

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**PROYECTO DE GRADO**



**EVALUACIÓN DEL SINGANI POR DOS MÉTODOS DE VINIFICACIÓN A PARTIR DE LA UVA MOSCATEL DE ALEJANDRÍA EN EL DEPARTAMENTO DE TARIJA, COSECHA 2021.**

**Por:**

**ANABEL MARISELA FERNANDEZ JIMENEZ**

**Modalidad de graduación: “Investigación Aplicada”, presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Química.**

**14 de diciembre 2021**

**TARIJA-BOLIVIA**

El presente trabajo está dedicado a Dios por ser mi guía y fortaleza en todo momento. A mis padres Félix Fernández y Elizabeth Jiménez por la confianza, amistad y apoyo incondicional.

### AGRADECIMIENTO:

A Dios por regalarme una vida llena de amor.

A mis padres: Felix Fernandez y Elizabeth Jimenez, a mis hermanos: Edgar y Maylin por estar siempre conmigo levantándose en cada momento y festejar mis alegrías GRACIAS.

A mis Tribunales y docente de materia: Por acompañarme en este proceso delicado y largo GRACIAS.

A mis amigos: Noe, Diego, Vanesa, Mildred y Jhoselin gracias por tanto cariño.

PENSAMIENTO

Filipenses 4:13

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
Advertencia.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Pensamiento.....	iv
Resumen.....	v

	<b>Página</b>
ANTECEDENTES.....	1
Variedades de uvas utilizadas para la elaboración de singani.....	2
Mercado Productor.....	3
OBJETIVOS.....	4
Objetivo general.....	4
Objetivos específicos.....	4
JUSTIFICACIÓN.....	4
Justificación Económica.....	4
Justificación tecnológica.....	5
Justificación social.....	5
1.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA UVA MOSCATEL DE ALEJANDRÍA.....	6
1.1.1. Taxonomía de la Vid Moscatel de Alejandría.....	6
1.1.2. Composición química de la uva moscatel de Alejandría.....	7

1.1.3. Partes constituyentes de la uva.....	7
1.2. SINGANI.....	12
1.2.2.1. Singani de altura .....	12
1.2.2.2. Singani de Primera selección .....	13
1.2.2.3. Singani de segunda selección.....	13
1.3. PRINCIPALES COMPONENTES DEL SINGANI .....	15
1.3.1. Ácidos .....	15
1.3.2. Alcoholes superiores .....	15
1.3.3. Aldehídos .....	15
1.3.4. Metanol .....	16
1.3.5. Furfural.....	16
1.3.6. Ésteres .....	16
1.3.7. Terpenos.....	17
1.4. PROCESO DE ELABORACIÓN .....	17
1.4.1. Recepción:.....	19
1.4.2. Despalillado: .....	19
1.4.3. Prensado:.....	19
1.4.4. Fermentación.....	20
1.4.5. Descube:.....	22
1.4.6. Trasiego:.....	22
1.4.7. Vino base: .....	22
1.4.8. Estabilización del vino base .....	23

1.4.9. Obtención de Singani: Destilación .....	23
1.4.10. Envasado .....	24
1.5. EVALUACIÓN SENSORIAL.....	25
1.5.1. Tipos de análisis.....	26
2.1. PROCESO TECNOLÓGICO EXPERIMENTAL .....	28
2.1.1. Diagrama de flujo de proceso para el Singani.....	28
2.2. DESCRIPCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA .....	30
2.2.1. Moscatel de Alejandría .....	30
2.2.2. Características físicas de la materia prima .....	30
2.2.3. Propiedades fisicoquímicas .....	31
2.3. DISEÑO ESTADÍSTICO DE EXPERIMENTOS .....	32
2.4. Diseño factorial .....	32
2.5. Equipo y materiales.....	35
2.6. DESARROLLO DEL PROCESO EXPERIMENTAL .....	36
2.6.1. Recepción de la materia prima .....	36
2.6.2. Molienda- Despalillado .....	38
2.6.3. Prensado.....	40
2.6.4. Proceso fermentativo.....	41
2.6.5. Descube.....	48
2.6.6. Trasiego.....	48
2.6.7. Vino Base.....	49
2.6.8. Destilación .....	50

2.6.9. Envasado .....	58
2.7. BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA .....	62
2.7.1. BALANCE DE MATERIA .....	62
2.7.2. BALANCE DE ENERGÍA .....	74
2.8. RENDIMIENTO DEL PROCESO DEL SINGANI .....	83
2.9. CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO FINAL .....	85
2.10. ANÁLISIS SENSORIAL.....	86
3.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA Y EL PRODUCTO FINAL .....	92
3.1.1. Análisis fisicoquímico de la materia prima .....	92
3.1.2. Análisis del Vino Base .....	92
3.1.3. Análisis del agua .....	95
3.1.4. Análisis de los singanis productos del diseño factorial .....	95
3.2. RESULTADOS DEL DESARROLLO DEL PROCESO EXPERIMENTAL .....	101
3.2.1. Cinética experimental del proceso fermentativo. ....	101
3.3. RESULTADOS DEL BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA.....	110
3.3.1. Resumen del Balance de Materia .....	110
3.3.2. Resumen del Balance de Energía .....	110
3.4. RESULTADOS DEL RENDIMIENTO DEL PROCESO .....	112
3.5. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE EXPERIMENTOS .....	112
3.5.1. Evaluación de los componentes volátiles. ....	112
3.5.2. Análisis en la ficha de degustación .....	121
3.5.3. Aceptación General .....	128

3.6.	DETERMINACIÓN DEL EXPERIMENTO MÁS ÓPTIMO .....	129
3.7.	Costos de la investigación .....	131
3.7.1.	Costos por Análisis .....	131
3.7.2.	Costos de material bibliográfica y de escritorio .....	132
3.7.3.	Costos de material utilizado para la elaboración del producto .....	133
3.7.4.	Costo total de investigación del proyecto.....	133
4.1.	CONCLUSIONES .....	134
4.2.	RECOMENDACIONES .....	135
	Referencias Bibliográficas.....	136
	ANEXOS .....	128

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla I-1 Taxonomía de la Vid Moscatel de Alejandría .....	6
Tabla I-2 Composición química del escobajo .....	8
Tabla I-3 Composición química de las semillas .....	10
Tabla I-4 Composición química de la pulpa.....	11
Tabla I-5 Composición química del mosto de la uva madura .....	12
Tabla I-6 Requisito fisicoquímicos del singani Requisitos Fisicoquímicos.....	14
Tabla I-7 Características Fisicoquímicas del Vino Base .....	23
Tabla II-1 Características fisicoquímicas .....	31
Tabla II-2 Análisis fisicoquímicos de la materia prima .....	32
Tabla II- 3 Identificación de variables.....	32
Tabla II-4 Interacciones de variables.....	33
Tabla II-5 Diseño factorial aplicado para el proceso de fermentación.....	34
Tabla II-6 Cantidad de materia.....	38
Tabla II-7 Descarte de uvas seleccionada.....	39
Tabla II-8 Fermentación de R1 y R2 .....	44
Tabla II-9 Fermentación de R1 y R2 .....	45
Tabla II-10 Fermentación de R3 y R4 .....	46
Tabla II-11 Fermentación de R3 y R4 .....	47

Tabla II-12 R1 Destilado .....	51
Tabla II-13 Destilado R2 .....	52
Tabla II-14 Destilado Replica R5 .....	53
Tabla II-15 Destilado Replica R6.....	54
Tabla II-16 Destilado R3 .....	55
Tabla II-17 R4 Destilado .....	56
Tabla II-18 Destilado Replica.....	57
Tabla II-19 Destilado Replica.....	58
Tabla II-20 Rebaje del singani.....	59
Tabla II-21 Ficha de degustación .....	60
Tabla II-22 Ficha de degustación .....	61
Tabla II-23 Componentes de la uva moscatel .....	62
Tabla II-24 Coeficientes y Entalpias de Vaporización.....	80
Tabla II-25 Volumen de los Destilados.....	84
Tabla II-26 Composición química del singani. Requisitos Físicoquímicos .....	86
Tabla II-27 Resultado de las evaluaciones .....	89
Tabla II-28 Parámetros de Evaluación .....	90
Tabla II-29 Resultados de las muestras .....	90
Tabla III-1 Parámetros físicoquímicos de la materia prima .....	92
Tabla III-2 Resultados Físicoquímicos del vino Base R1 .....	93

Tabla III-3 Resultados Fisicoquímicos del vino Base R2 .....	93
Tabla III-4 Resultados Fisicoquímicos del vino Base R3 .....	94
Tabla III-5 Resultados Fisicoquímicos del vino Base R4 .....	94
Tabla III-6 Resultados fisicoquímicos.....	95
Tabla III-7 Resultados Microbiológicos.....	95
Tabla III-8 Resultados fisicoquímicos del producto final R1.....	97
Tabla III-9 Resultados fisicoquímicos del producto final R2.....	98
Tabla III-10 Resultados fisicoquímicos del producto final R3.....	99
Tabla III-11 Resultados fisicoquímicos del producto final R4.....	100
Tabla III-12 Resumen del balance de materia .....	110
Tabla III-13 Resumen del balance de energía .....	111
Tabla III-14 Rendimiento .....	112
Tabla III-15 Análisis de Varianza del producto .....	113
Tabla III-16 Regresión Lineal .....	114
Tabla III-17 Coeficientes Estandarizados.....	114
Tabla III-18 Resumen del Modelo.....	115
Tabla III-19 Compuestos Volátiles observados y ajustados en ANOVA SPSS.....	117
Tabla III-20 ANOVA del atributo Sabor.....	121
Tabla III-21 Estadísticos descriptivos del atributo Sabor.....	122
Tabla III- 22 ANOVA Atributo Aroma.....	123

Tabla III-23 Estadísticos descriptivos del atributo Aroma.....	124
Tabla III-24 ANOVA Atributo Color.....	125
Tabla III-25 Estadísticos descriptivos del atributo Color.....	125
Tabla III-26 ANOVA APRECIACION GLOBAL .....	126
Tabla III-27 Estadísticos descriptivos de la Apreciación Global .....	127
Tabla III-28 Ponderación para cada atributo del análisis sensorial del Singani.....	128
Tabla III-29 Datos Resultados de la ficha de degustación .....	128
Tabla III-30 Ponderación para determinación de la calidad del Singani.....	129
Tabla III-31 Resultados del porcentaje de calidad de Singani obtenidas en cada experimento .....	130
Tabla III-32 Costos de Análisis de Laboratorio .....	131
Tabla III-33 Costos de material bibliográfica y de escritorio.....	132
Tabla III-34 Material utilizado .....	133
Tabla III-35 Costos Total del Estudio .....	133

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Mapa de Bolivia, mostrando la región productora de singani, incluyendo los puntos de producción durante la Colonia y en la actualidad.....	2
Figura I-2 Pulpa de uva .....	9
Figura I-3 Catabolismo de la glucosa en la fermentación alcohólica.....	21
Figura II-1 Recepción de materia prima.....	30
Figura II-2 Recolección de materia prima.....	37
Figura II-3 Balanza eléctrica .....	38
Figura II-4 Molienda .....	39
Figura II-5 Mosto de uva obtenido.....	40
Figura II-6 Prensado .....	41
Figura II-7 Maceración en Frio .....	41
Figura II- 8 Tachos fermentativos .....	42
Figura II-9 Tanques de fermentación para replicas .....	43
Figura II-10 Descubado.....	48
Figura II-11 Trasiego .....	49
Figura II-12Vino Base.....	49
Figura II- 13 Destilación.....	50
Figura II-14 Primer Etapa.....	63

Figura II-15 Segunda Etapa.....	64
Figura II-16 Tercera Etapa .....	70
Figura II-17 Cuarta Etapa.....	65
Figura II-18 Quinta etapa .....	71
Figura II-19 Sexta etapa .....	72
Figura II-20 Séptima etapa .....	73
Figura II-21 Balance de energía la Maceración.....	74
Figura II-22 Balance de energía de la fermentación del vino base .....	75
Figura II-23 Balance de energía para estabilizar el vino a 18 °C .....	79
Figura II-24 Destilación.....	80
Figura II-25 Análisis Sensorial.....	88

## GRÁFICAS

Gráfica I-1 Proceso de elaboración del Singani .....	18
Gráfica II-1 Proceso de elaboración del Singani .....	29
Gráfica II-2 Diseño Factorial.....	34
Gráfica III-1 Pendiente de la Cinética R4 .....	102
Gráfica III-2 Cinética en función concentración vs tiempo de Fermentación.....	103
Gráfica III-3 Pendiente de la Cinética R3 .....	104
Gráfica III-4 Cinética en función concentración vs tiempo de Fermentación.....	105

Gráfica III-5 Pendiente de la Cinética R2 .....	106
Gráfica III-6 Cinética en función concentración vs tiempo de Fermentación.....	107
Gráfica III-7 Pendiente de la Cinética R1 .....	108
Gráfica III-8 Cinética en función concentración vs tiempo de Fermentación.....	109
Gráfica III-9 Resultado de los componentes Volátiles.....	116
Gráfica III-10 Ajustes de la concentración de compuestos Volátiles.....	120
Gráfica III-11 Margen de Error .....	121
Gráfica III-12 Análisis de medias para el atributo Sabor .....	123
Gráfica III-13 Análisis de medias para el atributo Aroma .....	124
Gráfica III-14 Análisis de Media para el atributo Color .....	126
Gráfica III-15 Análisis de atributo.....	127
Gráfica III-16 Apreciación General de la ficha de degustación .....	129
Gráfica III-17 Resultados del porcentaje de calidad de los singanis obtenidos en cada experimento .....	130



## RESUMEN

El singani es una bebida alcohólica genuina boliviana, obtenida exclusivamente por destilación de uvas *vitis vinífera* de la variedad Moscatel de Alejandría producidas en zonas de altura mínima 1600 m.s.n.m. En el presente se propone el estudio de estos dos tipos de vinificación para identificar las cualidades aromáticas y el proceso óptimo de elaboración de singani para generar una mayor aceptación del mismo y por lo tanto un mayor desarrollo en el eslabón de comercialización de la cadena vitivinícola.

El desarrollo de la fase experimental comprende desde la caracterización de la materia prima hasta el producto final en función a la Norma Boliviana NB 324001:2015 requisitos del Singani.

En ese sentido se inicia con la recepción de la materia prima, los racimos de uva listos para el proceso de molienda y su posterior fermentación en la cual se realiza el diseño factorial 2<sup>2</sup>, como variables independientes se tomó el tipo de Vinificación (vinificación en Tinto y vinificación en Blanco) y el tiempo de maceración en frío con el propósito de verificar si estas influyen en la calidad aromática del producto final. Se realiza el proceso de destilación en alambique durante 6 a 7 horas por tipo de vinificación.

Posterior a esto, los singanis obtenidos en el presente trabajo de investigación determinan sus características fisicoquímicas y organolépticas para evaluar la incidencia de ambos procesos fermentativos. Siendo el mejor experimento la interacción de Vinificación en tinto con maceración en frío Resultado R3, porque presenta un mejor rendimiento, mayor concentración de compuestos volátiles y una leve aceptación en las pruebas sensoriales.

Los resultados de la Vinificación en tinto y maceración en frío del resultado R3 se pueden resumir de la siguiente manera:

Concentración de compuestos Volátiles= Furfural 5m/l, Esteres =686 ml/l, Aldehído= 52,50 ml/l, Alcoholes= 411 ml/l

# **INTRODUCCION**

## ANTECEDENTES

Los orígenes de la viticultura boliviana están estrechamente relacionados con la explotación minera del Cerro Rico de Potosí, durante el periodo colonial que en aquel entonces se contaba con una población de 160.000 habitantes, superior a París y Londres a igual fecha. Alrededor del año 1550 cuando los misioneros católicos introducen el cultivo de la vid a Bolivia, hallando un territorio nuevo y de enorme riqueza climática para desarrollar con pleno potencial la *vitis vinífera*. Fueron los misioneros Agustinos los primeros en fabricar vino cuya elaboración tenía fines litúrgicos.

En 1572, el Virrey del Perú, Francisco de Toledo, instaura una forma de esclavitud, a trabajar “mita”, obligatoriamente en las minas.

Según (Aguirre Ulloa, 2015) el trabajo en la mina, se soportaba masticando hojas de coca para procurarse energía, además, de una ingesta clandestina y excesiva de alcohol. Esta demanda de aguardiente estímulo en la región.

Durante la época colonial, tras la expansión de la explotación minera de plata en el Cerro Rico de Potosí, los españoles comenzaron el cultivo de la vid en los valles al sur de Potosí. El proceso de elaboración de vinos resultó complejo, debido a las condiciones geográficas y climáticas, al igual que su conservación. Ante ello, se optó por la destilación del vino, lo que sirvió para elaborar esta bebida espirituosa. Se dice que ciertos monjes españoles, principales cultivadores de la vid, dieron origen a esta bebida como aguardiente.

El crecimiento de la viticultura se extendió rápidamente a los valles de Mizque y Camargo. Sin embargo, el Rey de España temiendo que la producción regional compitiera con los vinos procedentes de España, ordenó que se suspendiera el cultivo. De esta forma, se limitó temporalmente la extensión de la vid. Con el tiempo, se desmanteló la actividad en Mizque, pero pudo sobrevivir la tradición en los valles de Camargo. A pesar de los obstáculos, los viñedos se extendieron ampliando la distribución de vides a otros valles del país como Caracoto y Luribay, en el Departamento de Potosí y La Paz respectivamente, hasta llegar a los valles de Tarija. (Requena)

El “Singani” es una denominación de origen, controlada, reconocida internacionalmente, que designa al aguardiente de uva Moscatel de Alejandría elaborado en algunas regiones de Bolivia, sobre todo en el valle central de Tarija. La Ley N°1334 sobre las Denominaciones de Origen, de 4 de mayo de 1992 en Bolivia, define al Singani como "aguardiente obtenido por la destilación de vinos naturales de uva fresca Moscatel de Alejandría producida, destilada y embotellada en las zonas de producción de origen". (Antelo, 2007)

**Figura 1 Mapa de Bolivia, mostrando la región productora de singani, incluyendo los puntos de producción durante la Colonia y en la actualidad**



Fuente: (WINES OF BOLIVIA, 2021)

### **Variedades de uvas utilizadas para la elaboración de singani**

Según (Navarro, 2014) las principales variedades de uva blanca plantadas en el Valle central de Tarija son Moscatel de Alejandría, Sauvignon Blanc, Riesling, Franc Colombard y Chenin Blanc. Hasta el 93% de la producción total de uva del país se

produce en el Valle Central de Tarija. Como resultado, alrededor de 25 bodegas producen en Tarija 5,7 millones de litros de vino, o el 97%; seis de ellos representan la mayor parte, con cuatro bodegas que producen 4 millones de litros de singani.

**Tabla. 1 Variedad de uva para elaborar singani**

Variedad de singani	Quintales
<b>Moscatel de Alejandría</b>	49,09
<b>Uva país y/o negra criolla</b>	403
<b>moscatel rosada</b>	42
<b>uva real</b>	10
<b>Total, general</b>	49,55

Fuente: (Centro de información empresarial y planificación estratégica, 2008)

### **Mercado Productor**

Según (Navarro, 2014) la variedad más plantada en Tarija y Bolivia es la Moscatel de Alejandría, que se utiliza para la producción de vino y Singani.

La producción de Singani se trasladó al Valle Central de Tarija, debido a los menores costos de producción de esta región. Como resultado, solo 300 de las 1.500 hectáreas originales permanecen plantadas hoy. Sin embargo, existe un interés creciente en la producción de vinos de calidad utilizando las antiguas variedades coloniales, así como las variedades francesas internacionales. Actualmente, 20 bodegas producen alrededor de 200.000 litros de vino y 100.000 litros de singani para consumo local.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Evaluar el singani con dos tipos de vinificación a partir de la uva moscatel de Alejandría en el departamento de Tarija, empleando métodos estadísticos con el fin de garantizar y mejorar la calidad del producto, cosecha 2021.

### **Objetivos específicos**

- Caracterizar fisicoquímicamente la materia prima disponible: Uva moscatel de Alejandría.
- Ejecutar el diseño factorial propuesto.
- Evaluar las características fisicoquímicas del singani obtenido de acuerdo a los dos métodos de vinificación
- Evaluar las características sensoriales a través de un panel de prueba para verificar los resultados.
- Realizar un balance de materia y energía del producto final.
- Determinar el rendimiento y/o eficiencia del Proceso Tecnológico experimental utilizado.

## **JUSTIFICACIÓN**

### **Justificación Económica**

El singani bebida genuina Boliviana es una única bebida en su género a nivel mundial es apreciada por su calidad organoléptica que es conferida por las características del territorio de los valles de altura de Bolivia, en este sentido el singani pertenece a la gama de los destilados más armónicos del mundo y en la actualidad cuenta con una Denominación de Origen (Ley 1334), en este sentido para posicionarlo en el lugar privilegiado que le compete y que sea valorado como un brandy de origen francés es necesario investigar y evaluar sus características fisicoquímicas y sensoriales con la finalidad de poder presentarlo con propiedad y hablar de este producto como un producto diferenciado con potencial aromático que hace que los consumidores conocedores de este tipo de destilados lo puedan apreciar y de esta manera se pueda

posicionar en un nicho de mercado muy competitivo con alto valor comercial y que además haga que el consumidor asocie el gusto a los valles de los cuales provienen.

### **Justificación tecnológica**

El proyecto tiene por objetivo evaluar el singani variando dos tipos de vinificaciones en blanco tradicional y en tinto tradicional de acuerdo a los requisitos de la norma NB-324001:2015, en esta evaluación se estudiarán 2 variables del proceso que tienen mayor o menor valor significativo en el perfil sensorial de mayor aceptabilidad, tipo de vinificación y el tiempo de maceración en frío la cual podrá permitir una optimización de tiempo en el proceso de fermentación y durante el proceso de elaboración del singani contribuyendo así a una mejora en el desarrollo de producción del sector vitivinícola de Bolivia.

### **Justificación social**

El singani al igual que el vino son bebidas que acompañan durante las reuniones sociales, un cumpleaños y muchas celebraciones de las cuales a las personas gusta participar, por este motivo son productos que están presentes en la mesa de todas las personas, al realizar la presente investigación se determinaran parámetros técnicos de un destilado aromático, que va a generar en el posicionamiento de esta bebida genuina boliviano un mayor desarrollo en el eslabón de comercialización de esta cadena de valor como lo es la Cadena Vitivinícola.

