	2295,00	2278,00	2210,00	2295,00	20043,00

Fuente: Elaboración propia, 2019

El precio total de venta del cañazo producido es de 20043, 00 Bs

En la Tabla VI-2 se muestran los costos en consumo de agua de manantial de la situación inicial en la gestión 2018, aplicada en la reducción de grado alcohólico del cañazo.

Tabla VI- 2.- Costo en consumo de agua de manantial de la situación inicial

	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	TOTAL
Cañazo producido (L)	120,00	130,00	135,00	125,00	135,00	135,00	134,00	130,00	135,00	1179,00
Consumo del agua de manantial (L)	40,00	35,00	32,00	40,00	35,00	30,00	30,00	35,00	40,00	317,00
Costo unitario de agua de manantial (Bs/L)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	
Costo de agua de manantial (Bs)	20,00	17,50	16,00	20,00	17,50	15,00	15,00	17,50	20,00	158,50
Volumen Total de cañazo (L)	160,00	165,00	167,00	165,00	170,00	165,00	164,00	165,00	175,00	1496,00

Fuente: Elaboración propia, 2019.

El costo total en agua de manantial es de 158,50 Bs

En la tabla VI-3 se muestran la producción de cañazo de la situación optimizada:

Tabla VI- 3.- Producción de cañazo de la situación optimizada

	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	TOTAL
Consumo de caña de azúcar (referencial) Kg	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	36000,00
Cañazo producido (L)	140,168	140,168	140,168	140,168	140,168	140,168	140,168	140,168	140,168	1261,512
Volumen Total de cañazo (L)	171,706	171,706	171,706	171,706	171,706	171,706	171,706	171,706	171,706	1545,354
Precio unitario de venta del cañazo (Bs/L)	17	17	17	17	17	17	17	17	17	
Total de cañazo (Bs)	2919,002	2919,002	2919,002	2919,002	2919,002	2919,002	2919,002	2919,002	2919,002	26271,018

Fuente: Elaboración propia, 2019.

El precio total de venta del cañazo producido es de 26271,018 Bs.

En la Tabla VI-4 se muestran los costos en consumo del agua de manantial de la situación optimizada, aplicada en la reducción de grado alcohólico del cañazo.

Tabla VI- 4.- Costo en consumo de agua de manantial de la situación inicial

	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	TOTAL
Cañazo producido (L)	140,17	140,17	140,17	140,17	140,17	140,17	140,17	140,17	140,17	1261,51
Consumo del agua de manantial (L)	31,54	31,54	31,54	31,54	31,54	31,54	31,54	31,54	31,54	283,84
Costo unitario de agua de manantial (Bs/L)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	
Costo de agua de manantial (Bs)	15,77	15,77	15,77	15,77	15,77	15,77	15,77	15,77	15,77	141,92
Volumen Total de cañazo (L)	171,71	171,71	171,71	171,71	171,71	171,71	171,71	171,71	171,71	1545,35

Fuente: Elaboración propia, 2019.

El costo total en agua de manantial es de 141,92 Bs

6.3 Análisis de beneficio económico

A continuación, se muestra en la Tabla VI-5 el beneficio económico generado por el incremento en la producción de cañazo cuando se genera la optimización de proceso.

Tabla VI- 5.- Beneficio económico por el incremento en la producción de cañazo

	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	TOTAL
Consumo de caña de azúcar (referencial) Kg	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	36000,00
Cañazo producido situación inicial (L)	120,00	130,00	135,00	125,00	135,00	135,00	134,00	130,00	135,00	1179,00
Volumen Total de cañazo situación inicial (L)	160,00	165,00	167,00	165,00	170,00	165,00	164,00	165,00	175,00	1496,00
Total de cañazo situación inicial (Bs)	2040,00	2210,00	2295,00	2125,00	2295,00	2295,00	2278,00	2210,00	2295,00	20043,00

Cañazo producido situación optimizada (L)	140,168	140,168	140,168	140,168	140,168	140,168	140,168	140,168	140,168	1261,512
Volumen Total de cañazo situación optimizada (L)	171,706	171,706	171,706	171,706	171,706	171,706	171,706	171,706	171,706	1545,354
Total de cañazo situación optimizada (Bs)	2919,002	2919,002	2919,002	2919,002	2919,002	2919,002	2919,002	2919,002	2919,002	26271,018
Beneficio (Bs)	879,00	709,00	624,00	794,00	624,00	624,00	641,00	709,00	624,00	6228,02

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Se tiene un beneficio en cuanto al incremento de producción de cañazo de 6228,02 Bs, en los nueve meses de producción con la nueva estrategia de operación en el proceso de destilación.

Costo de agua de manantial situación optimizada(Bs)	15,77	15,77	15,77	15,77	15,77	15,77	15,77	15,77	15,77	141,92
Ahorro económico (Bs)	4,23	1,73	0,23	4,23	1,73	-0,77	-0,77	1,73	4,23	16,58

Fuente: Elaboración propia, 2019

Se tiene un ahorro económico de 16,58 Bs por año, debido a la disminución del consumo del agua de manantial, aunque la misma no es muy significativa actualmente, con una posible ampliación de la industria artesanal CAÑA REAL, ésta puede presentarse significativa.

CAPÍTULO VII
COSTO DEL ESTUDIO PROPUESTO

CAPÍTULO VII

COSTO DEL ESTUDIO PROPUESTO

A continuación, se muestra todos los gastos que se requirieron para la elaboración del proyecto:

Tabla VII- 1.- Costos de la información

Requerimientos para la obtención de la información	Unidad	Costo Unitario (Bs)	Cantidad	Costo Total (Bs)
Investigación en internet	Horas	3	300	900
Medio de transporte	Pasaje	2	26	52
TOTAL				952

Tabla VII- 2.- Costos de materiales y equipos

Materiales	Precio
Balanza digital	Atribuido por Industria Artesanal Caña Real
Refractómetro	Atribuido por el LOU (Laboratorio de operaciones unitarias)
Alcoholímetro	Atribuido por Industria Artesanal Caña Real
Equipos	Precio
Equipo de destilación (alambique)	Atribuido por Industria Artesanal Caña Real

Tabla VII- 3.- Costos de materia prima e insumos

Materia Prima e Insumos	Unidad	Costo Unitario (Bs)	Cantidad	Costo Total (Bs)
Caña de Azúcar	kg	2,90	1000	Atribuido por Industria Artesanal Caña Real
Levadura (Saccharomyces cerevisiae)	kg	450	7	Atribuido por Industria Artesanal Caña Real

Tabla VII- 4.- Costos de análisis y pruebas de Laboratorio

Análisis	Costo Unitario (Bs)	Cantidad	Costo Total (Bs)
Composición química de la materia prima			
% Agua	12	4	48
% Fibra	30	4	120
°Brix	30	4	120
Características físicas y químicas del producto			
Metanol	42	4	168
Grado alcohólico	20	4	80
TOTAL			536

Tabla VII- 5.- Costos auxiliares

Papelería y otros	Unidad	Costo Unitario (Bs)	Cantidad	Costo Total (Bs)
Hojas Bond	Paquete	30	8	160
Tinta de Impresión	Toner	25	12	300
Anillados	-	5	8	40
Medio de transporte	Pasajes	2	60	240
Folders transparentes	-	3	15	45
Material de escritorio	Dotación	100	1	100
TOTAL				885

Las tablas nos muestran que el monto total de la elaboración del proyecto, es de 2373 Bs.

CAPÍTULO VIII
RESULTADOS DE LAS EXPERIENCIAS

CAPÍTULO VIII

RESULTADOS DE LAS EXPERIENCIAS

A continuación, se muestran los resultados de las pruebas realizadas.

8.1 Resultados de la fermentación

El papel esencial de la fermentación alcohólica es formar de manera óptima el etanol y los productos secundarios. Reconociendo a esta como el proceso por el que los azúcares contenidos en el mosto se convierten en alcohol etílico. Para llevar a cabo este proceso es necesaria la presencia de levaduras.

La fermentación alcohólica es aquel fenómeno, estrechamente ligado a la actividad vital de las levaduras presentes en el mosto y reguladas por su carga enzimática, por lo cual los azúcares originariamente presentes dan origen a alcohol. (Rosa T. ,1998).

Durante el desarrollo del proyecto se definirá los parámetros más óptimos para la fermentación, la cual será replicada durante todos los procesos de destilación que se realicen, para que el vino de caña que se destile tenga las mismas características en cada prueba de destilación.

8.1.1 Control del proceso fermentativo

Durante el proceso se consideró un control constante a la etapa de fermentación, para así poder determinar la mejor opción a llevar a cabo de dicha etapa, tomando en cuenta los siguientes parámetros:

- **Temperatura**

La fermentación pueda tener lugar en un rango de temperaturas desde los 13-14 °C hasta los 33-35 °C. Las levaduras son microorganismos mesófilos.