Además, es muy importante mencionar la sinergia que existe entre la Cadena vitivinícola y el enoturismo que se está desarrollando en su máximo potencial en los últimos 10 años con los cuales se puede, promocionar la visita guiada a las zonas productoras y la degustación de los singanis que se producen en las zonas de altura de Bolivia, cualidad diferenciadora del singani con relación a otras bebidas del mundo.

**CAPÍTULO I**  
**MARCO TEÓRICO**

## 1.1.CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA UVA MOSCATEL DE ALEJANDRÍA

### 1.1.1. Taxonomía de la Vid Moscatel de Alejandría

Según (Herbario Universitario T.B., 2021), la vid se clasifica de la siguiente manera:

**Tabla I-1 Taxonomía de la Vid Moscatel de Alejandría**

<b>Reino</b>	<b>Vegetal</b>
<b>Phylum</b>	Telemophytae
<b>División</b>	Tracheophytae
<b>Sub división</b>	Anthophyta
<b>Clase</b>	Angiospermae
<b>Sub clase</b>	Dicotyledoneae
<b>Grado Evolutivo</b>	Archichlamydeae
<b>Grupo de Ordenes</b>	Corolinos
<b>Orden</b>	Ramnales
<b>Familia</b>	Vitaceae.
<b>Nombre científico</b>	Vitis vinífera L.
<b>Variedad</b>	Moscatel de Alejandría
<b>Nombre común</b>	Vid

Fuente: (Herbario Universitario T.B., 2021)

### **1.1.2. Composición química de la uva moscatel de Alejandría**

El moscatel es una variedad blanca de maduración media y de usos múltiples (uva de mesa, pacificación, mistelas y vinificación). Se considera cepa del mediterráneo, necesitada de su sol, suelos húmedos e influjo del mar. Es una variedad muy exigente en cuanto al clima dando sus mejores calidades organolépticas cuanto más próxima está al mar. (Grimalt Tró, 2015)

Sus racimos son de mediano tamaño y de forma casi cilíndrica. Su mosto posee un aroma característico de moscato, siendo muy azucarado. Presenta rendimiento menor que las demás variedades, pero ofrece un Singani muy fino de aroma y sabor delicado.

### **1.1.3. Partes constituyentes de la uva.**

#### **1.1.3.1. El escobajo**

El escobajo corresponde a la parte leñosa del racimo, siendo el sostén de los granos y representa entre un 2 y un 5% del peso del racimo. Aporta olores y sabores vegetales que no son deseables en el vino y presenta un alto contenido de taninos agresivos y desagradables que perjudican la calidad final de este.

La composición química del escobajo es parecida a la de las hojas y zarcillos, aunque destaca su riqueza en poli fenoles. Es pobre en azúcares y contiene un pH elevado, superior a 4. Contrariamente a lo que se piensa comúnmente, la maceración del escobajo en la vinificación de las uvas tintas no despalladas, no provoca un aumento de la acidez del vino sino una disminución, con una elevación sensible del pH.

**Tabla I-2 Composición química del escobajo**

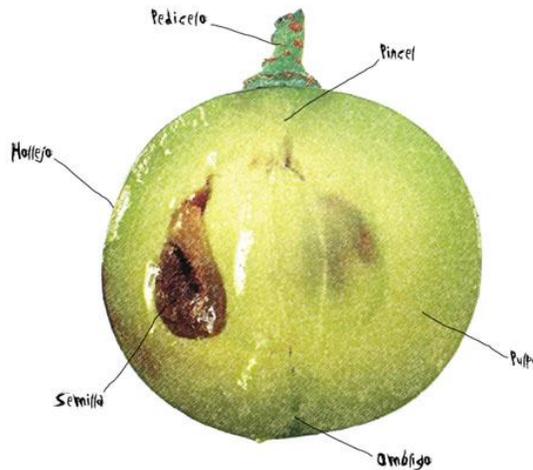
Composición química del escobajo		
Componente	Unidades	Composición
<b>Azúcares</b>	g/Kg	<10
<b>pH.</b>	unidades de pH.	4,1-4,5
<b>Ácidos libres</b>	meq/Kg	60-90
<b>Ácidos salificados</b>	meq/Kg	102-140
<b>Acido tartárico</b>	meq/Kg	30-90
<b>Ácido málico</b>	meq/Kg	80-150
<b>Ácido cítrico</b>	meq/Kg	4-10
<b>Suma de aniones</b>	meq/Kg	170-183
<b>Suma de cationes</b>	meq/Kg	160-205
<b>Polifenoles solubles</b>	g/Kg	5,4-15,2

Fuente: (Moreno Vigara & Peinado Amores, 2010)

### 1.1.3.2. El grano

Según (Moreno Vigara & Peinado Amores, 2010) el grano está constituido por la piel u hollejo, la pulpa y las semillas o pepas. En el hollejo se encuentran las moléculas aromáticas, las antocianas responsables del color y la mayor cantidad de tanino. El grano puede tener hasta cuatro o presentar ausencia total de semillas. Constituye hasta el 3 % del peso del grano, contiene gran cantidad de agua y materiales leñosos. Tiene de 8 % a 10 % de aceite, el cual no tiene importancia desde el punto de vista enológico y no se corre el riesgo que entre en contacto con el mosto pues la semilla al no romperse no los libera.

**Figura I-2 Pulpa de uva**



Fuente: (Urbina Vinos Blog, 2011)

### **1.1.3.3. Las semillas**

Contienen taninos, los cuales pese a ser agresivos y demasiadas secantes, son necesarios para fijar las antocianinas y hacer más estable el color.

Mientras que las sustancias contenidas en la superficie de la semilla pueden ser beneficiosas (compuestos fenólicos, sustancias nitrogenadas y fosfatos que se solubilizan parcialmente durante la vinificación en tinto), las sustancias presentes en el interior de la semilla, serían perjudiciales para la calidad del vino si se solubilizaran, por lo que se debe evitar la rotura de las pepitas durante el prensado de la uva.

**Tabla I-3 Composición química de las semillas**

Composición química del Semilla		
Componente	Unidades	Composición
<b>Agua</b>	g/100g	25-45
<b>Azúcares</b>	g/100g	34-36
<b>Aceite</b>	g/100g	13-20
<b>Tanino</b>	g/100g	4-6
<b>Compuestos nitrogenados</b>	g/100g	4-6,5
<b>Materias minerales</b>	g/100g	2-4
<b>Ácidos grasos libres</b>	g/100g	1

Fuente: (Moreno Vigara & Peinado Amores, 2010)

#### **1.1.3.4. La pulpa**

Su contenido interno no es homogéneo. Constituye alrededor del 85 % del peso del grano, es un tejido frágil, el cual al romperse proporciona el mosto. Está compuesto por células de varios tamaños con paredes celulares excesivamente delgadas, en ella se encuentra el azúcar que es almacenado en la uva en forma de glucosa (dextrosa), y fructosa (levulosa). Hacia la periferia, la cantidad de azúcar y taninos es alta y la acidez es baja. La zona media es rica en azúcar, pero pobre en taninos, y finalmente la zona interna, que rodea las semillas es la más alta en acidez y pobre en azúcar. (H. Cáceres, Quisp1, Pignataro, Orjeda, & Lacombe, 2017)

En la pulpa se encuentra los componentes mayoritarios del zumo de la uva o mosto. La parte sólida de la pulpa está compuesta por las paredes celulósicas y los haces fibrovasculares, y apenas alcanza el 0.5 % de su peso. Constituye los llamados fangos o burbas que se depositan en el fondo de los depósitos donde se deja decantar el mosto.

**Tabla I-4 Composición química de la pulpa**

<b>Composición química del Pulpa</b>		
<b>Componente</b>	<b>Unidades</b>	<b>Composición</b>
<b>Azúcares</b>	g/Kg	180-240
<b>pH</b>	unidades de pH.	3,2-4,0
<b>Ácidos libres</b>	meq/Kg	98-125
<b>Ácidos salificados</b>	meq/Kg	43-58
<b>Ácido tartárico</b>	meq/Kg	45-90
<b>Ácido málico</b>	meq/Kg	70-90
<b>Ácido cítrico</b>	meq/Kg	1,5-2,9
<b>Suma de aniones</b>	meq/Kg	130-170
<b>Suma de cationes</b>	meq/Kg	150

Fuente: (Moreno Vigara & Peinado Amores, 2010)

#### **1.1.3.5. Composición del mosto**

El líquido contenido en la pulpa y que se obtiene al romper los granos de uva constituye lo que habitualmente se denomina mosto. El mosto se caracteriza por un contenido en azúcares, ácidos y otras sustancias muy semejantes a los de la pulpa de la que procede y depende de varios factores, como variedad de uva, situación del viñedo, composición del suelo y de los factores climatológicos durante la época de crecimiento y de maduración de la uva.

**Tabla I-5 Composición química del mosto de la uva madura**

Composición química de la uva Madura		
Componente	Unidades	Composición
Agua	g/L	80-86
Azúcares	g/L	120-125
Ácidos orgánicos	g/L	6-14
Sustancias minerales	g/L	2,5-3,5
Compuestos nitrogenados	g/L	0,5-10
Otras sustancias	g/L	< 1

Fuente: (Moreno Vigara & Peinado Amores, 2010)

## 1.2. SINGANI

### 1.2.1. Definición de singani

La norma boliviana (NB) 324001:2015 define al singani como bebida alcohólica genuina boliviana, obtenida exclusivamente por destilación de uvas *vitis vinífera* producidas en zonas de altura mínima 1600 m.s.n.m., producidos, destilados y embotellados en las zonas productoras de origen, según la legislación vigente.

### 1.2.2. Tipos de Singani

#### 1.2.2.1. Singani de altura

Según la norma boliviana (NB) IBNORCA, es la bebida obtenida por destilación de vino 100% natural provenientes exclusivamente de la fermentación alcohólica de la uva Moscatel de Alejandría, producidos en una altura mínima de 1,600 m.s.n.m., elaborados, destilados, embotellados y/o añejados en las zonas de producción de origen.

**1.2.2.2. Singani de Primera selección**

Según la norma boliviana (NB) IBNORCA, es la bebida alcohólica obtenida por destilación de vino y/o vinos de orujos provenientes exclusivamente de la fermentación alcohólica, de las uvas blancas, producidas en la altura mínima de 1600 m.s.n.m. elaborados, destilados y embotellados en las zonas de denominación de origen.

**1.2.2.3. Singani de segunda selección**

Según la norma boliviana (NB) IBNORCA, es la bebida alcohólica obtenida por destilación de vino y/o vinos de orujos provenientes exclusivamente de la fermentación alcohólica de una o varias variedades de uvas *Vitis vinífera*, producidos en una altura mínima de 1600 m.s.n.m. elaborados destilados y embotellados en las zonas de denominación de origen.

**Tabla I-6 Requisito fisicoquímicos del singani Requisitos Fisicoquímicos**

El singani debe cumplir los siguientes requisitos fisicoquímicos:

<b>Parámetros</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>MÁXIMO</b>
<b>Densidad</b>	g/ml	De acuerdo al singani	De acuerdo al singani
<b>Alcohol a 20°C</b>	°GL	38	46
<b>Extracto seco total</b>	g/l	De acuerdo al singani	De acuerdo al singani
<b>Cobre</b>	mg/l	0	0,6
<b>PH</b>	unidad de PH	4	6
<b>Anhídrido sulfuroso</b>	mg/l	0	4
<b>Acides total expresado en ácido acético</b>	mg/l	0	750
<b>Metanol</b>	mg/l	0	500
<b>Furfural</b>	mg/l	Trazas	30
<b>Esteres</b>	mg/l	30	1200
<b>Aldehídos</b>	mg/l	20	600
<b>Alcoholes superiores</b>	mg/l	150	1200
<b>Plomo</b>	mg/l	0	0,3

**Fuente:** (IBNORCA, 2015. NB-324001:2015)

### **1.3. PRINCIPALES COMPONENTES DEL SINGANI**

#### **1.3.1. Ácidos**

La acidez de los destilados está determinada principalmente por la acidez volátil del vino base. Los ácidos presentes en el aguardiente pueden dividirse en ácidos orgánicos libres, ácidos orgánicos fijos, ácidos volátiles y ácidos minerales. El ácido acético del destilado proviene del vino base y es un producto secundario normal de la fermentación alcohólica. (Domenech, 2006) Reporta que los ácidos volátiles son de olor muy penetrante y desagradable, perjudicando al destilado con su presencia, pero siempre es necesario una pequeña cantidad de ácido acético para que los aguardientes adquieran cuerpo, muy importante en la calidad; pero un exceso de ácido acético genera un elevado contenido de acetato de etilo que desmejora la calidad del producto.

#### **1.3.2. Alcoholes superiores**

Según (Domenech, 2006) los alcoholes superiores son componentes volátiles esenciales del complejo aromático, además por su acción disolvente sobre otras sustancias aromáticas que se encuentran en el vino y que son muy volátiles, presentan un efecto superior al etanol. La mayoría de ellos otorgan aromas desagradables al vino y los destilados como alcohólico, verde, picante, áspero, etc. En cuanto al origen de los polialcoholes, más específicamente el glicerol, deriva de la fermentación alcohólica, pero particularmente de la fermentación glicero-pirúvica.

#### **1.3.3. Aldehídos**

La mayor concentración dentro del grupo de funcional carbonilo, llamado también etanal o acetaldehído. Según (Hatta, Beatriz, 2004) Este compuesto debido a su alta volatilidad, pasa en su totalidad al destilado y lo hace durante la primera fracción, en la "cabeza", su olor es fuerte, a veces de gusto metálico. Un exceso de este compuesto se considera negativo para la calidad del destilado. El acetaldehído muestra cierta afinidad por el alcohol, es por eso su mayor concentración en la primera parte del destilado, con el cual pueden entrar en combinación formando acetales, estos pueden ser favorables.

#### 1.3.4. Metanol

El alcohol metílico o metanol es tóxico para la salud y su contenido está restringido a ciertos valores establecidos. Según (Hatta, Beatriz, 2004) el metanol es un producto de la des metilación de las pectinas y no de la fermentación. El contenido de metanol de los aguardientes depende de la calidad del vino. Esto se debe a una elevada cantidad de metilesterasa presente en el hollejo.

#### 1.3.5. Furfural

La formación de estos furfurales es a partir de azúcares no fermentables como la xilosa y que es un compuesto que otorga un olor a quemado a los destilados.

El furfural también se obtiene como producto de la reacción entre los azúcares reductores sobre los prótidos y aminoácidos durante la destilación. El furfural comienza a destilar en la fracción del cuerpo, aumentando en forma paulatina a medida que transcurre la destilación por lo que se le considera un producto de fracción cola. (Domenech, 2006), menciona que el emplear rectificador, el contenido de furfural aumenta, esto debido al mayor calentamiento a que se somete el alcohol.

#### 1.3.6. Ésteres

Según (Moreno Vigara & Peinado Amores, 2010) el grupo funcional de  $R-CO-O-R'$ . Desde el punto de vista químico conviene agruparlos por el resto  $R$  o  $R'$  en tres fracciones:

- 1) Si el resto ácido  $R-COO'$  procede del ácido acético: acetatos de alcoholes. Son los más volátiles.
- 2) Si  $R' = \text{etanol}$ : esterres etílicos de los ácidos del vino. En función de la volatilidad del ácido de partida serán más o menos volátiles, Dentro de los esterres etílicos destacan:
  - Tartrato, malato, lactato u succinato de mono y di etílico.
  - Esterres etílicos de ácidos grasos de cadena corta y media: desde  $C_4$  a  $C_{10}$ .

Según (TOLEDO HERRERA, 2012) los ésteres se forman en el curso de la fermentación, en el interior de la célula de levadura, esta formación depende de la disponibilidad de oxígeno durante la fermentación, generalmente, en condiciones anaeróbicas decrece la producción de acetato de butilo, acetato de isoamilo, acetato de feniletilo y acetato de hexilo, mientras que la de acetato de etilo aumenta.

### **1.3.7. Terpenos**

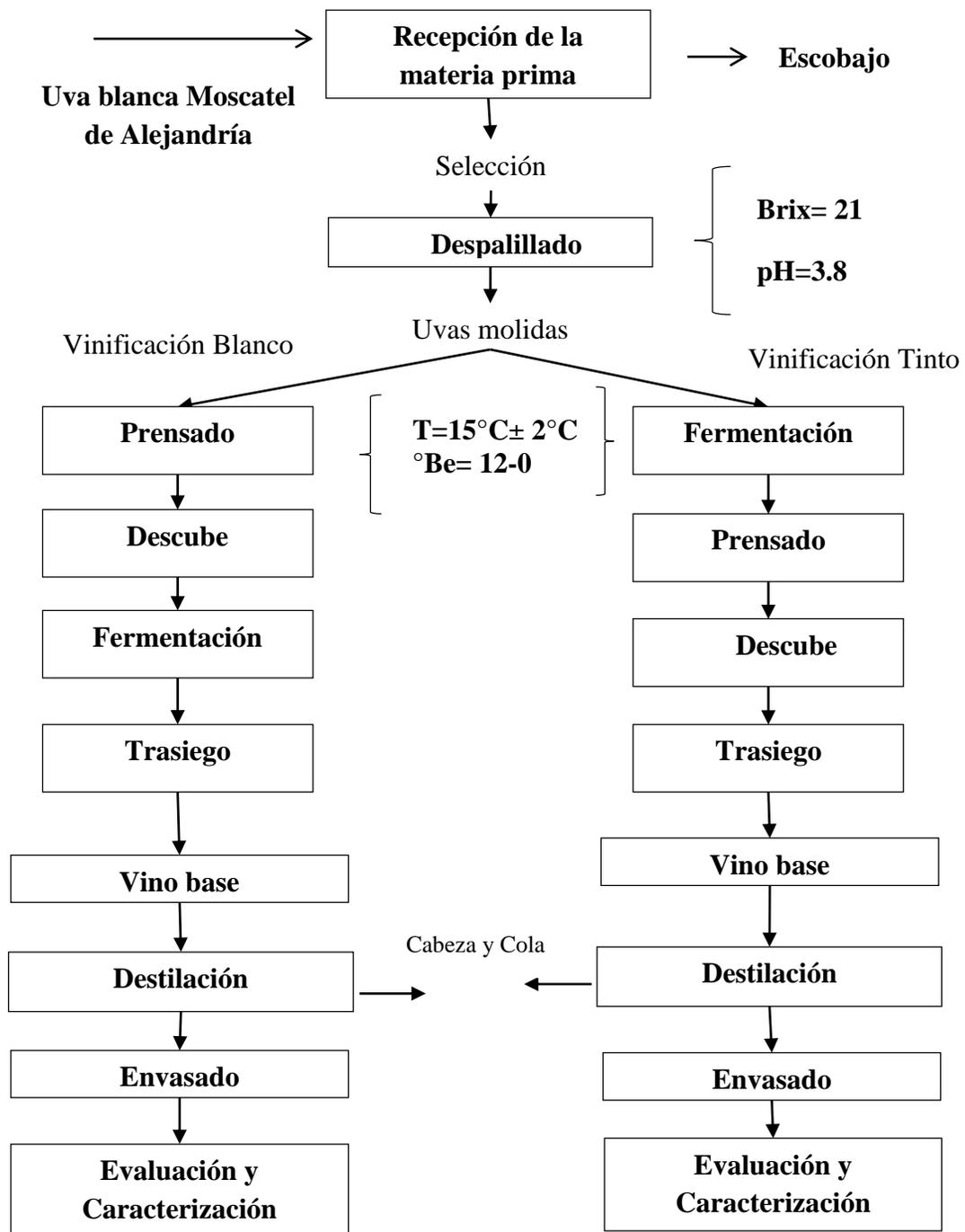
Los terpenos son los compuestos de principal importancia y responsabilidad del aroma varietal en una bebida aromática, el cual puede provenir de sustancia olorosas presentes en la uva de forma libre, unidas a glucósidos bajo formas no olorosas (representando aroma potencial) o precursores volátiles que pueden derivarse en compuestos olorosos de notas características.

(Jimenez Rojas, 2014) Menciona que la condensación de dos unidades de isoprenos da origen a los monoterpenos y los sesquiterpenos por la condensación de tres unidades. Los monoterpenos aparecen en forma de hidrocarburos simples (limoneno, mirceno), aldehídos (linalal, geranial) alcoholes (linalol, geraniol), ácidos (ácido linálico, ácidogeránico) e incluso en forma de ésteres.

## **1.4.PROCESO DE ELABORACIÓN**

Para lograr un buen singani, la vendimia debe ser cuidadosa y evitar romper el racimo que provoca oxidación y aromas herbáceos. Se debe tratar en lo posible de realizar las labores de cosecha a tempranas horas de la mañana o en la tarde cuando la temperatura ha disminuido principalmente para evitar la oxidación de las uvas y cuidar los aromas del cepaje.

Gráfica I-1 Proceso de elaboración del Singani



Fuente: Elaboración propia, UAJMS 2021.

#### **1.4.5. Recepción:**

La cosecha de la uva se realiza una vez que la misma alcanza la madurez óptima para el proceso de vinificación. La madurez de la uva es la etapa en la que se constituye la baya apta para consumir el fruto fresco o para vinificación.

Después de la cosecha de la uva en la vendimia, la uva es transportada a las instalaciones en cajas de 10-15 Kg de capacidad, dispuestas unas sobre otras, evitando el deterioro de los racimos. Luego de la recepción, se determina la calidad de la uva mediante análisis cuantitativo y cualitativo los parámetros siguientes:

- Baume
- Sanidad

##### **1.4.5.1. Selección de uva:**

Es la selección de la uva en la cual se procede a retirar hojas, uvas podridas, uvas no maduras y cualquier impureza o sustancia extraña que pueda perjudicar el proceso disminuyendo la calidad del producto final siendo este el primer descarte para el balance de materia.

#### **1.4.2. Despalillado:**

Se realiza el despalillado-estrujado, que consiste en que los racimos de uvas son desgranados.

De este proceso se obtiene una mezcla de jugo, hollejos triturados y semillas enteras, mismo que es enviado a las cubas de fermentación, para seguir con el proceso de fermentación.

#### **1.4.3. Prensado:**

La mezcla conformada por hollejos triturados, pasa al sistema de prensado donde se extrae todo el jugo contenido en estos, resultando al final el mosto prensa y orujos secos.

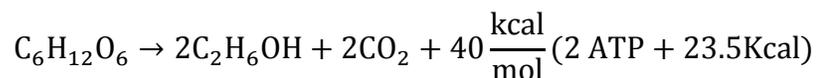
En la prensa se aplica una presión lenta y progresiva, que favorece el escurrido del mosto y con lo cual se obtiene una extracción fraccionada. Primeramente, se obtiene el mosto flor (el de mayor calidad), que corresponde aproximadamente al 65 % del total del mosto, y al ir incrementando progresivamente la presión, se obtiene cada vez un mosto de características organolépticas de menor calidad (mayor astringencia y aromas herbáceos).

#### 1.4.4. Fermentación

Según (Moreno Vigara & Peinado Amores, 2010) la fermentación es el proceso mediante el cual, los distintos azúcares contenidos en el mosto se van transformando principalmente en alcohol y en otros compuestos orgánicos.

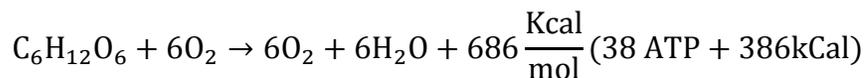
Esta fermentación es un proceso catabólico que consiste básicamente en degradar los azúcares para obtener energía, originando como residuo etanol y dióxido de carbono.

Fermentación:



El rendimiento energético de proceso de fermentación es menor que el proceso catabólico de respiración:

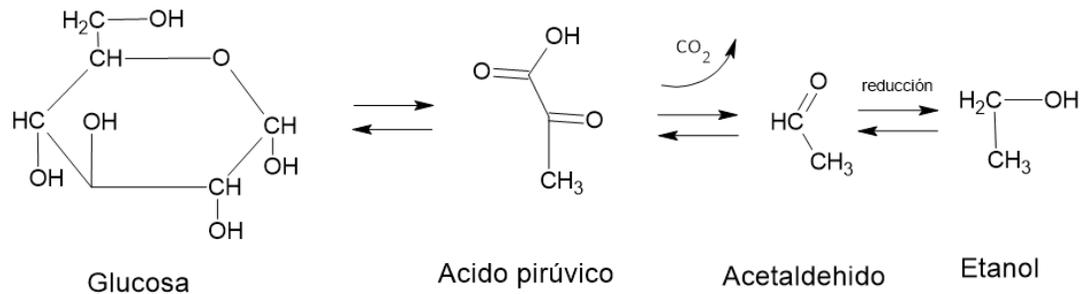
Respiración:



Ambos procesos los efectúan en el mosto unos microorganismos llamados levaduras. En una fase inicial, las levaduras se desarrollan aeróbicamente, consumiendo los azúcares y proliferando hasta que el contenido en oxígeno disuelto de los mostos se hace prácticamente cero; durante esta fase la levadura no produce casi nada de etanol. Cuando las condiciones son anaeróbicas es cuando se observa la mayor transformación de la glucosa y fructosa en etanol.

En la fermentación alcohólica podemos distinguir dos fases, la primera consiste en la formación de ácido pirúvico a partir de glucosa (este hecho se da también en la respiración). La segunda fase consiste en la transformación del ácido pirúvico en acetaldehído y por último en etanol.

**Figura I-3 Catabolismo de la glucosa en la fermentación alcohólica**



Fuente: Elaboración propia, UAJMS 2021.

#### 1.4.4.1. Glicólisis.

(Moreno Vigara & Peinado Amores, 2010) Menciona que la glicolisis o vía Emden – Meyerhof, comprende el conjunto de las reacciones que permiten a las células vivas transformar los azúcares C<sub>6</sub> (glucosa y fructosa) en ácido pirúvico. Estas reacciones se dan tanto en aerobiosis como en anaerobiosis. Se pueden diferenciar al menos dos etapas:

Etapa 1. Comienza con la fosforilación de la glucosa mediante una molécula ATP. Con ellos consigue la energía de activación suficiente para que transcurra la glicolisis.

Además, los grupos fosfatos de los metabolitos fosforilados se encuentran ionizados lo que les impide atravesar las membranas biológicas una vez que se encuentran en el citosol de la levadura.

El final de esta etapa coincide con la escisión de la fructosa 1,6 difosfato, que posee un ciclo de tipo furano poco estable, en dos triosas isómeras en equilibrio con un 96.5% de dihidroxiacetona- fosfato y un 3.5% de gliceraldehído -3 fosfato. Únicamente el

segundo producto interviene en las reacciones posteriores por lo que el equilibrio se desplaza hacia este producto transcurriendo todo como si una molécula de azúcar  $C_6$  originara dos moléculas de gliceraldehido-3 fosfato.

Etapa 2. Consiste en la formación de ácido pirúvico a partir del gliceraldehido-3-fosfato. Por cada molécula de gliceraldehido -3- fosfato convertida en etanol se obtienen 2 moléculas de ATP. Dado que cada molécula de azúcar  $C_6$  se transforma en dos moléculas de gliceraldehido-3 fosfato, se obtendrán en esta tercera fase 4 moléculas de ATP por cada  $C_6$ .

Durante la fermentación se realiza el control y seguimiento diario de temperatura, densidad y pH del mosto por lo menos dos veces al día, mañana y tarde, para verificar la evolución de estos coeficientes, corregir alguna anomalía si se diese el caso y poder determinar el punto final de la fermentación.

#### **1.4.5. Descube:**

Como concepto general el descubado es la actividad mediante la cual se procede a la separación del vino nuevo de las partes sólidas (hollejos, pepas borras etc.).

#### **1.4.6. Trasiego:**

Consiste en la separación del vino de sus borras de fermentación, y se realiza una vez finalizada la fermentación.

Otra situación importante relacionada con el trasiego, es el nivel de producción de fangos (borras). El exceso de fangos es indeseable porque se corre el riesgo de producirse un aumento de la concentración de alcoholes superiores de los aguardientes.

#### **1.4.7. Vino base:**

Es el vino obtenido después de la fermentación y este se lo caracteriza como vino yema para luego ser destilado como producto final.

Se debe evitar el contacto del vino base con el oxígeno del aire, ya que puede ser fuente de diversas alteraciones como la contaminación que desarrollan formando un velo, en

la superficie del vino, con una oxidación del etanol en etanal generador del aroma y del gusto alterados y organolépticamente negativos.

Tomando en cuenta los siguientes parámetros fisicoquímicos del vino base que se mostrarán en la siguiente tabla:

**Tabla I-7 Características Fisicoquímicas del Vino Base**

Característica	Unidades	Moscatel
Densidad	g/ml	0,995 ±0,002
Grado Alcohólico	°GL	12,17±0,87
Azúcares Reductores	g/L	1,5±0,7
Acidez Total	g/L	4,10±0,19
Acidez Volátil	g/L	0,4±0,1

Fuente: (Rosmery, 2016)

#### **1.4.8. Estabilización del vino base**

Se requiere una previa estabilización con el objetivo de que el vino base no llegue a formar otros precipitados después de trasiego y llegar a tener una destilación limpia del vino base

También se toma en cuenta que este proceso ayuda con el procedimiento de destilación puesto que al mantenerse estable el vino base no llegue a formar ácido acético.

#### **1.4.9. Obtención de Singani: Destilación.**

##### **1.4.9.1. Destilación discontinua.**

El alambique dispone de un cuello de cisne, que se enrolla en forma de serpentín al tiempo que entra en un contenedor de agua fría. El alcohol se enfría y se recoge al final del tubo.

El objetivo de la destilación es la separación del alcohol y los compuestos aromáticos mediante un aporte controlado de calor, tratando en la medida de lo posible de favorecer la presencia de unos compuestos y eliminar otros.

En la destilación, cuando el vino base empieza a ebullicir y los vapores ascienden hasta la parte superior del destilador donde se condensan los vapores más pesados y retoman al vino en ebullición

El etanol, componente mayoritario del singani, es evaporado junto con compuestos minoritario, denominados "aromas". Estos compuestos volátiles destilan según su punto de ebullición, su afinidad con el alcohol y el agua, la destilación no es sólo un proceso físico de separación de sustancias; sino también una etapa donde ocurren importantes transformaciones químicas.

A través de esta operación se varían significativamente las características finales del producto, pues de alguna manera se está controlando y seleccionando el paso de las sustancias volátiles que se quedarán en el cuerpo.

La composición del destilado va variando durante la destilación, teniéndose en una primera etapa los componentes más volátiles.

#### **1.4.10. Envasado**

Al concluir la etapa del reposo, el singani se encuentra en condiciones para ser preparado y reducir el nivel de alcohol a un grado expendio para el consumo humano

El singani recién destilado posee una graduación aproximada de 60 a 70% °GL. El estacionamiento contribuye a una reducción progresiva del porcentaje de alcohol, sin embargo, este producto requiere una graduación alcohólica del 40 %GL.

Para el rebaje de grado alcohólico del singani, se utiliza agua desmineralizada libre de sales y minerales. El agua deberá tener una dureza menor a 10mg de CaCO<sub>3</sub> por litro de agua.

Para determinar la cantidad de agua necesaria para llegar a un grado expendio se utiliza la ecuación de Mezclas, el cual está definido por:

Ecuación I-1 Regla de Mezclas

$$V_{H_2O} = ({}^{\circ}GLS_F - {}^{\circ}GLS_G) * \left( \frac{V_s}{{}^{\circ}GLS_G} \right)$$

Fuente: (FAUTAPO, 2012)

Donde:

$V_{H_2O}$ : Volumen Agua

$V_s$ : Volumen Singani a Hidratar

${}^{\circ}GLS_F$ :  ${}^{\circ}GL$  Singani Fuerte

${}^{\circ}GLS_G$ :  ${}^{\circ}GL$  Singani en grado (40 GL)

## 1.5. EVALUACIÓN SENSORIAL

La evaluación sensorial es una técnica de medición y análisis tan importante como los métodos físicos, químicos y microbiológicos, etc. Este tipo de análisis tiene la ventaja de que lleva sus propios instrumentos de análisis, es decir los cinco sentidos. (Carpenter, Lyon, & Hasdell, 2000)

Otro concepto que se le da a la evaluación sensorial es el de la caracterización y análisis de aceptación o rechazo de un alimento por parte del catador o consumidor, de acuerdo a las sensaciones experimentadas desde el mismo momento que lo observa y después que lo consume. Es necesario tener en cuenta que esas percepciones dependen del individuo, del espacio y del tiempo principalmente. (UPAEP, 2014, pág. 6)

De acuerdo a la Guía para la Evaluación Sensorial de Alimentos (Liria Dominguez, 2007) el desarrollo de la evaluación sensorial debe componerse de un grupo de panelistas quienes serán los encargados de realizar la degustación del alimento a analizar, pudiendo ser jueces experimentados o consumidores, estos últimos no presentan habilidades especiales para la cata. Los parámetros a calificar en los alimentos son:

- Color: es la propiedad apreciada por el sentido de la vista, siendo el primer “filtro” para la aceptación de un alimento, puesto que sirve para apreciar su apariencia normal: color, forma, superficie, tamaño, etc., y detectar anomalías.
- Olor: Es la percepción por medio de la nariz de sustancias volátiles liberadas en los alimentos. Dicha propiedad en la mayoría de las sustancias olorosas es diferente para cada una. En la evaluación del olor es muy importante que no haya contaminación de un olor con otro, por tanto, los alimentos que van a ser evaluados deberán mantenerse en recipientes herméticamente cerrados.
- Gusto: También se le denomina “sabor básico” y hay cuatro distintos: dulce, salado, ácido y amargo. El sabor es la percepción de olfato y gusto que, configura una sensación compleja que puede ser descompuesta en componentes que pueden evaluarse por separado.

#### **1.5.1. Tipos de análisis**

Para poder cuantificar las percepciones y medir las respuestas de los consumidores se utilizan las escalas las cuales son sistemas que envuelven la asignación de valores numéricos y/o verbales a percepciones sensoriales.

Se pueden evaluar las respuestas sensoriales de manera discriminativa, descriptiva y afectiva, tal como se puede observar a continuación:

##### **1.5.1.1. Análisis descriptivo**

El análisis se basa en la detección y la descripción de los aspectos sensoriales cualitativos y cuantitativos, por grupos de personas entrenadas y estandarizadas. Los panelistas deben dar valores cuantitativos proporcionales a la intensidad que perciban de cada uno de los atributos evaluados durante el análisis descriptivo.

El objetivo de las pruebas es obtener especificaciones cuantitativas, a través de su descripción de aspectos importantes del producto que se está evaluando. A través de este método se ayuda a identificar ingredientes esenciales del producto.

### **1.5.1.2. Análisis discriminativo**

Se emplea en la industria alimentaria para saber si hay diferencias entre dos o más productos, el entrenamiento de los evaluadores es más rápido que en el análisis descriptivo. Se emplean cerca de 10 a 30 personas. En algunos casos se llega a consultar a diferentes grupos étnicos: asiáticos, africanos, europeos, americanos, etc.

### **1.5.1.3. Análisis hedónico**

También denominado análisis afectivo y consiste en evaluar si el producto agrada o no. En este caso se trata de evaluadores no entrenados, las pruebas deben ser lo más espontáneas posibles.

Las respuestas están categorizadas en escalas desde gusta a no gusta, también se pueden evaluar otros atributos del alimento, por ejemplo: salado, dulce, espeso, aguado, etc. Para el análisis se asigna un valor numérico a cada escala. No se debe buscar otra alternativa o alternativas intermedias, se usa las que están dadas (sobre todo en las ya definidas)

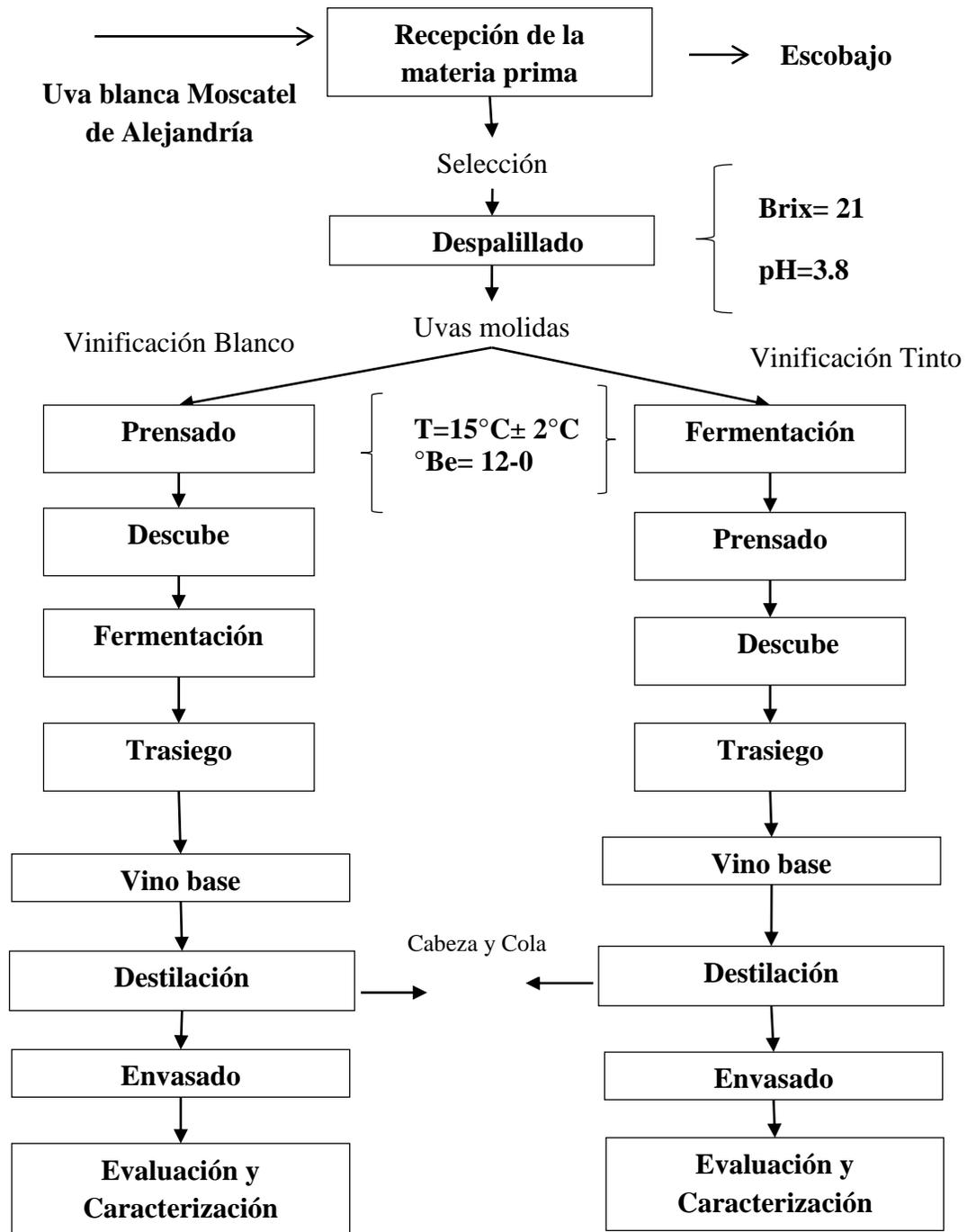
**CAPÍTULO II**  
**PARTE EXPERIMENTAL**

## **2.1. PROCESO TECNOLÓGICO EXPERIMENTAL**

### **2.1.1. Diagrama de flujo de proceso para el Singani**

El proceso tecnológico a realizar para la elaboración del singani consta de dos fases, en la primera se realiza la fermentación del vino base, mientras que la segunda fase consiste en la destilación del singani. A continuación, se muestran los diagramas:

Gráfica II-1 Proceso de elaboración del Singani



Fuente; Elaboración Propia, 2021.

## **2.2. DESCRIPCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA**

### **2.2.1. Moscatel de Alejandría**

La variedad Moscatel de Alejandría es una de las uvas más cultivadas en el departamento de Tarija, esta se caracteriza por sus cualidades organolépticas aromáticas a moscato tiene una piel Verde-Amarillenta; esta se adquirió de la comunidad Higueras del municipio de Uriondo.

**Figura II-1 Recepción de materia prima**



Fuente: Elaboración propia, UAJMS 2021.

### **2.2.2. Características físicas de la materia prima**

Los racimos de la variedad adquirida son medianamente grandes de manera uniformes de textura firme y maduración estable con sabor característico a moscato, estas suelen madurar en los meses de enero-febrero.

En la siguiente tabla II-1 pueden ver algunas propiedades físicas de la cual se seleccionó muestras representativas en forma aleatoria, para hacer las distintas mediciones experimentales de la materia prima:

**Tabla II-1 Características fisicoquímicas**

Propiedad	Unidades	Valores medidos
<b>Longitud promedio de raspones</b>	cm	10-15
<b>Bayas promedio por raspones</b>	unidades	40-50
<b>peso promedio por baya</b>	gr	5-6
<b>Diámetro Polar de bayas promedio</b>	cm	1-1,5

Fuente: Elaboración propia, UAJMS 2021.

### 2.2.3. Propiedades fisicoquímicas

Para la determinación de las propiedades fisicoquímicas de la uva, se seleccionó 5 kg de muestra representativas tomada al azar. Bajo un proceso de trituración se extrajo el mosto, condiciones ideales para las mediciones fisicoquímicas con los equipos disponibles en el laboratorio CEVITA, como ser:

- ✓ Los sólidos solubles °Brix, refractómetro digital ABBE.
- ✓ La temperatura °C, en el termómetro de mercurio.
- ✓ pH en el potenciómetro digital HANNA.
- ✓ Grados Baumé (°Be)

**Tabla II-2 Análisis fisicoquímicos de la materia prima**

Propiedad	Unidades	Valores medidos
<b>Densidad</b>	g/ml	1,104
<b>Grados Baumé</b>	°Be	13,6
<b>PH</b>	-	4
<b>Grados Brix</b>	°Brix	24,5
<b>Acidez total como acido tartárico</b>	gr/ml	4,8

Fuente: Elaboración propia, UAJMS 2021.

### 2.3.DISEÑO ESTADÍSTICO DE EXPERIMENTOS

#### 2.4. Diseño factorial

El diseño factorial para este estudio se representa mediante el siguiente modelo matemático.

Codificación de las variables:

Factor X: Tipo de vinificación

Factor Y: Tiempo.

Los niveles óptimos de operación de cada variable, fueron determinados través de respaldos bibliográficos en la elaboración de vinos, lo cual estipula que los valores encontrados son confiables.

**Tabla II- 3 Identificación de variables**

Factor	N° de niveles	
	Inferior (-)	Superior (+)
<b>X: Tipo de vinificación</b>	VT	VB
<b>Y: Tiempo (Días)</b>	0	3

Fuente: Elaboración propia, UAJMS 2021.

### 2.4.1. Matriz de diseño factorial

La fórmula de diseño experimental está basada en los niveles óptimos de investigación, de donde se recabaron los datos reales para su representación. La matriz del diseño factorial para este estudio se representa mediante el siguiente modelo matemático.

$$\text{Numero de experimentos} = n^k$$

Dónde:

n: Número de niveles experimentales a medir.

k: Número de factores (variables a medir en el proceso).

Representando los números reales del proceso en la fórmula queda: Número de experimentos =  $2^2 = 4$ .

El número total de experimentos incluye los experimentos principales y sus réplicas. Número total de experimentos =  $4 * 2 = 8$ . El número de combinaciones entre factores y niveles se representa en la siguiente tabla.

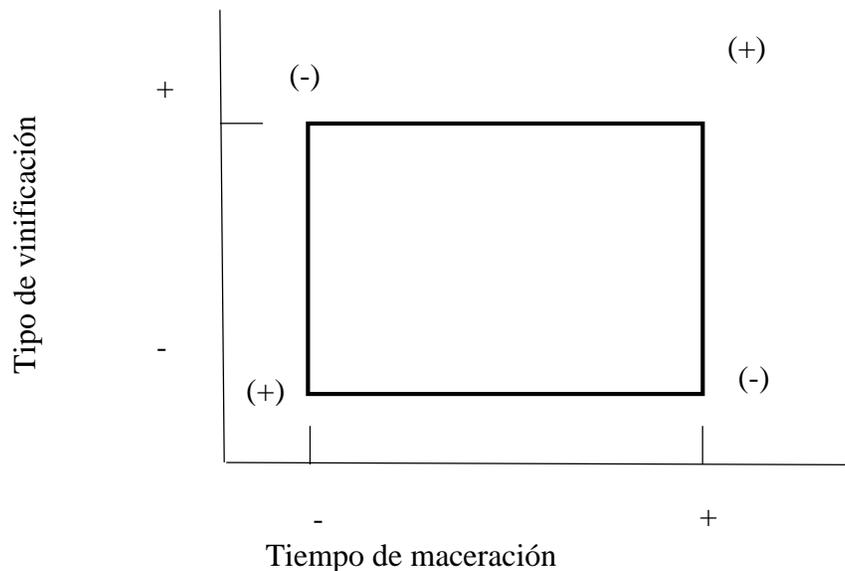
El número de combinaciones entre factores y niveles se representa en la siguiente tabla.