Cuanto mayor sea la temperatura dentro del rango establecido mayor será la velocidad del proceso fermentativo siendo también mayor la proporción de productos secundarios.

Sin embargo, a menor temperatura es más fácil conseguir un mayor grado alcohólico, ya que las altas temperaturas hacen fermentar más rápido a las levaduras llegando a agotarlas antes.

- **Concentración de azúcar**

Para la multiplicación inicial de las levaduras, la concentración de azúcares debe mantenerse en niveles bajos.

Del 10 a 22 % de concentración de azúcar es satisfactoria, en ocasiones se emplean concentraciones demasiado altas que inhiben el crecimiento de las levaduras. Según Betancourt (2001).

8.2 Selección de la prueba más eficiente

Basados en el control de la etapa de fermentación mencionado anteriormente, se realizaron 4 pruebas (Anexo D) para determinar las condiciones más óptimas de la mismo. Obteniendo, así como resultando lo siguiente:

Tabla VIII 1- Proceso de fermentación - Prueba 4

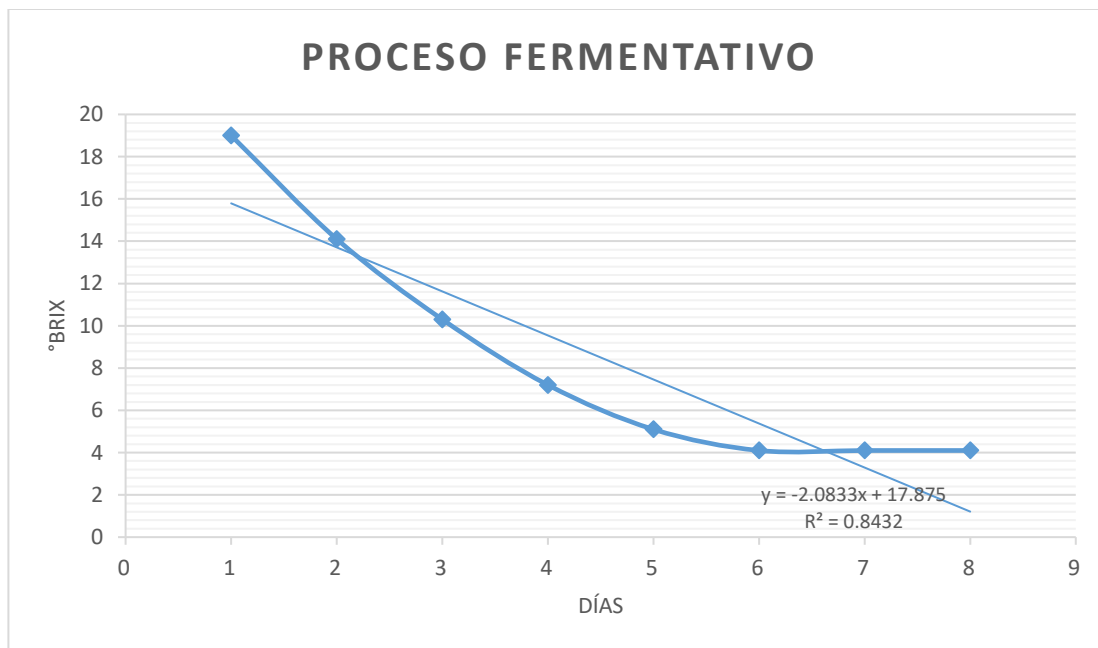
Día	Hora	°Brix	Temperatura
09-01-19	15:00	19	22,1
10-01-19	15:00	14,1	21,5
11-01-19	15:00	10,3	20,8
12-01-19	15:00	7,2	20,4
13-01-19	15:00	5,1	20,6
14-01-19	15:00	4,1	21,8
15-01-19	15:00	4,1	22,3
16-01-19	15:00	4,1	21,7

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En la tabla VIII-1 se puede observar que el valor mínimo obtenido en los °Brix fue de 4,1 siendo el más bajo de todas las pruebas realizadas, este valor se obtuvo en un tiempo 6 días, pero para poder corroborar que el mismo no siga descendiendo se esperó durante

2 días adicionales. En cuanto a la temperatura se buscó mantenerla dentro de un rango de 20 a 22 °C, mayormente adecuándose a la temperatura ambiente.