**Tabla II-4 Interacciones de variables**

Muestras	Tiempo de maceración en Frío	Tipo de Vinificación	Variables respuestas
(1)	-1	-1	+1
A	+1	-1	-1
B	-1	+1	-1
AB	+1	+1	+1
(1)	-1	-1	+1
A	+1	-1	-1
B	-1	+1	-1
AB	+1	+1	+1

Fuente: Elaboración propia, UAJMS 2021.

Gráfica II-2 Diseño Factorial



Fuente: Elaboración propia, UAJMS 2021.

En la Gráfica anterior, cabe aclarar que muestra los efectos de las interacciones de cada factor mostrando niveles de los posibles resultados de los singanis obtenidos durante el proceso.

Tabla II-5 Diseño factorial aplicado para el proceso de fermentación

Muestras	Tiempo de maceración		Tipo de vinificación	Variables respuestas
	en Frío (días)			
M1	0		VT	R1
M2	0		VB	R2
M3	3		VT	R3
M4	3		VB	R4
M5	0		VT	R5
M6	0		VB	R6
M7	3		VT	R7
M8	3		VB	R8

Fuente: Elaboración propia, UAJMS 2021.

En este sentido, se establecen las siguientes hipótesis:

**H<sub>a</sub>:** La Tiempo de Maceración y el Tipo de Vinificación en la fermentación influyen en la cantidad de compuestos Volátiles del proceso de obtención del singani.

Por otro lado, se presenta la hipótesis nula:

**H<sub>n</sub>:** La Tiempo de Maceración y el Tipo de Vinificación en la fermentación no influyen en la cantidad de compuestos Volátiles del proceso de obtención del singani.

En donde el modelo es el siguiente:

Ecuación II-2 Modelo de diseño factorial

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

$\mu$  = es el efecto medio global

$\alpha_i$  = es el efecto incremental sobre la media causado por el nivel  $i$  del factor de tiempo de maceración.

$\beta_j$  = es el efecto incremental sobre la media causado por el nivel  $j$  tipo de vinificación

$\alpha\beta_{ijk}$  = es el efecto incremental sobre la media causado por la interacción del nivel  $i$  de y el nivel  $j$ .

$\varepsilon_{ijk}$  = es el término del error

Muestra el diseño factorial para la elaboración de singani, mediante la combinación de factores y niveles con valores reales de trabajo, para la obtención de las variables respuestas las diferencias de compuestos volátiles en cada experimento. En este mismo modelo se hará la réplica para reconfirmar los datos experimentales del estudio de investigación, haciendo un total de 8 experimentos.

## 2.5. Equipo y materiales

### 2.5.1. Equipos

- ✓ Balanza eléctrica
- ✓ Moledora

- ✓ Tachos
- ✓ Alambique

### **2.5.2. Materiales**

- ✓ Alcoholímetro
- ✓ Coladores
- ✓ Alambique
- ✓ Botellas
- ✓ Refractómetro
- ✓ Termómetro de mercurio
- ✓ Potenciómetro
- ✓ Densímetro

### **2.5.3. Reactivos**

- ✓  $H_2SO_4$
- ✓ Reactivo de almidón
- ✓ Fenolftaleína
- ✓ KOH
- ✓  $KMnO_4$
- ✓ Reactivo Schiff
- ✓ HCl
- ✓ NaOH
- ✓ Ácido oxálico
- ✓ Azul Bromo Timol
- ✓ Anilina
- ✓ Ácido Acético

## **2.6.DESARROLLO DEL PROCESO EXPERIMENTAL**

### **2.6.1. Recepción de la materia prima**

En esta primera etapa de la elaboración del singani, es fundamental observar ciertas características en la selección de la uva, como la separación de las bayas en buen estado y las que no cumplen con los niveles de exigencia para el dicho proceso.

Existe la posibilidad del desarrollo de microorganismos en la caja adquirida.

La maduración del racimo que implica el estado de sanidad del mismo, el color de las bayas el grado de mosto de entrada y uno quizá no con menos importancia, la temperatura del mismo para dar inicio al control de fermentación; el lote de uvas que no cumplen las exigencias debido a la falta de maduración o maduración excesiva, pasan a ser descartadas.

**Figura II-2 Recolección de materia prima**



Fuente: Elaboración Propia, 2021.

#### **2.6.1.1. Pesado**

Con el fin de cuantificar la masa a ser procesada se llevó a cabo mediante una balanza eléctrica de un rango 1 - 500 kg. Y es que el efecto deseado del producto final dependerá del equilibrio adecuado entre las cantidades de la recepción de materia prima, así también este dato es referente para ser reflejado en el balance de materia que se llevará a cabo en la investigación.

Se procedió a pesar 4 cajas con la materia prima, luego también se pesaron estas vacías para saber la diferencia y el contenido de uva de entrada al proceso.

**Figura II-3 Balanza eléctrica**

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Se reflejan los datos obtenidos:

**Tabla II-6 Cantidad de materia**

<b>Detalle</b>	<b>Unidades</b>	<b>Peso</b>
<b>Peso de las 4 cajas llenas</b>	Kg	121,5
<b>Peso d 4 cajas vacías</b>	Kg	6,5
<b>Contenido Neto</b>	Kg	115

Fuente: Elaboración propia, 2021.

### **2.6.2. Molienda- Despalillado**

La materia prima seleccionada fue estrujada mediante el equipo de molienda en el cual los granos al ser triturados liberan jugo y de esa forma se obtuvo el mosto deseado para el proceso de fermentación.

El equipo de molienda está estructurado por un molino de tornillo, una bomba que impulsa el mosto al tanque, el mismo se encarga de separar grano del raspón o escobajo.

### 2.6.2.1. Separación del raspón y obtención del mosto

Al ser separado el escobajo de grano, el escobajo se le reutiliza en otros fines agrícolas como compost, mientras el grano ya triturado va transformándose en nuestro mosto base para el proceso de fermentación del posterior vino base.

**Figura II-4 Molienda**



Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Tabla II-7 Descarte de uvas seleccionada**

Propiedad	Unidades	Valores medidos
<b>Raspón- Escobajo</b>	Kg	3-4

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Obteniendo el mosto como se muestra en la siguiente figura:

**Figura II-5 Mosto de uva obtenido**



Fuente: Elaboración propia, 2021.

El mosto obtenido fue llevado a un análisis de laboratorio para realizar análisis fisicoquímicos del mismo que se puede observar en la tabla II-23.

### **2.6.3. Prensado**

El prensado en este proyecto es una etapa fundamental; en el diseño de experimentos, para las muestras R3 y R4 se buscó extraer el jugo de los hollejos antes de que los mismos ingresen en el proceso de fermentación sufriendo una maceración en la cámara de frío por 3 días a 12°C previo a su inicio de fermentación.

Es decir que para las muestras R3 y R4 el prensado se realizó al tercer día posterior a su maceración en frío en dicha cámara.

Para las muestras R1 y R2 el proceso de prensado se realizó al finalizar la fermentación, siendo así de la manera tradicional y artesanal que se realizan en la mayoría de las bodegas del departamento de Tarija.

A estos experimentos se los denominó vinificación en Tinto y vinificación en Blanco, tomando en cuenta las interacciones de maceración, es decir que se realizó dos tipos de

prensado en diferentes tiempos tomando en cuenta el diseño factorial de  $2^2$  dando como producto 4 Muestras.

**Figura II-6 Prensado**



Fuente: Elaboración propia, 2021.

El prensado del mosto se realiza de forma manual, separando el orujo con la ayuda de la membrana metálica filtrante.

**Figura II-7 Maceración en Frio**



Fuente: Elaboración propia, 2021.

#### **2.6.4. Proceso fermentativo**

El proceso catabólico de la fermentación llega a ser un punto importante para la obtención del vino base y posteriormente, de la calidad del singani, la fermentación del mosto es limpia sin adición de algún compuesto de acuerdo a las exigencias de calidad fisicoquímicas del singani.

El proceso de fermentación de las muestras R2 y R4 se llevó a cabo luego del prensado, es decir se realizó en ausencia de los hollejos siendo la fermentación solo jugo a temperaturas no mayores de 20°C durante aproximadamente 9 días para su posterior estabilización del vino base y destilado en alambique, cabe recalcar que la muestra R2 estuvo en ausencia de maceración en frío.

Para la muestra R1 se llevó a cabo una fermentación total a temperatura ambiente, tradicional, teniendo una fermentación completa antes de su posterior destilado.

Sin embargo, para la muestra R3, este sufrió una maceración de 3 días en cámara de frío previo a su arranque de fermentación.

**Figura II- 8 Tachos fermentativos**



Fuente: elaboración propia, 2021.

Las réplicas se las realizo en tanques de 500 HI

**Figura II-9 Tanques de fermentación para réplicas**



Fuente: elaboración propia, 2021.

Los datos recopilados de cada una de los experimentos serán presentados a continuación.

**Tabla II-8 Fermentación de R1 y R2**

Tiempo de fermentación (Días)	Original			
	Temp.	R1	Temp.	R2
	°C	Baume (°Be)	°C	Baume (°Be)
1	25	12,2	22	12
	23	13	21	13
2	23	13	22	12,8
	23	12,8	22	12,6
3	24	12,4	22	12,2
	23	12,2	20	11,6
4	23	12	20	11,4
	23	11,4	20	10,8
5	23	10,2	20	9,2
	22	9	20	7,4
6	23	8,2	20	6,8
	23	7,4	21	5,4
7	24	6,2	20	4,6
	24	5,4	20	3,8
8	23	5	20	3,4
	23	4	21	3
9	22	3,8	21	2,6
	22	3,2	21	2,2
10	22	3,2	21	2,2
	22	2,2	20	1,6
11	22	2,2	20,5	1,6
	22	1,6	21	1
12	22	1,6	20	1
	22	1	20	0,4
13	22	1	20	0
	23	0,4		
14	22	0		

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Tabla II-9 Fermentación de R1 y R2

Tiempo de fermentación (Días)	Réplica			
	Temp.	R1	Temp.	R2
	°C	Baume (°Be)	°C	Baume (°Be)
1	25	12	22	12
	23	13	21	13,4
2	22	12,7	22	13,2
	24	12,4	22	13
3	22	12	22	12,8
	23	11,4	20	11,4
4	24	11	20	10,2
	24	10,5	20	9,8
5	23	9,2	20	8,4
	23	7,6	20	7,2
6	23	6,6	20	5,4
	24	5,8	21	5
7	25	4,4	20	3,2
	25	3,6	20	3
8	24	3,2	20	2,8
	22	3	21	2,4
9	23	2,2	21	2
	23	2	21	1,6
10	23	1,8	21	1,2
	24	1,2	20	1,2
11	23	1,2	20,5	1
	23	0,8	21	0
12	23	0,4		
	22	0		

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Tabla II-10 Fermentación de R3 y R4

Tiempo de fermentación (Días)	Original			
	Temp.	R3	Temp.	R4
	°C	Baume (°Be)	°C	Baume (°Be)
<b>1</b>	21,3	11,6	21,3	10,4
	14	13,2	14	13,8
<b>2</b>	12	13,2	12	13,6
	12	13,2	12	13,6
<b>3</b>	12	13,2	12	13,6
	12	13,2	12	13,6
<b>4</b>	15	13,2	15	13,6
	18	12,6	20	12,8
<b>5</b>	20	11,8	20	12,4
	23	10,4	20	11,4
<b>6</b>	23	10	20	11,2
	23	8,2	21	9
<b>7</b>	24	7,6	22	8
	24	5,8	22	6
<b>8</b>	23	5	22	5
	23	3,6	21	3,4
<b>9</b>	22	3,2	21	3
	22	1,8	21	1,8
<b>10</b>	22	1,8	21	1,8
	22	0,2	21	0,2
<b>11</b>	22	0,2	21	0,2
	22	0	21	0

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Tabla II-11 Fermentación de R3 y R4

Tiempo de fermentación (Días)	Réplica			
	Temp.	R 3	Temp.	R4
	°C	Baume (°Be)	°C	Baume (°Be)
<b>1</b>	21,3	11,6	21,3	10,4
	14	13	14	13,8
<b>2</b>	12	13	12	13,6
	12	13	12	13,6
<b>3</b>	12	13	12	13,6
	12	13	12	13,6
<b>4</b>	15	13	15	13,6
	18	12,8	20	13,2
<b>5</b>	20	12,2	20	13,2
	23	11	20	13
<b>6</b>	23	10,6	20	12,8
	23	9,4	21	12,6
<b>7</b>	24	7,6	22	12
	24	7	22	11,4
<b>8</b>	23	6,4	22	11
	23	6,2	21	9,2
<b>9</b>	22	5,8	21	8,6
	22	4,4	21	6,4
<b>10</b>	22	4	21	5,2
	22	3,2	21	3,6
<b>11</b>	22	2,2	21	3
	22	1,6	21	1,2
<b>12</b>	22	1,6	21	1,2
	22	1	21	0,2
<b>13</b>	21	0		

Fuente: Elaboración propia, 2021.

### 2.6.5. Descube

Una vez el proceso de fermentación haya concluido, este es descubiado, es decir en el caso de la vinificación en tinto de las muestras R1 y R3, se procede a la remoción de los hollejos dejando solo el jugo fermentado.

En el caso de la vinificación en Blanco R2 y R4 que fue removido de sus orujos al tercer día, ambos dan paso a la estabilización del jugo fermentado para luego dar continuidad al trasiego.

**Figura II-10 Descubado**



Fuente: Elaboración propia, 2021.

### 2.6.6. Trasiego

Para dar continuidad con el proceso, se deja reposar al mosto en frío durante un periodo largo de 8 días.

Durante el proceso de estabilización del vino base se forma las denominadas borras formado por las partículas más gruesas y carnosas de la uva, fragmentos de suciedad y otras sustancias que sedimentan dando así dos fases del cual el objetivo es limpiar y separar del vino lo mencionado.

**Figura II-11 Trasiego**



Fuente: Elaboración propia, 2021.

### **2.6.7. Vino Base**

Prosiguiendo con el proceso, al obtener la separación de las borras sedimentadas del ahora vino base, se tiene que realizar una estabilización de aproximadamente 8 días a una temperatura de 18°C para que este no llegue a formar precipitados y sea apto para su posterior destilación limpia en alambique.

**Figura II-12Vino Base**



Fuente: Elaboración propia, 2021.

### 2.6.8. Destilación

El procedimiento de destilación se realizó en un alambique de cobre, esta operación tuvo como objetivo separar los compuestos volátiles del vino, los cuales constituyen el singani.

Para obtener el singani, se realizó corte en tres etapas, “cabeza” en base al 2% del volumen total, en este proyecto se destiló 45 litros de vino base, se separó alrededor de 1.4 L de singani cabeza.

El singani obtenido “Corazón” se tomó en cuenta desde el descarte de la cabeza teniendo como resultado entre 6.5-7.5 litros de cada muestra.

Para el corte del comúnmente llamado “cola” se consideró el grado alcohólico final del cuerpo 50 GL en el cual se descartó alrededor de 3-11 litros restantes dependiendo las horas restantes de destilación.

**Figura II- 13 Destilación**



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Teniendo el singani recién destilado se llevó al laboratorio para realizar los ensayos respectivos de los requisitos que exige IBNORCA

**Tabla II-12 R1 Destilado**

HORA	Obs.	Grado (GL)	Litros (L)
<b>08:10</b>	-	-	-
<b>08:51</b>	Cabeza	77	0,1
<b>09:00</b>	Cabeza	75	1
<b>09:05</b>	Corazón	68	-
<b>09:30</b>	Corazón	62	2
<b>09:50</b>	Corazón	66	2,5
<b>10:00</b>	Corazón	70	3
<b>10:40</b>	Corazón	70	4
<b>11:08</b>	Corazón	69	4,2
<b>11:50</b>	Corazón	67	4,9
<b>12:12</b>	Corazón	66	5
<b>12:50</b>	Corazón	64	5,5
<b>13:18</b>	Corazón	57	6
<b>13:33</b>	Corazón	52	6,2
<b>13:39</b>	Corazón	50	7,5
<b>13:39</b>	Cola	50	-
<b>14:30</b>	Cola	39	2
<b>15:00</b>	Cola	18	4
<b>15:15</b>	Cola	15	6,5

Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Tabla II-13 Destilado R2**

<b>HORA</b>	<b>Obs.</b>	<b>Grado (GL)</b>	<b>Litros (L)</b>
<b>07:20</b>	-	-	-
<b>08:01</b>	Cabeza	85	0,1
<b>08:43</b>	Cabeza	75	0,9
<b>08:45</b>	Corazón	72	-
<b>09:45</b>	Corazón	73	3
<b>10:40</b>	Corazón	65	4,2
<b>11:30</b>	Corazón	56	6
<b>12:15</b>	Corazón	50	6,7
<b>12:20</b>	Cola	49	-
<b>12:30</b>	Cola	47	0,2
<b>01:30</b>	Cola	35	1,5
<b>02:30</b>	Cola	20	3 - 4
<b>02:54</b>	Cola	14	4 - 5

Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Tabla II-14 Destilado Réplica R5**

<b>HORA</b>	<b>Obs.</b>	<b>Grado (°GL)</b>	<b>Litros (L)</b>
<b>07:40</b>	-	-	-
<b>08:01</b>	Cabeza	76	0,1
<b>08:40</b>	Cabeza	74	1
<b>09:01</b>	Corazón	68	-
<b>09:55</b>	Corazón	65	2,5
<b>10:45</b>	Corazón	66	4
<b>11:08</b>	Corazón	69	4,2
<b>12:12</b>	Corazón	64	5
<b>13:18</b>	Corazón	56	6
<b>13:35</b>	Corazón	52	6,2
<b>13:39</b>	Corazón	50	7
<b>13:42</b>	Cola	49	-
<b>14:30</b>	Cola	35	2,5
<b>15:00</b>	Cola	30	5,1

Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Tabla II-15 Destilado Réplica R6**

<b>HORA</b>	<b>Obs.</b>	<b>Grado (GL)</b>	<b>Litros (L)</b>
<b>07:35</b>	-	-	-
<b>08:15</b>	Cabeza	74	1
<b>08:50</b>	Corazón	70	-
<b>10:10</b>	Corazón	68	1,5
<b>11:05</b>	Corazón	66	3,8
<b>12:05</b>	Corazón	61	4,5
<b>13:04</b>	Corazón	55	6,1
<b>13:25</b>	Corazón	50	6,9
<b>13:27</b>	Cola	49	-
<b>14:00</b>	Cola	40	1
<b>14:30</b>	Cola	35	3,2
<b>14:50</b>	Cola	30	5,2

Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Tabla II-16 Destilado R3**

<b>08:10</b>	-	-	-
<b>08:51</b>	Cabeza	77	0,1
<b>09:00</b>	Cabeza	75	1
<b>09:05</b>	Corazón	68	-
<b>09:30</b>	Corazón	62	2
<b>09:50</b>	Corazón	66	2,5
<b>10:00</b>	Corazón	70	3
<b>10:40</b>	Corazón	70	4
<b>11:08</b>	Corazón	69	4,2
<b>11:50</b>	Corazón	67	4,9
<b>12:12</b>	Corazón	66	5
<b>12:50</b>	Corazón	64	5,5
<b>13:18</b>	Corazón	57	6
<b>13:33</b>	Corazón	52	6,5
<b>13:39</b>	Corazón	50	7,2
<b>13:39</b>	Cola	50	-
<b>14:30</b>	Cola	39	2
<b>15:00</b>	Cola	18	6
<b>15:15</b>	Cola	15	11,5

Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Tabla II-17 R4 Destilado**

<b>HORA</b>	<b>Obs.</b>	<b>Grado (°GL)</b>	<b>Litros (L)</b>
<b>07:10</b>	-	-	-
<b>08:00</b>	Cabeza	80	-
<b>08:20</b>	Corazón	67	2
<b>09:15</b>	Corazón	75	3
<b>10:20</b>	Corazón	70	4,3
<b>11:20</b>	Corazón	65	5,5
<b>12:20</b>	Corazón	59	6
<b>12:57</b>	Corazón	53	6,3
<b>01:05</b>	Corazón	52	6,4
<b>01:10</b>	Corazón	50	6,5
<b>01:11</b>	Cola	45	-
<b>01:48</b>	Cola	43	0,5
<b>02:17</b>	Cola	35	2
<b>02:40</b>	Cola	33	4
<b>03:00</b>	Cola	30	9

Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Tabla II-18 Destilado Réplica**

<b>HORA</b>	<b>Obs.</b>	<b>Grado (°GL)</b>	<b>Litros (L)</b>
<b>07:30</b>	-	-	-
<b>08:10</b>	Cabeza	82	0,2
<b>08:50</b>	Cabeza	75	0,9
<b>09:00</b>	Corazón	70	-
<b>09:55</b>	Corazón	73	2,5
<b>10:50</b>	Corazón	67	3,8
<b>11:50</b>	Corazón	53	4,9
<b>12:15</b>	Corazón	50	6,8
<b>12:20</b>	Cola	49	-
<b>12:30</b>	Cola	45	0,1
<b>01:30</b>	Cola	30	4

Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Tabla II-19 Destilado Réplica**

HORA	Obs.	Grado (°GL)	Litros (L)
<b>07:20</b>	-	-	-
<b>08:05</b>	Cabeza	85	-
<b>08:15</b>	Cabeza	77	0,9
<b>08:30</b>	Corazón	69	-
<b>09:30</b>	Corazón	70	3
<b>10:30</b>	Corazón	68	3,9
<b>11:20</b>	Corazón	66	5
<b>12:30</b>	Corazón	55	6
<b>01:20</b>	Corazón	52	6,2
<b>01:35</b>	Corazón	50	6,6
<b>01:35</b>	Cola	49	-
<b>01:48</b>	Cola	45	0,5
<b>02:17</b>	Cola	37	1,7
<b>02:40</b>	Cola	32	2
<b>03:00</b>	Cola	30	3,5

Fuente: Elaboración propia, 2021.

### 2.6.9. Envasado

Teniendo como el singani recién destilado, destilado joven posee una graduación alcohólica aproximadamente entre de 60 a 64.8 °GL, es necesario llevar estos destilados a un grado apto para consumo humano previos a ser embotellado.

Para la reducción del grado alcohólico, este fue llevado a un rebaje de la misma con agua desmineralizada.

Para conocer la cantidad de agua es necesario utilizar la regla de mezclas ya mencionada. Ec.1

De la cual se determinó:

**Tabla II-20 Rebaje del singani**

<b>HIDRATACIÓN DEL SINGANI</b>			
<b>MUESTRAS</b>	Litros de Singani	GL	Cantidad de Agua (L)
<b>Muestra R1:</b>	7,5	62,8	4,3
<b>Muestra R2:</b>	6,7	62,1	3,7
<b>Muestra R3:</b>	7,2	61,5	3,9
<b>Muestra R4:</b>	6,5	64,8	4,3
<b>Muestra R5:</b>	7	61,4	3,7
<b>Muestra R6:</b>	6,9	60,8	3,6
<b>Muestra R7:</b>	6,8	63,2	3,9
<b>Muestra R8:</b>	6,6	62,3	3,7

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Tabla II-21 Ficha de degustación

MUESTRA TIPO DE DESTILADO		FICHA DE DEGUSTACION									
		DESTILADO R1					DESTILADO R2				
DESCRIPCION		Excelente	Muy Bien	Bien	Regular	Insuficiente	Excelente	Muy Bien	Bien	Regular	Insuficiente
		<b>ANALISIS VISUAL (Limpidez)</b>	Limpidez	5	4	3	2	1	5	4	3
<b>ANALISIS OLFATIVO (Aroma)</b>	Intensidad de terpenos	10	8	6	4	2	10	8	6	4	2
	Calidad de Aroma	16	14	12	10	8	16	14	12	10	8
	Tipicidad	8	7	6	4	2	8	7	6	4	2
<b>ANALISIS GUSTATIVO (Sabor)</b>	Intensidad Positiva	8	7	6	4	2	8	7	6	4	2
	Persistencia Armoniosa	10	8	6	4	2	10	8	6	4	2
	Calidad	10	8	6	4	2	10	8	6	4	2
	Tipicidad	13	11	10	9	8	13	11	10	9	8
<b>APRECIACION GLOBAL</b>		20	18	17	14	10	20	18	17	14	10
<b>TOTAL, DE PUNTOS</b>											
<b>OBSERVACION</b>											

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Tabla II-22 Ficha de degustación

MUESTRA TIPO DE DESTILADO		FICHA DE DEGUSTACION									
		DESTILADO R3					DESTILADO R4				
DESCRIPCION		Excelente	Muy Bien	Bien	Regular	Insuficiente	Excelente	Muy Bien	Bien	Regular	Insuficiente
<b>ANALISIS VISUAL (Limpidez)</b>	Limpidez	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
<b>ANALISIS OLFATIVO (Aroma)</b>	Intensidad de terpenos	10	8	6	4	2	10	8	6	4	2
	Calidad de Aroma	16	14	12	10	8	16	14	12	10	8
	Tipicidad	8	7	6	4	2	8	7	6	4	2
<b>ANALISIS GUSTATIVO (Sabor)</b>	Intensidad Positiva	8	7	6	4	2	8	7	6	4	2
	Persistencia Armoniosa	10	8	6	4	2	10	8	6	4	2
	Calidad	10	8	6	4	2	10	8	6	4	2
	Tipicidad	13	11	10	9	8	13	11	10	9	8
<b>APRECIACION GLOBAL</b>		20	18	17	14	10	20	18	17	14	10
<b>TOTAL, DE PUNTOS</b>											
<b>OBSERVACION</b>											

Fuente: Elaboración propia, 2021.

## 2.7.BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA

### 2.7.1. BALANCE DE MATERIA

Para el proceso de elaboración de singani es necesario realizar el balance de materia el cual nos permitirá observar detalladamente la contabilidad exacta de los materiales que entran, salen y los que se acumulan durante el proceso de operación unitaria.

Se realiza el balance de materia en el ensayo R3 ya que este fue el singani estrella de acuerdo al rendimiento y concentración de compuestos volátiles.

Siendo así, se inicia con el proceso de recepción de materia prima:

#### 2.7.1.1.Recepción de materia prima

Se toma en cuenta los flujos másicos, como corriente de alimentación:

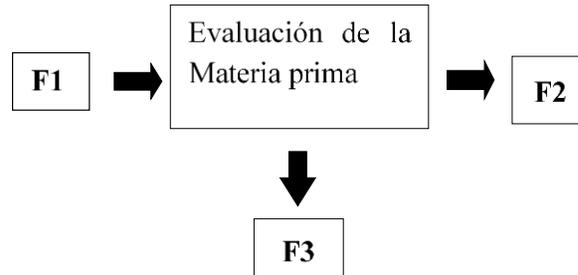
$F_1$ : corriente de alimentación

$F_1$ : 80 [Kg]

**Tabla II-23 Componentes de la uva moscatel**

Parámetro	Unidad	Resultado
<b>Grados Brix</b>	° Brix	23,4
<b>PH</b>	Unidades de pH	4
<b>Acidez total expresada como acido tartárico</b>	g/l	5,1
<b>Densidad</b>	Kg/L	1,02
<b>Gramos Baume</b>	° Be	13,8
<b>Agua</b>	-	76,09

Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Figura II-14 Primer Etapa**

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Dónde:

$F_1$  = Uva moscatel de Alejandría.

$F_2$  = Impurezas.

$F_3$  = Uva moscatel de Alejandría seleccionada.

$F_3 = 98,75 \% F_1$

### **Balance general de la etapa 1**

$$F_1 = F_2 + F_3$$

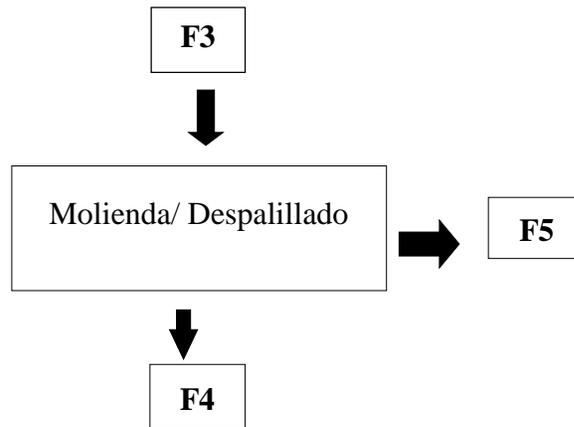
$$F_1 = 80 \text{ [Kg]}$$

$$F_3 = 98,75 \% F_1 = 98,75 \% * \frac{80 \text{ [Kg]}}{100 \%} = 79 \text{ [Kg]}.$$

$$F_2 = F_1 - F_3 = 80 \text{ [Kg]} - 79 \text{ [Kg]} = 1 \text{ [Kg]}.$$

### 2.7.1.2.Molienda

**Figura II-15 Segunda Etapa**



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Dónde:

$F_3$  = Uva moscatel de Alejandría seleccionada.

$F_4$  = Raspón o escobajo.

$F_5$  = Mosto de uva con orujo.

$F_4 = 3,75 \% F_3$

#### **Balance general de la etapa 2**

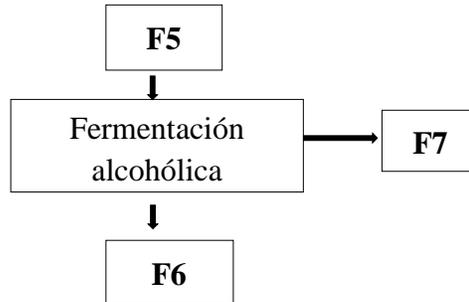
$$F_3 = F_4 + F_5$$

$$F_4 = 3,75 \% * F_3 = 3,75 \% * \frac{79 \text{ [Kg]}}{100 \%} = 2,96 \text{ [Kg]}$$

$$F_5 = F_3 - F_4 = 79 \text{ [Kg]} - 2,96 \text{ [Kg]} = 76,04 \text{ [Kg]}$$

### 2.7.1.3.Fermentación

Figura II-16 Tercera Etapa



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Dónde:

$F_5$  = Mosto de uva para fermentar

$F_6$  = Gas ( $\text{CO}_2$ ).

$F_7$  = Vino base

#### Balance general

$$F_5 = F_6 + F_7$$

Composición del flujo  $F_7$

$$F_5 = F_{\text{Az}} + F_{\text{H}_2\text{O}} + F_{\text{Acd}}$$

$F_{\text{Az}}$  = Azúcares del mosto.

$F_{\text{H}_2\text{O}}$  = Agua en el mosto.

$F_{\text{Acd}}$  = Acidez del mosto.

$$F_{\text{Az}} = 23,4 \% F_7$$

$$F_{\text{H}_2\text{O}} = 76,09 \% F_7$$

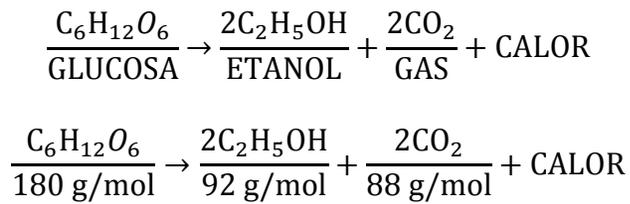
$$F_{\text{Acd}} = 0,51 \% F_7$$

$$F_{\text{Az}} = 23,4 \% F_7 = 23,4\% * \frac{76,04 \text{ [Kg]}}{100 \%} = 17,79 \text{ [Kg]}$$

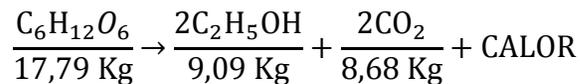
$$F_{H_2O} = 76,09 \% F_{7C} = 76,09 \% * \frac{76,04 [Kg]}{100 \%} = 57,86 [Kg]$$

$$F_{Acd} = 0,51 \% F_{7C} = 0,51 \% * \frac{76,04 [Kg]}{100 \%} = 0,39 [Kg]$$

Fermentación alcohólica de la Glucosa azúcares reductores de la uva según (Moreno Vigará & Peinado Amores, 2010)



#### Reacción de la fermentación



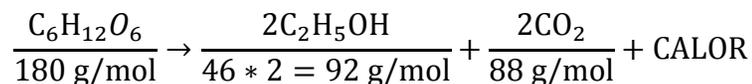
Según (Moreno Vigará & Peinado Amores, 2010) para calcular el porcentaje real de glucosa convertida en glicerina se puede establecer un medio de glicerina en los vinos de 8 g/L y entonces puede obtenerse una estimación del porcentaje de azúcares que se desvía hacia la formación de productos secundarios.

Teniendo en cuenta se estima:

$$\frac{9090 \text{ g de Etanol}}{92 \text{ g/mol}} = 98,80 \text{ mol}$$

$$\frac{8 \text{ g/L}}{98,80 \text{ g/mol}} = 0,08 \text{ mol/L de glucosa}$$

Siguiendo el mismo procedimiento se puede calcular el número de moles de glucosa necesarios para obtener un contenido en etanol de 12,8 % GL mediante fermentación alcohólica:



$$\text{Moles de etanol} = \frac{126 \frac{\text{ml}}{\text{L}} * 0.770 \text{g/ml}}{46 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \text{Etanol}} = 2,11 \text{ moles}$$

De lo cual los moles de Etanol son aprox. 1,165 moles de glucosa

Es decir, para la conversión de un vino base:

$$(0,08 + 1,055) \text{ moles} = 1,135 \text{ moles totales de } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$$

Entonces según las ecuaciones anteriores los porcentajes de cada conversión son las siguientes:

$$\% \text{ molar de glucosa transformada en etanol} = 100 * \frac{1,055}{1,135} = 92,95\%$$

$$\% \text{ molar de glucosa transformada en glicerina} = 100 * \frac{0,08}{1,135} = 7,04\%$$

Pasando los moles de glucosa convertidos en etanol y glicerina a gramos:

$$1,135 \text{ moles} * 180 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 204,3 \text{ g glucosa}$$

Entonces si el flujo de azúcar es:  $F_{Az} = 17,79 \text{ Kg}$  en el mosto a fermentar

La cantidad de litros del vino base:

$$F_5 = \frac{76,04 \text{Kg}}{1,02 \text{Kg/L}} = 74,55 \text{ L}$$

Si el volumen del flujo  $F_5 = 74,55 \text{ Litros}$  de mosto a fermentar

El azúcar del vino base es  $1,5 \text{ g/L}$  de los resultados del CEANID ver ANEXO-B

Azúcar en todo el recipiente de vino base:

$$F_5 = 74,55 \text{L} * 1,5 \text{g/L}$$

$$F_5 = 111,825 \text{ g}$$

Entonces flujo  $F_5 = 111,825$  g de azúcar en el vino base

De lo cual se llega a decir que la conversión de:

$$\frac{111,825 \text{ g}}{17790 \text{ g}} * 100 = 0,63\%$$

$$(100 - 0,63)\% = 99,37\%$$

99,37% representa la conversión real de glucosa en azúcar

Entonces el contenido es:

$$204,3 \text{ g} * \frac{100}{99,37} = 205,6 \text{ gramos de glucosa totales}$$

Calculando ahora los porcentajes en masas

$$\% \text{ Azucar convertido en etanol} = 100 * \frac{126 * 0,77}{205,6} = 47,19\%$$

$$\% \text{ Azucar convertido en glicerina} = 100 * \frac{8}{205,6} = 3,89\%$$

$$\% \text{ Azucar convertido en CO}_2 (2,11 \text{ mol} * 44 \text{ g/mol}) = 100 * \frac{92,84 \text{ mol}}{205,6 \text{ mol}} = 45,16\%$$

Dando un total de 96,24 %

Al igual que se hizo anteriormente para el caso del balance de materia en la transformación química de los azúcares fermentables, podemos calcular los gramos de azúcar que se necesitan para obtener un grado alcohólico:

$$\% \text{ EtOH} \left( \frac{P}{V} \right) = \frac{47,19 \text{ g etanol} / 100 \text{ g azúcares}}{0,77 \frac{\text{g}}{\text{ml}}} = 61,29 \text{ ml de EtOH} / 100 \text{ g azúcares}$$

Lo que equivale a decir que por cada 16,31 gramos de azúcar por litro de mosto se obtienen 10 ml de etanol, es decir un grado alcohólico.

Donde la cantidad de CO<sub>2</sub>:

$$F_6 = 8,68 \text{ Kg} * \frac{45,16}{100} \%$$

$$F_6 = 3,92 \text{ Kg}$$

Del balance General:

$$F_5 = F_6 + F_7$$

Cabe resaltar que el vino base:

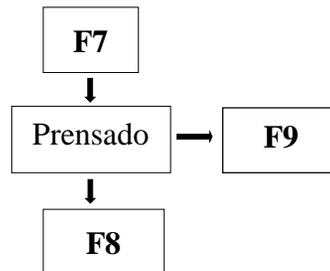
$$F_5 = F_6 + F_7$$

$$F_7 = (76,04 - 3,92) \text{ Kg}$$

$$F_7 = 72,12 \text{ Kg}$$

### 2.7.1.4.Prensado

**Figura II-17 Cuarta Etapa**



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Dónde:

$F_7 =$  Vino base.

$F_8 =$  Orujo.

$F_9 =$  Mosto de uva

$F_8 = 18,2 \% F_7$

#### **Balance general de la etapa 4**

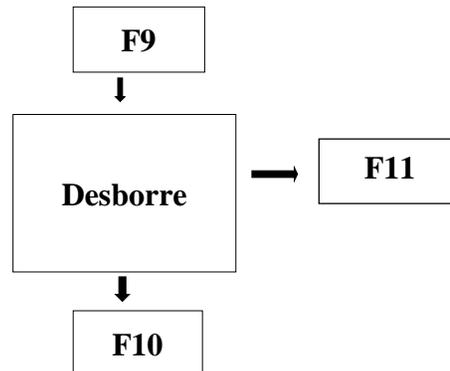
$$F_7 = F_8 + F_9$$

$$F_8 = 18,2 \% * F_7 = 18,2 \% * \frac{72,12[\text{Kg}]}{100 \%} = 13,12 [\text{Kg}]$$

$$F_9 = 72,12 [\text{Kg}] - 13,12 [\text{Kg}] = 59 [\text{Kg}]$$

### 2.7.1.5.Desborre

**Figura II-18 Quinta etapa**



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Dónde:

$F_9$  = Vino Base producto de prensado

$F_{10}$  = Borras.

$F_{11}$  = Vino base para estabilización

$F_{10} = 5.15 \% F_9$

#### **Balance general de la etapa 5**

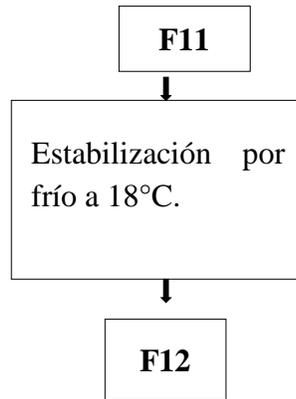
$$F_7 = F_8 + F_9$$

$$F_{10} = 5,15 \% F_9 = 5,15 \% * \frac{59 \text{ [Kg]}}{100 \%} = 3,04 \text{ [Kg]}$$

$$F_{11} = F_9 - F_{10} = 59 \text{ [Kg]} - 3,04 \text{ [Kg]} = 55,96 \text{ [Kg]}$$

### 2.7.1.6. Vino base y su estabilidad

**Figura II-19 Sexta etapa**



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Dónde:

$F_{12}$  = vino estabilizado

#### **Balance general de la etapa 6**

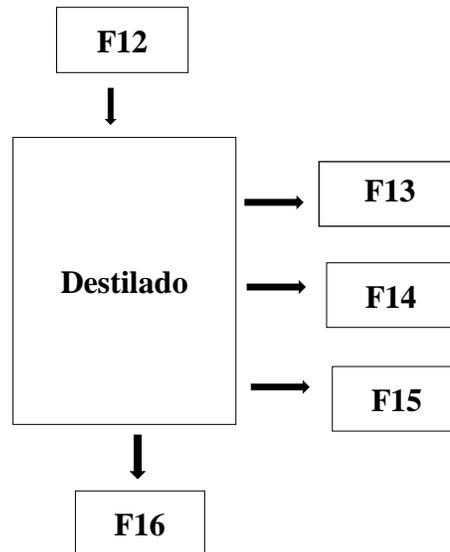
$$F_{11}=F_{12}$$

#### **Composición del flujo F12**

La composición de F11 es igual a la composición de F12

### 2.7.1.7. Destilación en Alambique

Figura II-20 Séptima etapa



Datos:

$F_{12}$  = Vino base estabilizado

$F_{13}$  = Cabeza

$F_{14}$  = Cola

$F_{15}$  = Líquido residual

$F_{16}$  = Corazón

Para mayor comprensión de los datos, es necesario trabajar en las mismas unidades por lo cual:

$F_{12}$  = 55,96 Kg

Densidad  $E_{OH}$  = 0.81 Kg/L

$$F_{12} = \frac{55,96 \text{ Kg}}{0,77 \frac{\text{Kg}}{\text{L}}}$$

$$F_{12} = 72,67\text{L}$$

### **Balance general de la etapa 7**

$$F_{12} = F_{13} + F_{14} + F_{15} + F_{16}$$

$$F_{16} = F_{12} - F_{13} - F_{14} - F_{15}$$

$$F_{16} = (72,67 - 1,45 - 10,5 - 53,5)\text{L}$$

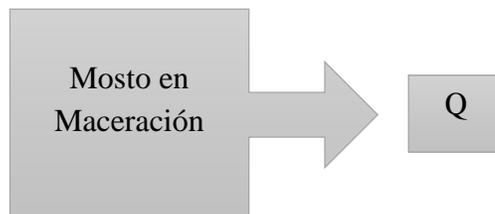
$$F_{16} = 7,2\text{L}$$

## **2.7.2. BALANCE DE ENERGÍA**

En este acápite se realiza balances de energía en los procesos de Maceración, del mosto a vino base.

### **2.7.2.1. Maceración**

**Figura II-21 Balance de energía la Maceración**



Fuente: Elaboración propia, 2021.

En este proceso de enfriamiento del vino a 12°C, para conseguir aumentar la solubilización de los aromas del mosto sin extraer demasiada astringencia al no existir el alcohol como disolvente en el medio.

Las características del mosto se obtienen según (Lopez Gomez, 2014)

Ecuación de transferencia de Calor de la primera ley de la termodinámica mencionado en el libro (J.M, H.C., & M.M., 1996)

Ecuación II-3 Ecuación de transferencia de Calor

$$Q_{\text{cedido}} = Q_{\text{ganado}}$$

$$Q = mC_p\Delta T$$

Donde:

$$T_{\text{Ambiente}} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$C_{p\text{MostoUva}} = 0.8736\text{ Kcal/Kg}^{\circ}\text{C}$$

$$m_{\text{Orujo}} = 76.04\text{Kg}$$

$$Q_{\text{cedido}} = Q_{\text{Ganado}}$$

$$Q_{\text{CedidoMosto}} = Q_{\text{Ganado}} = m_{\text{Uva}} * C_{p\text{Mosto Uva}} * \Delta T$$

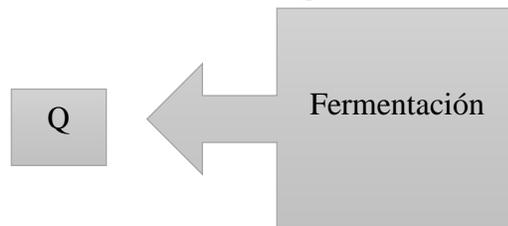
$$Q_{\text{Cedido del mosto}} = 76,04[\text{Kg}] * 0,87 \left[ \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg} * ^{\circ}\text{C}} \right] * (12 - 25)^{\circ}\text{C} = -860.012 [\text{Kcal}]$$

$$860,012[\text{Kcal}] * \frac{0.012 \left[ \frac{\text{Kw}}{\text{h}} \right]}{1 [\text{Kcal}]} = -0,99 [\text{Kw/h}]$$

$$Q_{\text{Cedido del mosto}} = -0,99 [\text{Kw/h}]$$

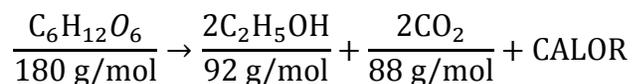
### 2.7.2.2.Fermentación

**Figura II-22 Balance de energía de la fermentación del vino base**



Fuente: Elaboración propia, 2021.