Figura 8 - 1.- Proceso Fermentativo



Fuente: Elaboración propia, 2019.

La figura 8-1 muestra el comportamiento que presentó el proceso fermentativo en la prueba seleccionada como la más óptima, observándose que, con el transcurso de los días, los °Brix iban disminuyendo hasta llegar a un punto en el que permanencia con un valor constantes, indicando esto la terminación del proceso fermentativo.

8.3 Resultados Generales de la Destilación

Los resultados generales de la destilación para las 8 distintas pruebas se muestran en la Tabla VIII-1.

Tabla VIII- 1.-Resultados Generales de la Destilación

MUESTRA	Volumen de vino de caña [L]	Temperatura de calefacción [°C]	Temperatura del Fluido de refrigeración [°C]	Tiempo de destilación (min)
1	200	92	26	496
2	200	92	23	485
3	200	93	26	365
4	200	93	23	380
5	200	92	26	478
6	200	92	23	489
7	200	93	26	368
8	200	93	23	370

Fuente: Elaboración propia, 2019

8.3.1 Resultados Obtenidos en la Separación de Cabeza

Durante el proceso de separación de la cabeza de del destilado se obtuvieron los resultados expresados en la Tabla VIII-2.

Tabla VIII- 2.- Resultados obtenidos en la separación de Cabeza

MUESTRA	Temperatura en el caldero [°C]	Temperatura del líquido refrigerante [°C]	Temperatura del destilado [°C]	°GL de separación
1	91,5	20	22,4	71
2	91	21	22,3	72
3	91	21	25,6	72
4	91	21	28,9	71
5	91	20	22,1	71
6	91	19	21,2	73
7	91,5	22	25,7	72
8	91	21	27,1	72

Fuente: Elaboración propia, 2019

En esta etapa se recogió el 1% del volumen total de la mezcla cargada, para la cabeza que era de 2 litros.

Se pudo determinar que, en la separación de la cabeza, la temperatura del vino de caña de azúcar varía entre 91 y 91,5 °C y el grado alcohólico variaba entre los 71 y 73 °GL.

8.3.2 Resultados obtenidos en la separación de cuerpo

Durante el proceso de separación del corazón del destilado, se obtuvieron los resultados expresados desde la Tabla VIII-3.

Tabla VIII- 3.-Resultados obtenido en la separación del cuerpo – Muestra 1

MUESTRA	Temperatura en el caldero [°C]	Temperatura del líquido refrigerante	Temperatura del destilado [°C]	Volumen [L]	°GL
---------	--------------------------------------	--	--------------------------------------	----------------	-----

1	[°C]				
	91	25,8	26	10,5	59
	92	26	26,5	6,90	55

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla VIII- 4.- Resultados obtenido en la separación del cuerpo –Muestra 2

MUESTRA	Temperatura en el caldero [°C]	Temperatura del líquido refrigerante [°C]	Temperatura del destilado [°C]	Volumen [L]	°GL
2					
	91	22,9	24,1	5,5	57
	92	23	24,3	4	56

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla VIII- 5.- Resultados obtenido en la separación del cuerpo –Muestra 3

MUESTRA	Temperatura en el caldero [°C]	Temperatura del líquido refrigerante [°C]	Temperatura del destilado [°C]	Volumen [L]	°GL
3					
	91	25,3	25,4	15	54
	93	26	26,5	8	50

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla VIII- 6.- Resultados obtenido en la separación del cuerpo –Muestra 4

MUESTRA	Temperatura en el caldero [°C]	Temperatura del líquido refrigerante [°C]	Temperatura del destilado [°C]	Volumen [L]	°GL
4					
	91	22,4	26,5	16,5	50

	93	23	25,2	7	49
--	----	----	------	---	----

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla VIII- 7.- Resultados obtenido en la separación del cuerpo –Muestra 5

MUESTRA	Temperatura en el caldero [°C]	Temperatura del líquido refrigerante [°C]	Temperatura del destilado [°C]	Volumen [L]	°GL
5	92	25,5	26	10,6	60
	92	26	26,9	6	54

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla VIII- 8.- Resultados obtenido en la separación del cuerpo –Muestra 6

MUESTRA	Temperatura en el caldero [°C]	Temperatura del líquido refrigerante [°C]	Temperatura del destilado [°C]	Volumen [L]	°GL
6	90	22,5	24	5	57
	92	23	24,9	4,2	56