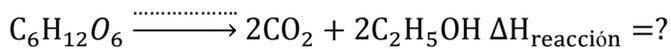
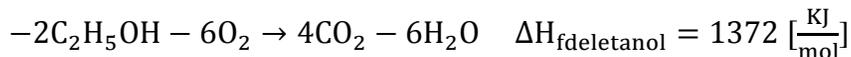
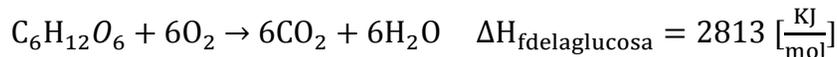
En este proceso de fermentación el balance de energía se da a partir del calor generado por la reacción microbiológica de los azúcares que se transforman en etanol. Para mantener una temperatura estable es necesario un enfriamiento en la cámara de frío.



$$Q_{\text{absorbido}} = \Delta H_{\text{reacción}} = \sum n_{\text{producto}} * \Delta H_{\text{formación}} - \sum n_{\text{reactivos}} * \Delta H_{\text{reactivos}}$$

### El calor de reacción basado en la ley de Hess

Calor de reacción de la glucosa



$$\Delta H_{\text{reacción}} = 1 * \left( 2815 \left[ \frac{\text{KJ}}{\text{mol}} \right] \right) - 2 * \left( 1372 \left[ \frac{\text{KJ}}{\text{mol}} \right] \right) = 71 \frac{\text{KJ}}{\text{mol}}$$

Entonces, quiere decir que la reacción es exotérmica y se realiza la siguiente conversión tomando de referencia las entalpías de reacción según (Lopez Gomez, 2014)

$$\Delta H_{\text{reacción}} = 71 \frac{\text{KJ}}{\text{mol}} * \frac{1 \text{ KCal}}{4.184 \text{ KJ}} * \frac{1000 \text{ cal}}{1 \text{ kCal}} = 16.969,41 \text{ Cal/mol}$$

Entonces para el proceso de fermentación se debe considerar

- El mosto es homogéneo durante este fenómeno
- La transferencia de calor por radiación es despreciable
- La transferencia de calor por conducción es despreciable
- La energía perdida por evaporación de agua y etanol es alrededor del 4% de la energía producida durante la fermentación citado por (Vannobel, 1988)

La ecuación de conservación de energía por unidad de tiempo en el reactor puede ser escrita como sigue:

$$Q_{\text{acumulacion}} = Q_{\text{fermentacion}} + Q_{\text{evaporacion}} + Q_T$$

Donde:

$Q_{\text{acumulacion}}$  =Energía acumulada por el mosto

$Q_{\text{fermentacion}}$  = Energía de fermentación

$Q_{\text{evaporacion}}$  =Energía de evaporación

$Q_T$  = Potencia requerida para enfriar el tanque

Energía de fermentación

Donde:

$$\Delta H_{\text{reacción}} = 16.969,41 \text{ Cal/mol}$$

$$\rho_{\text{mosto fermentado}} = 0,81 \frac{\text{g}}{\text{ml}} = 810 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

$$PM_{\text{glucosa}} = 180 \text{ Mol/g}$$

$$\%CO_2 = 0.44$$

#### 2.7.2.2.1. Calor de fermentación

La siguiente ecuación es planteada por (Colombie, Malherbe, & Sablayrolles, 2006)

$$Q_{\text{fermentación}} = \frac{\Delta H_{\text{reaccion}} * \rho}{PM_{\text{glucosa}}} * V_{\text{mosto}} * \%CO_2$$

$$Q_{\text{fermentación}} = \frac{16.969,41 \frac{\text{Cal}}{\text{mol}} * 810 \frac{\text{g}}{\text{L}}}{180 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} * 65,7 \text{ L} * 0.44$$

$$Q_{\text{fermentación}} = 2.207.481,37 [\text{cal}] * \frac{1 \text{Kcal}}{1000 \text{Cal}} = 2.207,48 [\text{Kcal}]$$

$$Q_{\text{fermentación}} = 2.207,48 \text{Kcal} * \frac{0.012 \left[ \frac{\text{Kw}}{\text{h}} \right]}{1 [\text{Kcal}]} = 2,57 [\text{Kw/h}]$$

### 2.7.2.2.2. Calor de evaporación

$$Q_{\text{evaporación}} = 4\% * P_{\text{fermentación}}$$

$$Q_{\text{evaporación}} = 2207481,37 \text{ Cal} * 4\%$$

$$Q_{\text{evaporación}} = 88.229,25 \frac{\text{cal}}{\text{h}} * \frac{1 \text{Kcal}}{1000 \text{Cal}} = 88,23 \text{Kcal}$$

$$Q_{\text{evaporación}} = 88,23 * \frac{0,012 \left[ \frac{\text{Kw}}{\text{h}} \right]}{1 [\text{Kcal}]} = 0,10 [\text{Kw/h}]$$

### 2.7.2.2.3. Potencia de la cámara de frío

El dato es de la cámara de frío es dado por las especificaciones técnicas (HEATCRAFT DO BRASIL)

$$Q_T = 1000 \text{Watt}$$

### Calor total en el proceso de fermentación en Watt

$$Q_{\text{acumulación}} = 2,57 \left[ \frac{\text{Kw}}{\text{h}} \right] + 0,10 \left[ \frac{\text{Kw}}{\text{h}} \right] + 1 \left[ \frac{\text{Kw}}{\text{h}} \right]$$

$$Q_{\text{acumulación}} = 3,6 \left[ \frac{\text{KW}}{\text{h}} \right]$$

### 2.7.2.3. Estabilización Vino Base

**Figura II-23 Balance de energía para estabilizar el vino a 18 °C**



Fuente: Elaboración propia, 2021.

En este proceso de estabilización del vino base para que precipiten las borras es necesario aplicar frío hasta una temperatura de 18 °C.

Donde:

$$C_{p_{\text{vinoBase}}} = 0.9500 \frac{[\text{KCal}]}{[\text{Kg}^{\circ}\text{C}]}$$

$$m_{\text{vinoBase}} = 53.29 [\text{Kg}]$$

$$Q_{\text{Calor del vino base}} = C_{p_{\text{vinoBase}}} * m_{\text{vinoBase}} * (T_f - T_i)$$

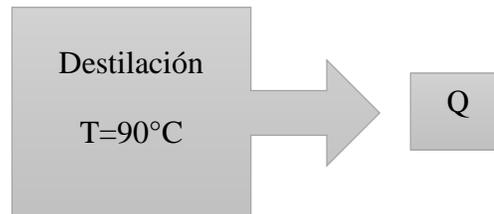
$$Q_{\text{Estabilización}} = 0,9550 \frac{[\text{KCal}]}{[\text{Kg}^{\circ}\text{C}]} * 55,96 [\text{Kg}] * (18^{\circ}\text{C} - 21^{\circ}\text{C}) = -160,32[\text{KCal}]$$

$$Q_{\text{Estabilización}} = -160,32 [\text{KCal}] * \frac{0.0012 \left[ \frac{[\text{Kw}]}{[\text{h}]} \right]}{1 [\text{Kcal}]} = -0,18 [\text{Kw/h}]$$

### 2.7.2.4. Destilación

La energía empleada en el alambique para el proceso de destilación es la suma de la energía necesaria para generar el vapor dentro del reboiler más el calor retirado por el agua de enfriamiento del condensador

**Figura II-24 Destilación**



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Para la destilación, se toma los datos anteriores del balance de materia y los datos de entalpías y calor específicos de los componentes Etanol y Agua según (J.M, H.C., & M.M., 1996)

**Tabla II-24 Coeficientes y Entalpías de Vaporización**

Datos				
$C_{pH_2O} =$	4,22	K j/Kg°K	1,01	Kcal/Kg°C
$\lambda H_{vapH_2O} =$	2257	Kj/Kg	539,84	Kcal/Kg
$\lambda H_{vapEtOH} =$	838,3	Kj/Kg	200,51	Kcal/Kg
$C_{pEtOH} =$	2,56	Kj/Kg°K	0,58	Kcal/Kg°C

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Entonces tomando en cuenta los datos anteriores, se procede a realizar un estudio de calor en el alambique con la siguiente ecuación sacada del libro (Smith, 1980)

$$Q_{cedido} = Q_{ganado}$$

$$Q_{Sensible} = m_{H_2O} * C_{pH_2O} * \Delta T + m_{Etanol} * C_{pEtanol} * \Delta T$$

$$Q_{latente} = m_{H_2O} * \lambda_{H_2O} + m_{Etanol} * \lambda_{Etanol}$$

Donde:

$$m_{\text{Vinobase}} = 55,96 \text{ masa de (Kg)}$$

$$\text{Grado alcohólico} = 12,6^\circ \text{GL}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 48,91 \text{ Kg}$$

$$m_{\text{Etanol}} = 7,05 \text{ Kg}$$

Cp.: Capacidad calorífica (Kcal/Kg °C)

$\Delta T$ : diferencial de temperatura

Donde:

Masa total: 53,29 Kg sabiendo que 12.4% es alcohol en la muestra.

$$C_{p\text{Agua}}: 1 \text{ (Kcal/Kg } ^\circ\text{C)}$$

$$C_{p\text{Etanol}}: 0,587 \text{ (Kcal/Kg } ^\circ\text{C)}$$

$$T_i: 18^\circ\text{C}$$

$$T_f: 90^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{sensible}} = 48,91 \text{ [Kg]} * 1 \left[ \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}} ^\circ\text{C} \right] * (90 - 18)^\circ\text{C} + 7,05 \text{ [Kg]} * 0,587 \left[ \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}} ^\circ\text{C} \right] * (90 - 18)^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{sensible en Reboiler}} = 3819,48 \text{ [Kcal]} * \frac{0,0012 \left[ \frac{\text{Kw}}{\text{h}} \right]}{1 \text{ [Kcal]}} = 4,44 \text{ [Kw/h]}$$

$$Q_{\text{latente en el Reboiler}} = 48,91 \text{ [Kg]} * 539,84 \left[ \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}} \right] + 7,05 \text{ [Kg]} * 200,51 \text{ [Kcal/Kg]}$$

$$Q_{\text{latente}} = 27817,17 \text{ [Kcal]} * \frac{0,0012 \left[ \frac{\text{Kw}}{\text{h}} \right]}{1 \text{ [Kcal]}} = 32,33 \text{ [Kw/h]}$$

El calor latente de condensación es:

$$m_{Destilado} = m_{Cabeza} + m_{Corazón} + m_{Cola}$$

$$m_{Destilado} = (1,45 + 7,2 + 11,5)L$$

$$m_{Destilado} = 20,15L * 0.952Kg/L$$

$$m_{Destilado} = 19,18 Kg$$

$$\lambda_{Promedio} = \frac{\lambda_{H_2O} + \lambda_{Etanol}}{2}$$

$$\lambda_{Promedio} = \frac{539,84 + 200,51 \left[ \frac{Kcal}{Kg} \right]}{2}$$

$$\lambda_{Promedio} = 370,17 \left[ \frac{Kcal}{Kg} \right]$$

Donde:

$$m_{Destilado} = 19,18 Kg$$

$$\lambda_{Promedio} = 370,17 \left[ \frac{Kcal}{Kg} \right]$$

$$Q_{latente\ Cond.} = m_{Destilado} * \lambda_{Promedio}$$

$$Q_{latente\ Cond.} = 19,18Kg * 370,17 \left[ \frac{Kcal}{Kg} \right]$$

$$Q_{latente\ Cond.} = 7099,86 Kcal * \frac{0.0012 \left[ \frac{Kw}{h} \right]}{1 [Kcal]} = 8,25 [Kw/h]$$

El calor absorbido por el condensador, considerando que el flujo másico del agua es 130 Kg/h

$$m_{H_2O} = 130 \left[ \frac{Kg}{h} \right] * 7h$$

$$m_{H_2O} = 910Kg$$

Donde:

$$m_{H_2O} = 910Kg$$

$$C_p = 1 \left[ \frac{Kcal}{Kg} \cdot ^\circ C \right]$$

$$T_i = 20^\circ C$$

$$T_f = 30^\circ C$$

$$Q_{Abs\ Cond.} = mC_p\Delta T$$

$$Q_{Abs\ Cond.} = 910Kg * 1 \left[ \frac{Kcal}{Kg} \cdot ^\circ C \right] * (30 - 20)^\circ C$$

$$Q_{Abs\ Cond.} = 9100Kcal * \frac{0.0012 \left[ \frac{Kw}{h} \right]}{1 [Kcal]} = 10,57 [Kw/h]$$

Calor total en la destilación en Alambique

$$Q_{sensible\ en\ Reboiler} = 4,44 [Kw/h]$$

$$Q_{latente\ en\ el\ Reboiler} = 32,33 [Kw/h]$$

$$Q_{latente\ Cond.} = 8,25 [Kw/h]$$

$$Q_{Abs\ Cond.} = 10,57 [Kw/h]$$

$$Q_T = Q_{sensible\ en\ Reboiler} + Q_{latente\ en\ el\ Reboiler} + Q_{latente\ Cond.} + Q_{Abs\ Cond.}$$

$$Q_T = (4,44 + 32,33 + 8,25 + 10,57)Kw/h$$

$$Q_T = 55,59 \left[ \frac{Kw}{h} \right]$$

## 2.8.RENDIMIENTO DEL PROCESO DEL SINGANI

Para determinar el rendimiento de toda la elaboración del singani se aplica la siguiente ecuación:

Ecuación II-4 Rendimiento del proceso

$$\% \text{ Rend} = \frac{\text{Litro Final}}{\text{Litro Inicial}} * 100$$

Tomando en cuenta que los litros del destilado del singani por experimento son los siguientes:

**Tabla II-25 Volumen de los Destilados**

N.º EXP	Destilado en Litros (L)
<b>R1</b>	7,15
<b>R2</b>	6,7
<b>R3</b>	7,2
<b>R4</b>	6,5

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En donde la masa inicial es la cantidad de materia prima, es decir los litros de mosto inicial y los litros de singani como producto final:

Donde:

$$L_{\text{mostoInicial}} = \frac{80\text{Kg}}{1.02 \text{ Kg/L}} = 78,43\text{L}$$

$$\% \text{ Rend R1} = \frac{7,15 \text{ L}}{78,43\text{L}} * 100 = 9,12 \%$$

$$\% \text{ Rend R2} = \frac{6,7 \text{ L}}{78,43\text{L}} * 100 = 8,54 \%$$

$$\% \text{ Rend R3} = \frac{7,2 \text{ L}}{78,43\text{L}} * 100 = 9,18 \%$$

$$\% \text{ Rend R4} = \frac{6.5 \text{ L}}{78,43\text{L}} * 100 = 8,28 \%$$

Los rendimientos de cada experimento realizado se presentan en el Capítulo III Análisis y Discusión de Resultados.

## **2.9. CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO FINAL**

Para realizar caracterización del producto final, del Singani, inicialmente se requiere saber cuál de los ensayos obtenidos en cada ensayo contiene mayor Concentración de Componentes Volátiles, puesto que esta variable respuesta es la más importante a la hora de seleccionar las condiciones de operación más adecuadas.

Para ello, se enviaron las muestras de Singani obtenidas para cada ensayo realizado a distintas condiciones al Centro de Análisis Investigación y Desarrollo CEANID, de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho y CEVITA Centro Vitivinícola Tarija.

Una vez seleccionada la muestra de Singani que presenta mayor cantidad de Componentes Volátiles, se envía una muestra al CEANID y CEVITA para que se realicen los análisis establecidos por la Norma Boliviana NB 324001:2015 “Bebidas Alcohólicas”

**Tabla II-26 Composición química del singani. Requisitos Fisicoquímicos**

Parámetros	UNIDAD	MÍNIMO	MÁXIMO
<b>Densidad</b>	g/ml	De acuerdo al singani	De acuerdo al singani
<b>Alcohol a 20°C</b>	°GL	38	46
<b>Extracto seco total</b>	g/l	De acuerdo al singani	De acuerdo al singani
<b>Cobre</b>	mg/l	0	0,6
<b>PH</b>	unidad de PH	4	6
<b>Anhídrido sulfuroso</b>	mg/l	0	4
<b>Acides total expresado en ácido acético</b>	mg/l	0	750
<b>Metanol</b>	mg/l	0	500
<b>Furfural</b>	mg/l	Trazas	30
<b>Esteres</b>	mg/l	30	1200
<b>Aldehídos</b>	mg/l	20	600
<b>Alcoholes superiores</b>	mg/l	150	1200
<b>Plomo</b>	mg/l	0	0,3

**Fuente:** IBNORCA, 2015.NB-324001:2015

## **2.10. ANÁLISIS SENSORIAL**

Otro punto importante en el proceso de elaboración del singani donde todo catador debe saber expresar sus impresiones en términos claros y por supuesto requiere del aprendizaje de ciertas técnicas.

Cabe resaltar que los análisis esperados tienden a tener un patrón del cual se puede realizar mejoras o ajustes estadísticos de las variables en el proceso de elaboración. Siendo este informe que pueda ser base y guía para futuras modificaciones en el área

En función a lo planteado, se busca tener un patrón confiable con el cual se pueda dar conclusiones bien justificadas, se puede observar en la tabla. II-27 en algunas muestras existen altibajos, lo cual genera una incertidumbre de por qué algunos catadores hicieron una mejor calificación a una muestra y otros la calificaron como la peor, pudiendo concluir que en alguna prueba quizás tuvo una buena percepción de un singani tal cual y no así de los otros con lo cual no es posible intervenir en la eliminación de sus puntuaciones pero si se puede hacerle un ajuste a sus datos.

En la siguiente tabla. II-29 se presenta un resumen del proceso de cata de cada uno de jueces, mostrándose el promedio ya una conceptualización preliminar sobre el Singani de mayor gusto aceptación y obviamente de calificación.

Para ello, se reúne un panel de 10 integrantes calificados a los cuales se les entrega una encuesta en donde calificarían los atributos de cada una de las cuatro muestras del Singani.

Para obtener un análisis del producto final, se practica además de análisis fisicoquímicos, análisis organolépticos para corroborar la investigación, tomando en cuenta color, sabor, aroma. Para determinar las propiedades externas del singani obtenido, este producto se sometió a una prueba sensorial. El valor de la calificación se basa en la escala de 36 a 100 puntos, interpretados por jueces expertos en el área para el valor estadístico de los mismos sea representativo para lo cual se presentan estos resultados.

**Figura II-25 Análisis Sensorial**



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Tabla II-27 Resultado de las evaluaciones

Juez	Destilado R1						Destilado R2						Destilado R3						Destilado R4					
	Excelente	Muy Bien	Bien	Regula	Insuficient	TOTAL	Excelente	Muy Bien	Bien	Regula	Insuficient	TOTAL	Excelente	Muy Bien	Bien	Regula	Insuficient	TOTAL	Excelente	Muy Bien	Bien	Regula	Insuficient	TOTAL
1	20	59	0			79	50	43	0			93	5	47	29			81	63	29				92
2	5	8	65			78	59	36				95	5	26	47			78	64	30				94
3	5	18	53			76	36	47				89	5	29	45			79	36	55				91
4	5	0	24	35		64	5	73	6			84	5	0	12	35	8	60	31	51	6			88
5	5	0	6	49		60	29	44	12			85	5	0	12	45		62	5	81				86
6	5	0	6	49		60	5	52	27			84	5	22	48			75	87	11				98
7	5	0	28	30		63	27	42	12			81	5	0	22	35		62	43	48				91
8	5	0	0	53		58	28	52	6			86	5	15	18	31		69	31	59				90
9	5	0	22	35		62	13	66	6			85	5	0	17	41		63	31	59				90
10	5	0	12	45		62	47	26	12			85	5	0	24	35		64	43	48				91

Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Tabla II-28 Parámetros de Evaluación**

<b>Excelente</b>	<b>100-86</b>
<b>Muy bien</b>	85-73
<b>Bien</b>	73-56
<b>Regular</b>	55-38
<b>Insuficiente</b>	37-0

Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Tabla II-29 Resultados de las muestras**

<b>JUECES</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>
<b>1</b>	69	80	56	90
<b>2</b>	76	89	79	91
<b>3</b>	78	95	78	94
<b>4</b>	60	85	62	86
<b>5</b>	60	84	780	99
<b>6</b>	64	84	60	88
<b>7</b>	81	79	70	90
<b>8</b>	76	89	60	98
<b>9</b>	71	89	64	98
<b>10</b>	68	90	78	97
<b>11</b>	58	90	64	91
<b>12</b>	71	86	68	92
<b>13</b>	74	88	71	89
<b>14</b>	66	88	66	92
<b>15</b>	68	87	66	96
<b>16</b>	69	85	74	92
<b>17</b>	72	86	68	94
<b>18</b>	66	88	68	98
<b>19</b>	66	88	72	94
<b>20</b>	74	84	75	96
<b>PROMEDIO</b>	69,35	86,7	68,85	93,25

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Donde:

R1: Vinificación en Tinto sin maceración en frío

R2: Vinificación en Blanco sin maceración en frío

R3: Vinificación en Tinto con maceración en frío

R4: Vinificación en Blanco con maceración en frío

**CAPÍTULO III**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### 3.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA Y EL PRODUCTO FINAL

#### 3.1.1. Análisis fisicoquímico de la materia prima

Para mayor confiabilidad en los resultados de la materia prima, fueron analizados en el Centro Vitivinícola Tarija (CEVITA) bajo la supervisión de los técnicos analistas teniendo así los siguientes resultados:

**Tabla III-1 Parámetros fisicoquímicos de la materia prima**

Parámetro	Unidad	Resultado
<b>Grados Brix</b>	° Brix	23,4
<b>PH</b>	Unidades de pH	4
<b>Densidad</b>	g/ml	1,02
<b>Acidez total expresada como Ácido tartárico</b>	g/ml	5,1
<b>Gramos Baume</b>	° Be	13

Fuente: Elaboración propia, 2021.

#### 3.1.2. Análisis del Vino Base

Las características del vino base representan parámetros indicativos del resultado de la fermentación, estas fueron analizadas en el centro análisis, desarrollo e investigación CEANID, tomando en cuenta la tabla I-6 como parámetros de referencia, estos fueron los parámetros obtenidos de los análisis:

**Tabla III-2 Resultados Fisicoquímicos del vino Base R1**

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO DE ENSAYO	RESULTADO	REQUISITOS		REFERENCIA DE LOS LÍMITES
				MÍNIMO	MXIMO	
<b>Acidez total (como Ac. Tartárico)</b>	g/l	NB 322004:04	6,1	3,5	9,75	NB:322002
<b>Acidez Volátil</b>	g/l	NB 322005:04	0,46	0,1	1	NB:322002
<b>Azúcares Reductores</b>	g/l	Volumetría	1,2	Seco Semiseco Dulces	<a2 <a25 >a25	NB:322002
<b>Densidad</b>	g/ml	NB 322012:04	0,84	Secos 0,92 Dulces 1,00	1,05 1,15	NB:322002
<b>Grado Alcohólico</b>	°GL	NB 322003:04	12,8	10	15	NB:322002

Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Tabla III-3 Resultados Fisicoquímicos del vino Base R2**

PARÁMETRO	UNIDAD	METODO DE ENSAYO	RESULTADO	REQUISITOS		REFERENCIA DE LOS LÍMITES
				MINIMO	MAXIMO	
<b>Acidez total (como Ac. Tartárico)</b>	g/l	NB 322004:04	6,56	3,5	9,75	NB:322002
<b>Acidez Volátil</b>	g/l	NB 322005:04	0,38	0,1	1	NB:322002
<b>Azúcares Reductores</b>	g/l	Volumetría	1	Seco Semiseco Dulces	<a2 <a25 >a25	NB:322002
<b>Densidad</b>	g/ml	NB 322012:04	0,76	Secos 0,92 Dulces 1,00	1,05 1,15	NB:322002
<b>Grado Alcohólico</b>	°GL	NB 322003:04	12,5	10	15	NB:322002

Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Tabla III-4 Resultados Fisicoquímicos del vino Base R3**

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO DE ENSAYO	RESULTADO	REQUISITOS		REFERENCIA DE LOS LÍMITES
				MÍNIMO	MÁXIMO	
<b>Acidez total (como Ac. Tartárico)</b>	g/l	NB 322004:04	6,5	3,5	9,75	NB:322002
<b>Acidez Volátil</b>	g/l	NB 322005:04	0,45	0,1	1	NB:322002
<b>Azúcares Reductores</b>	g/l	Volumetría	1,5	Seco Semiseco Dulces	<a2 <a25 >a25	NB:322002
<b>Densidad</b>	g/ml	NB 322012:04	0,77	Secos 0,92 Dulces 1,00	1,05 1,15	NB:322002
<b>Grado Alcohólico</b>	°GL	NB 322003:04	12,6	10	15	NB:322002

Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Tabla III-5 Resultados Fisicoquímicos del vino Base R4**

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO DE ENSAYO	RESULTADO	REQUISITOS		REFERENCIA DE LOS LÍMITES
				MÍNIMO	MÁXIMO	
<b>Acidez total (como Ac. Tartárico)</b>	g/l	NB 322004:04	6,32	3,5	9,75	NB:322002
<b>Acidez Volátil</b>	g/l	NB 322005:04	0,33	0,1	1	NB:322002
<b>Azúcares Reductores</b>	g/l	Volumetría	1,76	Seco Semiseco Dulces	<a2 <a25 >a25	NB:322002
<b>Densidad</b>	g/ml	NB 322012:04	0,81	Secos 0,92 Dulces 1,00	1,05 1,15	NB:322002
<b>Grado Alcohólico</b>	°GL	NB 322003:04	12,4	10	15	NB:322002

Fuente: Elaboración propia, 2021.

### 3.1.3. Análisis del agua

Posterior a la destilación y previo al envasado del producto final, este requiere de una hidratación para llegar a los grados expendio y poder realizar la futura comercialización del mismo, tomando en cuenta lo mencionado se realizó los análisis del agua obtenida de la fuente madre el rincón de la victoria; dicha agua se analizó en el centro de análisis, investigación y desarrollo CEANID

Teniendo como parámetros los siguientes resultados:

**Tabla III-6 Resultados fisicoquímicos**

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO DE ENSAYO	RESULTADO	REQUISITOS		REFERENCIA DE LOS LÍMITES
				MÍNIMO	MÁXIMO	
<b>Conductividad</b>	Us/cm	SM2510-B	24,15	-	1500	NB512:16
<b>Dureza total</b>	MgCaCO <sub>3</sub> /l	SM2340-C	6,06	-	500	NB512:16

Fuente: Elaboración propia, 2021.

De acuerdo a la norma NB:516 el agua para el rebaje debe tener a 10 MgCaCO<sub>3</sub>/l, con el resultado obtenido 6,06 MgCaCO<sub>3</sub>/l se observa que el agua utilizada cumple con lo establecido, para mayor confiabilidad se realizó ensayos microbiológicos que se reporta en el siguiente cuadro.

**Tabla III-7 Resultados Microbiológicos**

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO DE ENSAYO	RESULTAD O	REQUISITOS		REFERENCI A DE LOS LÍMITES
				MÍNIMO	MÁXIMO	
<b>Coliformes Totales</b>	UFC	Membran a Filtrante	0 UFC/100	0 UFC/100	<1UFC/100	NB512

Fuente: Elaboración propia, 2021.

### 3.1.4. Análisis de los singanis productos del diseño factorial

Teniendo los productos ya listos, estos fueron analizados en el Centro Vitivinícola Tarija (CEVITA) realizando un análisis completo, de los cuales los parámetros a

resaltar en el proyecto de investigación son los compuestos volátiles estos análisis fueron realizados bajo la supervisión de los técnicos analistas de la institución; teniendo así los siguientes resultados:

**Tabla III-8 Resultados fisicoquímicos del producto final R1**

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO DE ENSAYO	RESULTADO	REQUISITOS		
				MÍNIMO	MÁXIMO	
<b>Densidad</b>	g/ml	Densimetría	NB324002:2004	0,951	De acuerdo al singani	De acuerdo al singani
<b>Alcohol a 20°C</b>	°GL	Densimetría	NB322003:2004	40,40	38	46
<b>Extracto seco total</b>	g/l	Gravimetría	NB324005:2004	0,08	De acuerdo al singani	De acuerdo al singani
<b>Cobre</b>	mg/l	Espectrofotometría	-	0,16	0	0,6
<b>PH</b>	unidad de PH	Potenciometría	NB324006:2006	4,04	4	6
<b>Anhídrido sulfuroso</b>	mg/l	Volumetría	P-26 Basado en NB324007:2004	3	0	4
<b>Acides total expresado en ácido acético</b>	mg/l	Volumetría	P-30 Basado en NB324004:2004	270	0	750
<b>Metanol</b>	mg/l	Espectrofotometría	NB324010:2004	113	0	500
<b>Furfural</b>	mg/l	Espectrofotometría	NB206-1977	2	Trazas	30
<b>Esteres</b>	mg/l	Volumetría	NB3240008:2004	915	30	1200
<b>Aldehídos</b>	mg/l	Espectrofotometría	NB324009:2004	61,50	20	600
<b>Alcoholes superiores</b>	mg/l	Espectrofotometría	NB206-1977	401	150	1200

Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Tabla III-9 Resultados fisicoquímicos del producto final R2**

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO DE ENSAYO	RESULTADO	REQUISITOS		
				MÍNIMO	MÁXIMO	
<b>Densidad</b>	g/ml	Densimetría	NB324002:2004	0,951	De acuerdo al singani	De acuerdo al singani
<b>Alcohol a 20°C</b>	°GL	Densimetría	NB322003:2004	40	38	46
<b>Extracto seco total</b>	g/l	Gravimetría	NB324005:2004	0,03	De acuerdo al singani	De acuerdo al singani
<b>Cobre</b>	mg/l	Espectrofotometría	-	0,20	0	0,6
<b>PH</b>	unidad de PH	Potenciometría	NB324006:2006	4,49	4	6
<b>Anhídrido sulfuroso</b>	mg/l	Volumetría	P-26 Basado en NB324007:2004	3	0	4
<b>Acides total expresado en ácido acético</b>	mg/l	Volumetría	P-30 Basado en NB324004:2004	102,00	0	750
<b>Metanol</b>	mg/l	Espectrofotometría	NB324010:2004	111	0	500
<b>Furfural</b>	mg/l	Espectrofotometría	NB206-1977	2	Trazas	30
<b>Esteres</b>	mg/l	Volumetría	NB3240008:2004	317	30	1200
<b>Aldehídos</b>	mg/l	Espectrofotometría	NB324009:2004	58,50	20	600
<b>Alcoholes superiores</b>	mg/l	Espectrofotometría	NB206-1977	397	150	1200

Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Tabla III-10 Resultados fisicoquímicos del producto final R3**

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO DE ENSAYO	RESULTADO	REQUISITOS		
				MÍNIMO	MÁXIMO	
<b>Densidad</b>	g/ml	Densimetría	NB324002:2004	0,952	De acuerdo al singani	De acuerdo al singani
<b>Alcohol a 20°C</b>	°GL	Densimetría	NB322003:2004	39,20	38	46
<b>Extracto seco total</b>	g/l	Gravimetría	NB324005:2004	0,05	De acuerdo al singani	De acuerdo al singani
<b>Cobre</b>	mg/l	Espectrofotometría	-	0,15	0	0,6
<b>PH</b>	unidad de PH	Potenciometría	NB324006:2006	3,93	4	6
<b>Anhídrido sulfuroso</b>	mg/l	Volumetría	P-26 Basado en NB324007:2004	3	0	4
<b>Acides total expresado en ácido acético</b>	mg/l	Volumetría	P-30 Basado en NB324004:2004	372	0	750
<b>Metanol</b>	mg/l	Espectrofotometría	NB324010:2004	109	0	500
<b>Furfural</b>	mg/l	Espectrofotometría	NB206-1977	5	Trazas	30
<b>Esteres</b>	mg/l	Volumetría	NB3240008:2004	686	30	1200
<b>Aldehídos</b>	mg/l	Espectrofotometría	NB324009:2004	52,50	20	600
<b>Alcoholes superiores</b>	mg/l	Espectrofotometría	NB206-1977	411	150	1200

Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Tabla III-11 Resultados fisicoquímicos del producto final R4**

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO DE ENSAYO	RESULTADO	REQUISITOS		
				MÍNIMO	MÁXIMO	
<b>Densidad</b>	g/ml	Densimetría	NB324002:2004	0,951	De acuerdo al singani	De acuerdo al singani
<b>Alcohol a 20°C</b>	°GL	Densimetría	NB322003:2004	40,40	38	46
<b>Extracto seco total</b>	g/l	Gravimetría	NB324005:2004	0,04	De acuerdo al singani	De acuerdo al singani
<b>Cobre</b>	mg/l	Espectrofotometría	-	0,21	0	0,6
<b>PH</b>	unidad de PH	Potenciometría	NB324006:2006	4,50	4	6
<b>Anhídrido sulfuroso</b>	mg/l	Volumetría	P-26 Basado en NB324007:2004	3	0	4
<b>Acides total expresado en ácido acético</b>	mg/l	Volumetría	P-30 Basado en NB324004:2004	102,00	0	750
<b>Metanol</b>	mg/l	Espectrofotometría	NB324010:2004	113	0	500
<b>Furfural</b>	mg/l	Espectrofotometría	NB206-1977	2,50	Trazas	30
<b>Esteres</b>	mg/l	Volumetría	NB3240008:2004	334	30	1200
<b>Aldehídos</b>	mg/l	Espectrofotometría	NB324009:2004	58,50	20	600
<b>Alcoholes superiores</b>	mg/l	Espectrofotometría	NB206-1977	401	150	1200

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En las tablas descritas muestran los análisis completos de los singanis, dando a conocer que los productos se encuentran dentro de los niveles establecidos por la norma boliviana IBNORCA NB 324001:2015.

### **3.2. RESULTADOS DEL DESARROLLO DEL PROCESO EXPERIMENTAL**

#### **3.2.1. Cinética experimental del proceso fermentativo.**

Los resultados del proceso en fermentación son producto de las mediciones programadas y el periodo que duro la fase experimental; controles de dos veces por día durante semana y media, el proceso de fermentación se realizó en las instalaciones de la bodega CEVITA lo cual permitió que los controles sean en el laboratorio del mismo centro.

Dado que, se debe encontrar la pendiente en cada uno de los puntos observados durante la fermentación para determinar la velocidad de reacción. Se aplica la diferenciación numérica para calcular una aproximación a la derivada de una función en un punto utilizando los valores de la misma.

El modelo de la cinética se llevó a cabo mediante el método de tres puntos propuesto en el libro (Carvajal-Larenas, Linnemann, & Nout, 2016) Para la determinación de modelo cinético en función del Tiempo vs °Be durante el proceso de fermentación.

Dicho modelo matemático permitió transformar los datos tomados en resultados objetivos y gráficas descriptivas mediante las siguientes ecuaciones:

Ecuación III-5 Aproximación por diferencia hacia atrás

$$Y_o = \frac{-3Y_o + 4Y_1 - Y_2}{2h}$$

Ecuación III-6 Aproximación por diferencia central

$$Y_1 = \frac{-Y_o + Y_2}{2h}$$

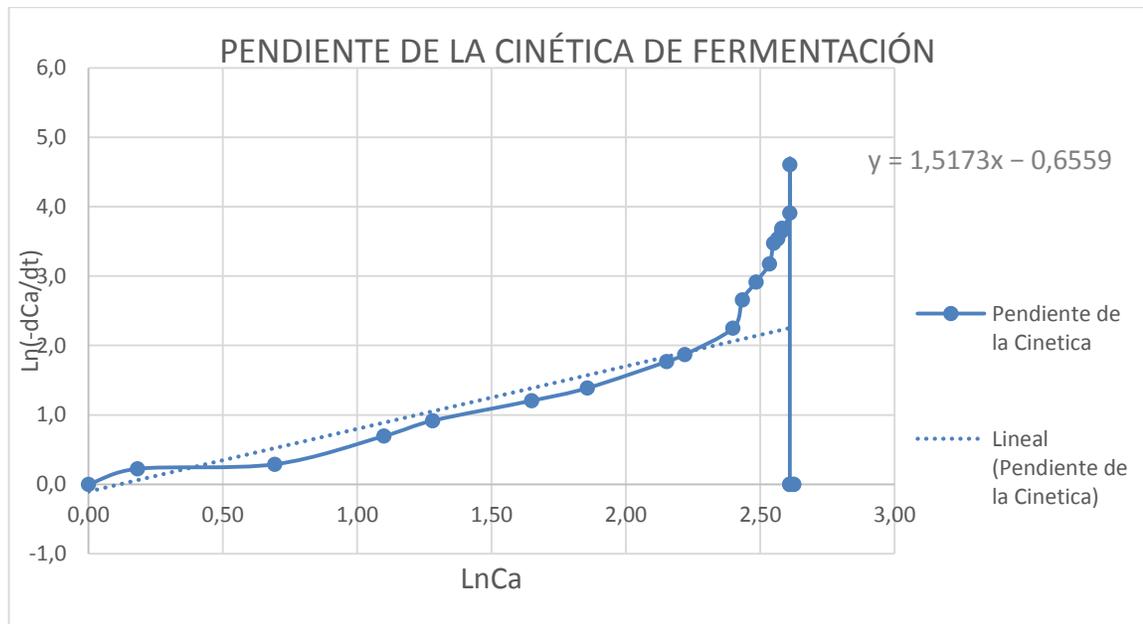
Ecuación III-7 Aproximación por diferencia hacia adelante

$$Y_2 = \frac{Y_0 - 4Y_1 + 3Y_2}{2h}$$

En ese sentido el modelo matemático llega a tener una serie de valores los cuales están reflejados en el ANEXO F

Ahora bien, para hallar el modelo que represente el comportamiento de la cinética de la fermentación, en base a los datos obtenidos en el ensayo, se procede a representar la siguiente gráfica:

**Gráfica III-1 Pendiente de la Cinética R4**



Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la Gráfica III-1 representa la pendiente de una vinificación en Blanco producto de una derivada la cual indica que los primeros puntos independientemente al tiempo la fermentación no dio inicio ya que este sufrió una maceración de tres días previos a la fermentación según indica el diseño factorial.

La pendiente de la cinética representa una fermentación lenta y completa el cual se mantuvo a temperaturas controladas en la cámara de frío.

La ecuación ajustada de acuerdo al modelo es la siguiente según (Levenspiel , 1987):

$$Vr = \left( -\frac{dCa}{dt} \right) = KCa^m$$

Linealizando se tiene que:

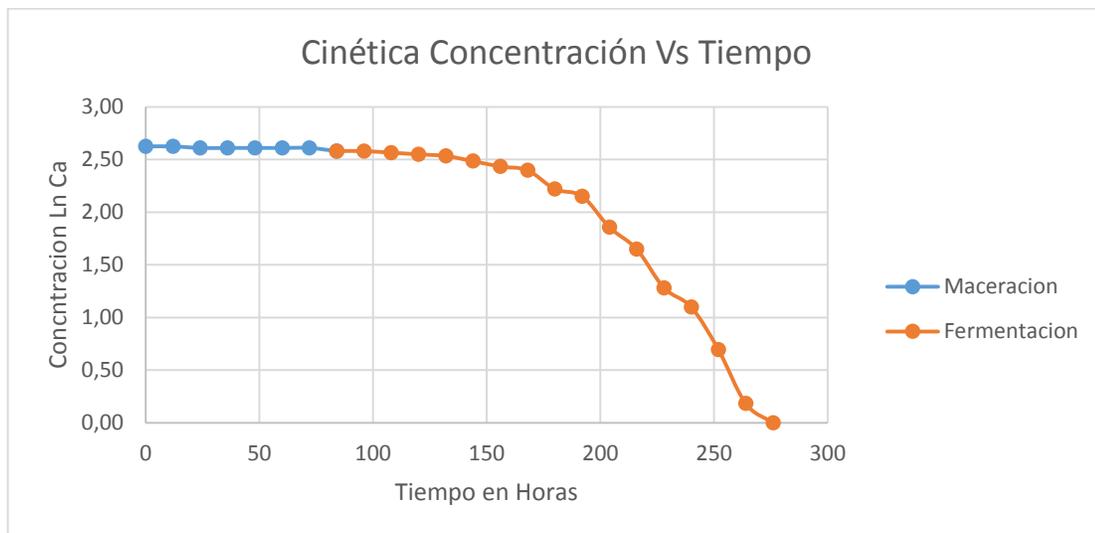
$$\ln \left( -\frac{dCa}{dt} \right) = \ln k + m * \ln(Ca)$$

$$Y = b + ax$$

$$Y = 1.5173x - 0.6559$$

Para una mejor explicación de la cinética se observa el siguiente cuadro el cual muestra una curva descendiente:

**Gráfica III-2 Cinética en función concentración vs tiempo de Fermentación**



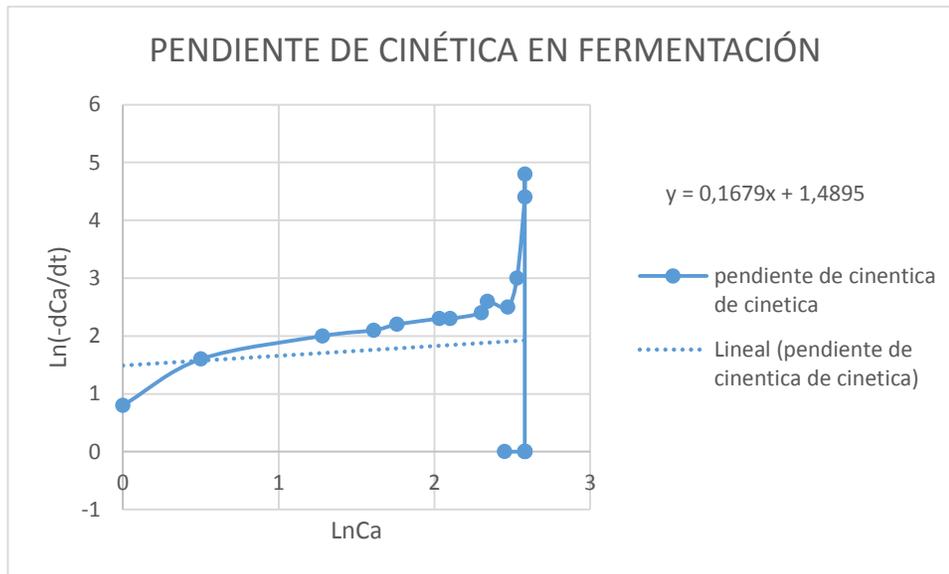
Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la Gráfica III-2 representa la curva de la cinética de fermentación en base al tiempo representado en horas, el cual se divide en dos tramos:

Maceración: la representación de la recta en Azul indica que el ensayo sufrió reposo las primeras 72 horas previas al inicio de fermentación en cámara de frío por lo cual el °Be tuvo un comportamiento constante.

Fermentación: continuando con el cuarto día, el ensayo se sometió a un incremento de temperatura a 20°C, para dar inicio a la fermentación el cual se observa que es una curva descendente y proporcional, hasta llegar a 0 °Be, y poder apreciar los primeros rasgos del vino base.

**Gráfica III-3 Pendiente de la Cinética R3**



Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la Gráfica III-3 representa la pendiente de una vinificación en Tinto producto de una derivada la cual indica que los primeros puntos independientemente al tiempo la fermentación no dio inicio ya que este sufrió una maceración de tres días previos a la fermentación según indica el diseño factorial.

La pendiente de la cinética representa una fermentación lenta, la cual se mantuvo a temperaturas controladas en la cámara de frío.