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla VIII- 9.- Resultados obtenido en la separación del cuerpo –Muestra 7

MUESTRA	Temperatura en el caldero [°C]	Temperatura del líquido refrigerante [°C]	Temperatura del destilado [°C]	Volumen [L]	°GL
7	91	25,8	26	17	57
	93	26	26,4	5,5	50

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla VIII- 10.- Resultados obtenido en la separación del cuerpo –Muestra 8

MUESTRA	Temperatura en el caldero [°C]	Temperatura del líquido refrigerante [°C]	Temperatura del destilado [°C]	Volumen [L]	°GL
8	91	22,2	25	16,5	50
	93	23	26	7	47

Fuente: Elaboración propia, 2019

En esta etapa se recogió cada muestra hasta que su última fracción marque los 40°GL, haciendo que el destilado final varíe su graduación alcohólica, según las pruebas que se realizaron.

En la Tabla VIII-11, se muestra los resultados finales de todas las muestras del cuerpo del destilado, el volumen, grado alcohólico final y contenido de metanol.

Tabla VIII- 11.- Resultados finales del cuerpo de destilado

Muestra	Volumen [lt]	°GL	Metanol [mg/lt]
1	17,4	55	179
2	9,5	56	173
3	23	50	177
4	23,5	49	170
5	16,6	54	177
6	9,2	56	175
7	22,5	50	176

8	23	47	172
---	----	----	-----

Fuente: Elaboración Propia, 2019

Se pudo determinar que, en la recolección del cuerpo, el grado alcohólico oscila entre 56 a 47 °GL y el volumen de los mismo se encuentran entre 9 a 23 litros. De la misma forma se puede observar que todas las muestras se encuentran dentro del rango permisible de contenido de metanol el cual es 750 mg/L de valor máximo.

8.3.3 Resultados obtenidos en la separación de la cola

Durante el proceso de separación de la cola del destilado, se obtuvieron los resultados expresados en la tabla VIII-12.

Tabla VIII- 12.- Resultados obtenidos en la separación de la Cola

MUESTRA	Temperatura en el caldero [°C]	Temperatura del líquido refrigerante [°C]	Temperatura del destilado [°C]	°GL de separación
1	94	22,5	25,6	23
2	93	22	24,3	23
3	93	23	26,1	24
4	93	23,9	26	23
5	94	23	26	23
6	93	22.5	27	23
7	93	23	24	24
8	93	23.5	27	23

Fuente: Elaboración Propia, 2019

En esta etapa se recogió cada muestra hasta que llegue en un rango de 23 a 24 °GL, variando está según la experiencia realizada.

8.4 Comparación del grado alcohólico y cantidad de metanol del producto actual y del producto optimizado

A continuación, se realizará la comparación de los resultados obtenidos del producto final (cañazo después de la dilución) que actualmente se elabora en la industria artesanal CAÑA REAL y los resultados obtenidos aplicando los parámetros determinados en la etapa experimental.

Tabla VIII- 13.- Comparación del grado alcohólico y cantidad de metanol entre el producto actual y el producto optimizado

Parámetro	Unidad	Requisitos		Producto	Producto
		Mínimo	Máximo	actual	optimizado
Grado Alcohólico	°GL (a 20°C)	36	46	47,4	38,1
Metanol	mg/l	0	750	250	170

Fuente: Elaboración propia, (2019)

Mediante la tabla VIII-13 podemos afirmar que la optimización realizada al proceso de destilación, obtuvo como resultado la mejora de la calidad en el producto final, estando este con un valor en el grado alcohólico y en el metanol aceptable por las normas de calidad establecidas.

8.5 Comparación del rendimiento del proceso de destilación antes y después de la optimización

A continuación, se mostrará la cantidad de destilado obtenido a partir de una misma cantidad de vino de caña procesado, haciendo una comparación antes y después de la optimización:

Tabla VIII- 14.- Comparación del rendimiento del proceso de destilación antes y después de la destilación

Proceso de Destilación	Volumen del Destilado [lt]	°GL
Antes de la optimización	19	52
Después de la optimización	24,5	49

Fuente: Elaboración propi, 2019

En la tabla VIII-14 se evidencia el incremento en la producción del destilado, obteniendo 5,5 lt más que antes de ser optimizado el proceso de destilación.

8.6 Comparación de las características del producto conseguido posterior a la optimización

A continuación, se realizará la comparación de los resultados obtenidos durante el proceso de destilación con resultados bibliográficos:

Tabla VIII- 15.-Comparación de las características del producto conseguido posterior a la optimización

Componente	Unidades	Resultado	
		Bibliografía	Experiencia optimizada
Metanol	mg/l	208	170
Grado alcohólico	°GL (a 20°C)	53,2	49

Mediante la tabla VIII-15 se puede observar que el producto resultante durante la optimización del proceso se encuentra muy similar en características químicas respecto

a datos bibliográficos (Universidad técnica del Norte, Ecuador), presentando escasa variación.

CAPÍTULO IX

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO IX

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 Conclusiones

- Se realizaron los análisis fisicoquímicos más importantes considerados para el cañazo, al producto actual que elabora la industria artesanal CAÑA REAL (Anexo D). Todos los resultados de estos análisis respondieron positivamente, a excepción del grado alcohólico, el cual respondió un tanto elevado, presentando un grado alcohólico de 47,4 °GL siendo este superior al permitido por norma que oscila entre 35 a 45°GL.
- El proceso empleado actualmente en la elaboración de cañazo por parte de la industria artesanal CAÑA REAL, no presenta ninguna especie de control y registros operacionales a lo largo de todo su proceso. Los mismos se basan únicamente en elaboración de una manera empírica, desconociendo la importancia de muchos factores significativos para la obtención de un producto de mejor calidad.
- Mediante la aplicación de los parámetros de optimización en el proceso de destilación, se obtuvo un producto totalmente satisfactorio. Para esto se realizaron diferentes pruebas operacionales en la misma industria artesanal, obteniendo así que las condiciones más convenientes son las realizadas en la prueba 4, ya que se obtuvo un grado alcohólico óptimo, un mayor rendimiento y presentaba la cantidad de metanol más baja en comparación con las otras pruebas que se realizaron.
El grado alcohólico del destilado obtenido en la prueba 4 fue de 49 °GL y posteriormente fue llevado a un grado alcohólico permitido por norma de 38,1 °GL. Además, se realizaron análisis sobre el contenido de metanol presente en el destilado, ya que se considera uno de los parámetros más significativos, presentando un contenido de 170 mg/L estando así muy por debajo del rango máximo establecido por norma.

- Durante la realización de las pruebas de optimización, se evidenció una deficiencia en el equipo de destilación, más específicamente en la fase de condensación del destilado. Donde la temperatura del fluido de refrigeración permanecía en un rango de 23 y 26 °C siendo ésta no muy óptima para la obtención de un mejor producto en cuanto a la conservación de aromas.
- En el planteamiento del control operacional en el área de destilación se obtuvo como los parámetros más óptimos, operar a una temperatura de calefacción de 93 °C y a una temperatura del fluido de refrigeración de 23°C, obteniendo un destilado con menor grado alcohólico y con mayor rendimiento, como también en el acondicionamiento del equipo de destilación, se determinó que las dimensiones y diseño del condensador se encontraban sobredimensionadas, siendo así no muy adecuado para las características a las cuales éste opera, planteando así mediante un estudio previo que el mismo debe reducir en dimensiones.
- De acuerdo a las evaluaciones económicas realizadas, la aplicación de la optimización en las condiciones de operación para proceso de destilación, constituye una alternativa efectiva para mejorar el rendimiento económico, determinando que se obtiene un incremento en la ganancia de 6228,02 Bs durante la época de producción.

9.2 Recomendaciones

- Realizar la selección de una única variedad de caña de azúcar para la elaboración del cañazo, obteniendo así un producto final con características definidas, considerando la gran influencia de este factor en el producto.
- Se debe elaborar protocolos para el proceso de destilación, para que el operador cumpla con las especificaciones de los parámetros establecidos por el presente trabajo.
- Se recomienda que la industria artesanal CAÑA REAL lleve un control y registro continuo de las condiciones de operación a lo largo del proceso de elaboración de cañazo. Pudiendo así obtener un producto de características constates durante cada producción.
- Para que el fluido refrigerante del condensador opere en rangos de temperatura más bajas, se recomienda la modificación del equipo a las condiciones planeadas en el capítulo V.
- Se recomienda que a los desechos líquidos generados durante el proceso de elaboración de cañazo se les de algún tipo de tratamiento especial.
- Para facilitar el trabajo del operador y además mejorar la eficiencia en el control operacional se recomienda instalar un termómetro en el tanque de condensación, con el objetivo de controlar la temperatura durante todo el proceso de elaboración de cañazo.