La ecuación ajustada de acuerdo al modelo es la siguiente según (Levenspiel , 1987):

$$Vr = \left( -\frac{dCa}{dt} \right) = KCa^m$$

Linealizando se tiene que:

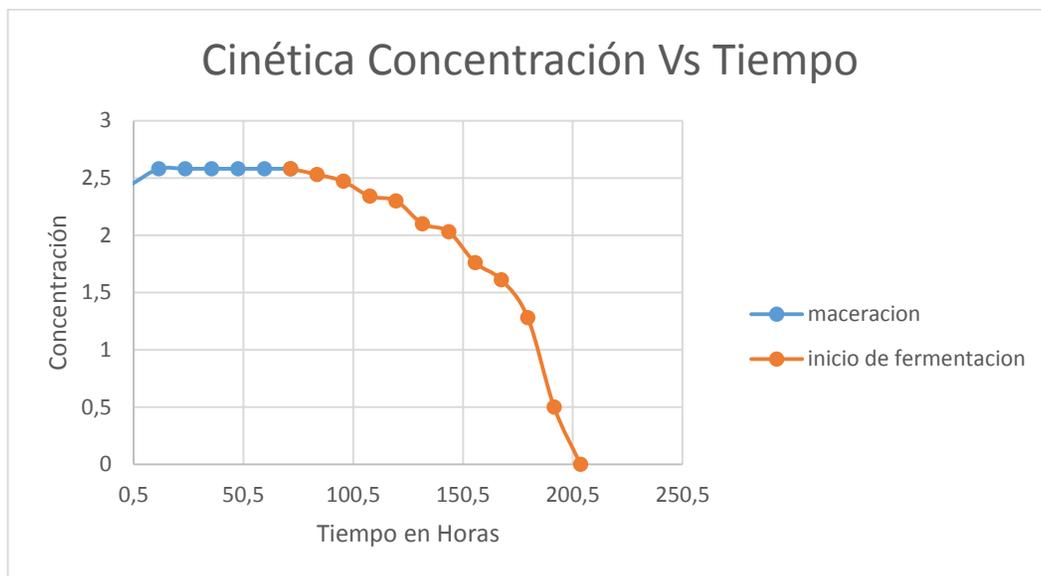
$$\ln\left(-\frac{dCa}{dt}\right) = \ln k + m * \ln(Ca)$$

$$Y = b + ax$$

$$Y = 0.1679x - 1.4895$$

Para una mejor explicación de la cinética se observa el siguiente cuadro el cual muestra una curva descendiente:

**Gráfica III-4 Cinética en función concentración vs tiempo de Fermentación**



Fuente: Elaboración propia, 2021.

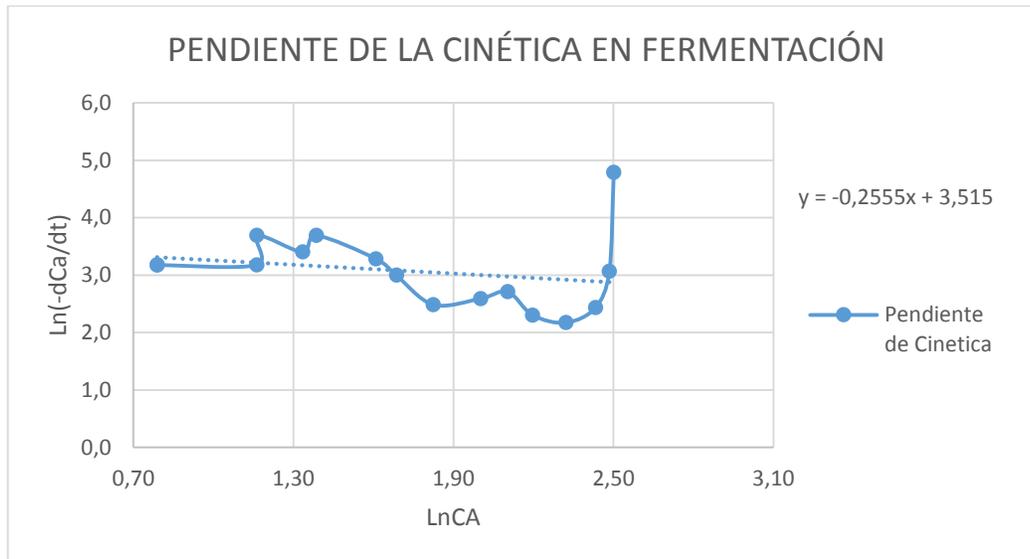
En la Gráfica III-4 Indica una curva cinética de fermentación en base al tiempo representado en horas, el cual se divide en dos tramos:

**Maceración:** la representación de la recta en Azul indica que el ensayo sufrió reposo las primeras 72 horas previas al inicio de fermentación en cámara de frío por lo cual el °Be tuvo un comportamiento constante.

**Fermentación:** continuando con el cuarto día, el ensayo se sometió a un incremento de temperatura a 20°C, para dar inicio a la fermentación el cual se observa que es una

curva descendente y proporcional, hasta llegar a 0 °Be, y poder apreciar los primeros rasgos del vino base.

**Gráfica III-5 Pendiente de la Cinética R2**



Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la Gráfica III-5 representa la pendiente de una Vinificación en Blanco, producto de una derivada la cual indica que fermentación arranco previo al prensado según indica el procedo de vinificación.

La pendiente de la cinética representa una fermentación moderada por la dispersión variante de los grados °Be, sin embargo, está pendiente se puede lograr linealizar con la ecuación posterior.

La ecuación ajustada de acuerdo al modelo es la siguiente según (Levenspiel , 1987):

$$Vr = \left( -\frac{dCa}{dt} \right) = KCa^m$$

Linealizando se tiene que:

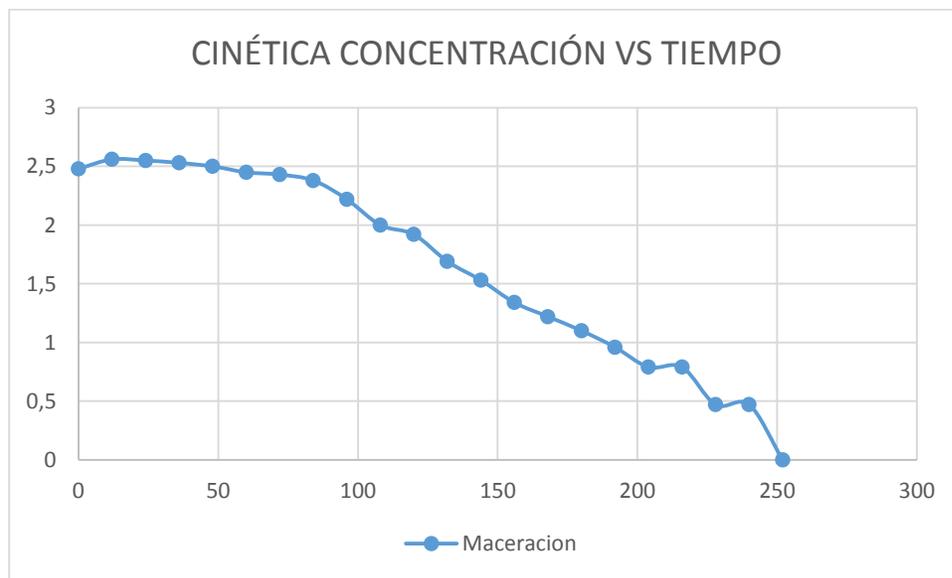
$$\ln\left(-\frac{dCa}{dt}\right) = \ln k + m * \ln(Ca)$$

$$Y = b + ax$$

$$Y = -0.2555 - 3.515$$

Para una mejor explicación de la cinética se observa el siguiente cuadro el cual muestra una curva descendente:

**Gráfica III-6 Cinética en función concentración vs tiempo de Fermentación**

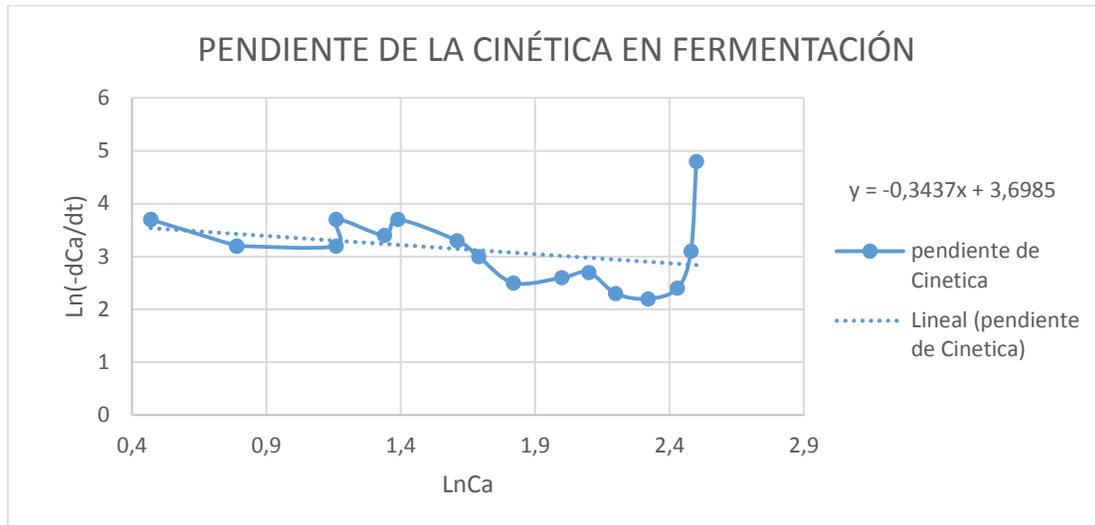


Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la Gráfica anterior representa la curva de la cinética de fermentación en base al tiempo representado en horas, el cual solo tiene un tramo:

Fermentación: esta inicia el proceso fermentativo posterior al prensado, para dar inicio a la fermentación el cual se observa que es una curva descendente y no tan proporcional finalizando la fermentación para llegar a 0 °Be, y poder apreciar los primeros rasgos de nuestro vino base.

Gráfica III-7 Pendiente de la Cinética R1



Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la Gráfica III-7 muestra una pendiente de la Vinificación en Tinto producto de una derivada, esta indica que la fermentación arrancó posterior a la molienda según el proceso.

La pendiente de cinética es una gráfica no lineal, por la velocidad proporcional de °Be, sin embargo, esta puede ser ajustada con la siguiente ecuación:

La ecuación ajustada de acuerdo al modelo es la siguiente según (Levenspiel , 1987):

$$Vr = \left( -\frac{dCa}{dt} \right) = KCa^m$$

Linealizando se tiene que:

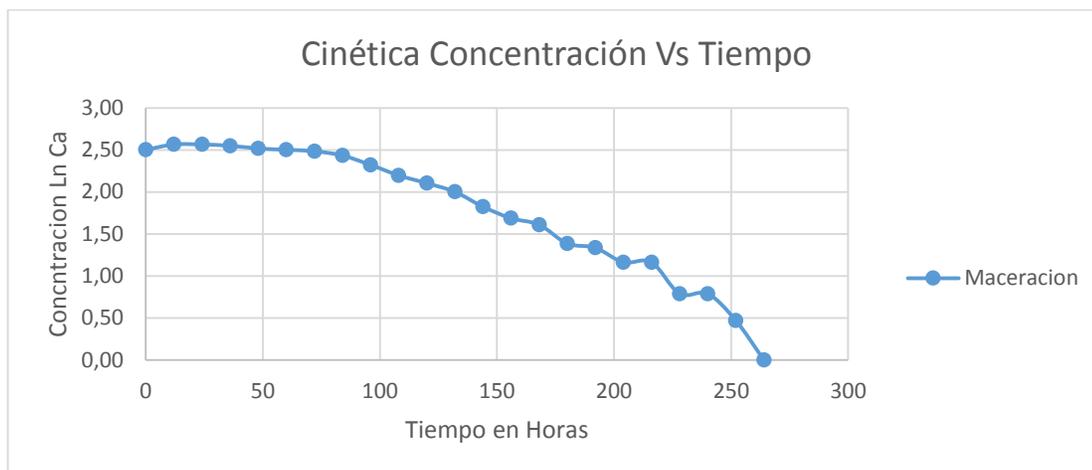
$$\ln \left( -\frac{dCa}{dt} \right) = \ln k + m * \ln(Ca)$$

$$Y = b + ax$$

$$Y = -0,3437 - 3,6985$$

Para una mejor explicación de la cinética se observa el siguiente cuadro el cual muestra una curva descendente:

**Gráfica III-8 Cinética en función concentración vs tiempo de Fermentación**



Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la Gráfica anterior representa la curva de la cinética de fermentación en base al tiempo representado en horas, el cual realiza un solo tramo:

Fermentación: este proceso indica que el ensayo posterior al prensado da inicio a la fermentación en el cual se observa que es una curva descendente y poco proporcional, hasta llegar a 0 °Be.

### 3.3. RESULTADOS DEL BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA

#### 3.3.1. Resumen del Balance de Materia

Asimismo, se presentan los resultados obtenidos del balance de materia en el proceso de la elaboración del Singani:

**Tabla III-12 Resumen del balance de materia**

N.º	ENTRADA (Kg)	PROCESO DE OPERACIÓN	SALIDA (Kg)
1	F1 = 80 Uva de la vendimia	Pesado y selección de la materia prima	F2=1 impurezas F3=79 uva seleccionada
2	F3 = 79 Kg Uva seleccionada	Despalillado y molienda	F4 = 2,96 raspón escobajo 3,75% F5 = 76,04 mosto de uva con orujo
3	F5 = 76,04 Kg mosto de uva con orujo	Fermentación	F6 = 3,92 Kg gas CO <sub>2</sub> 0,44% F7 = 72,12 mosto de uva para prensar
4	F7 = 72,12 Kg mosto de uva	Prensado	F8 = 13,12 orujo F9 = 59 mosto de uva prensado
5	F9 = 59 Kg mosto de uva para fermentar	Desborre	F10 = 3,04 Kg de Borrás 5,15% F11 = 55,96 Kg vino base
6	F11 = 55,96 Kg vino base F11=F12=55,96Kg Densidad=0,77g/l	Estabilización	F12 = 55,96 Kg de Vino Base
7	F12 = 72,67 Kg de Vino Base	Destilado	F13=1,45L F14=10,5L F15=53,5L F16=7,2L

Fuente: Elaboración propia, 2021.

#### 3.3.2. Resumen del Balance de Energía

A continuación, se presentan los resultados del balance de Energía obtenidos del proceso de la elaboración del Singani:

**Tabla III-13 Resumen del balance de energía**

N.º	ENTRDA	PROCESO DE OPERACIÓN	SALIDA
1	Masa de mosto 80Kg  $C_{p\text{mosto}}=0.8736$ [Kcal/Kg*°C]	Maceración	$Q_{\text{cedido del mosto}}=-3598,29$ KJ
2	Mosto de uva a fermentar	Fermentación alcohólica	$Q_{\text{Fermentación}}= 2207,48$ Kcal $Q_{\text{Fermentación}}= 2648,98$ Watt $Q_{\text{Evaporación}}=88,23$ Kcal $Q_{\text{Evaporación}}=105,87$ Watt $Q_T=1000$ Watt $Q_{\text{Acumulación}}= 3229,17$ Kcal $Q_{\text{Acumulación}}= 3754,85$ Watt
3	Vino base  $C_{p\text{vino base}}=0.9550$ $\frac{[\text{KCal}]}{[\text{Kg}^\circ\text{C}]}$	Estabilización del proceso de a 18°C	$Q_{\text{VinoBase}}=-152,67$ Kcal
4	Vino base	Destilación	$Q_{\text{SensibleRebolier}}= 938.934,72$ Kcal $Q_{\text{LatenteReboiler}}=25525,10$ $Q_{\text{LatenteCond}}=5948,63$ Kcal $Q_{\text{AbsCond}}=9100$ Kcal

Fuente: Elaboración propia, 2021.

### 3.4.RESULTADOS DEL RENDIMIENTO DEL PROCESO

Por otro lado, se presentan los rendimientos obtenidos mediante la ecuación II-3 en cada uno de los experimentos realizados.

**Tabla III-14 Rendimiento**

N.º EXP	RENDIMIENTO (%)
<b>R1</b>	9,12
<b>R2</b>	8,54
<b>R3</b>	9,18
<b>R4</b>	8,28

Fuente: Elaboración Propia, 2021

Los resultados de cada experimento que los procesos que presentaron mayores rendimientos fueron aquellos en los que se operó con una vinificación en Tinto siendo el experimento más óptimo el R3 tanto en el ensayo como en la réplica.

Por otro lado, los procesos que presentan los menores rendimientos en ambos casos, son los procesos R2 y R4; esto a consecuencia de que en estos experimentos se trabajó en una vinificación en Blanco.

### 3.5. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE EXPERIMENTOS

#### 3.5.1. Evaluación de los componentes volátiles.

El diseño factorial se realiza con el propósito de establecer si los factores de tiempo de maceración y tipo de vinificación en la fermentación las cuales tienen influencia en los componentes volátiles del proceso de elaboración del singani. En este sentido se selecciona un diseño  $2^2$  es decir, dos factores en dos niveles.

El software empleado es el IBM SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 21.0, mismo que permite un tratamiento integrado de todas las fases del análisis

de datos obteniendo de esta manera los resultados más significativos, permitiendo aceptar o rechazar la hipótesis establecida en el proyecto.

El análisis estadístico inicia con el desarrollo de la ANOVA basado en los 8 datos de las interacciones tipo de vinificación y tiempo de maceración, introducidos al sistema, tomando como variable dependiente la sumatoria de los componentes volátiles de cada ensayo, es decir Esteres, Alcohol superior, Aldehído y Furfural; obtenido para cada ensayo y réplica.

**Tabla III-15 Análisis de Varianza del producto**

Variable dependiente: CantidadCompuestosVolatiles

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	610887,344 <sup>a</sup>	3	203629,115	133,964	,000
Intersección	7485547,781	1	7485547,781	4924,601	,000
TiempoMaceracion	541580,281	1	541580,281	356,295	,000
TipoVinificacion	37743,781	1	37743,781	24,831	,008
TiempoMaceracion * TipoVinificacion	31563,281	1	31563,281	20,765	,010
Error	6080,125	4	1520,031		
Total	8102515,250	8			
Total corregido	616967,469	7			

a. R al cuadrado = ,990 (R al cuadrado ajustada = ,983)

Fuente: (Elaboración Propia en base a Resultados Obtenidos de SPSS, 2021)

El análisis de varianza anterior muestra el valor F calculado de cada factor, la manera de conocer si estos factores son significativos sobre los componentes Volátiles, es verificando las colas de significación las cuales se puede observar que es menor al alfa 0.05.

**Tabla III-16 Regresión Lineal**

ANOVA <sup>a</sup>						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	579324,062	2	289662,031	38,474	,001 <sup>b</sup>
	Residuo	37643,406	5	7528,681		
	Total	616967,469	7			

a. Variable dependiente: CantidadCompuestosVolatiles  
b. Predictores: (Constante), TipoVinificacion, TiempoMaceracion

Fuente: (Elaboración Propia en base a Resultados Obtenidos de SPSS, 2021)

De acuerdo a la Tabla III-16 el valor de  $F = 38.474$  el cual, al cumplir con la condición menor que el alfa 0.05. Rechaza la hipótesis  $H_0$  concluyendo que la dependencia lineal de los compuestos volátiles respecto a los efectos independientes es significativa. Ahora bien, para precisar el modelo respectivo se hace uso de los coeficientes de la tabla siguiente:

**Tabla III-17 Coeficientes Estandarizados**

		Coeficientes <sup>a</sup>						
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		95,0% intervalo de confianza para B		
		B	Desv. Error	Beta	t	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	(Constante)	79,487	,612		129,925	,000	78,267	80,706
	TiempoMaceracion	10,303	,612	,876	16,840	,000	9,083	11,522
	TipoVinificacion	1,566	,612	,133	2,559	,013	,346	2,785
	TipodeVinificacionTiempoMaceracion	1,645	,612	,140	2,688	,009	,425	2,864

a. Variable dependiente: VariableRespuesta

Fuente: (Elaboración Propia en base a Resultados Obtenidos de SPSS, 2021)

Los resultados de la Tabla III-171 establecen los coeficientes de los efectos en el modelo; sin embargo, la cola de significación de los factores Maceración y el tipo de Vinificación son menores a 0,025 por lo que el modelo resulta en:

### Ecuación del Modelo lineal para diseño experimental

$$\text{Compuestos Volatiles} = 79.487 + 10.3033 * \text{Tiempo de Maceración}$$

$$79.487 + 1.566 * \text{Tipo de vinificación}$$

Finalmente se analiza los factores de correlación y determinación obtenidos:

**Tabla III-18 Resumen del Modelo**

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,969 <sup>a</sup>	,939	,915	86,76797

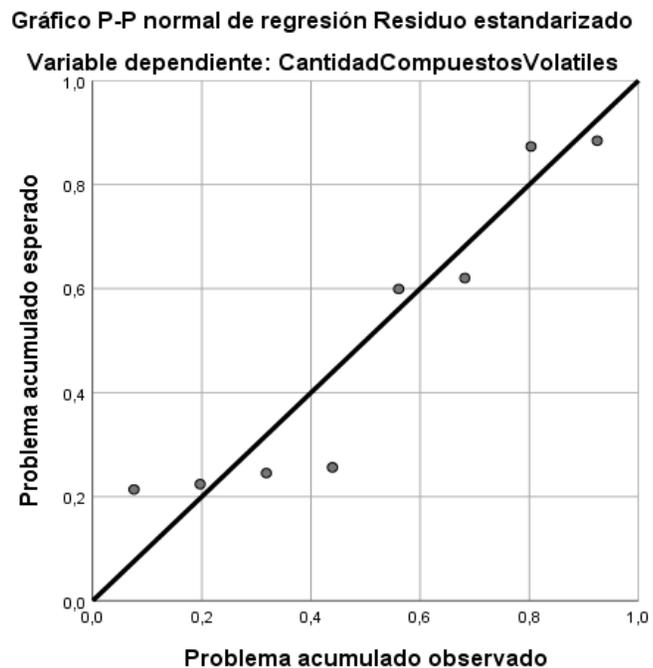
a. Predictores: (Constante), TipoVinificacion, TiempoMaceracion

b. Variable dependiente: CantidadCompuestosVolatiles

Fuente: (Elaboración Propia en base a Resultados Obtenidos de SPSS, 2021)

Como se puede observar el coeficiente de Pearson señala un alto grado de correlación lineal entre las variables dependientes e independientes. Mientras que, el coeficiente de determinación indica que la variabilidad del rendimiento del proceso del singani, queda explicado en un 93.9 %

La representación gráfica de los valores del rendimiento observado y el rendimiento generado por el modelo se muestra a continuación:

**Gráfica III-9 Resultado de los componentes Volátiles**

Fuente: (Elaboración Propia en base a Resultados Obtenidos de SPSS, 2021)

A continuación, se presenta los valores ajustados y el error entre los valores del rendimiento observado respecto a los valores del rendimiento generado:

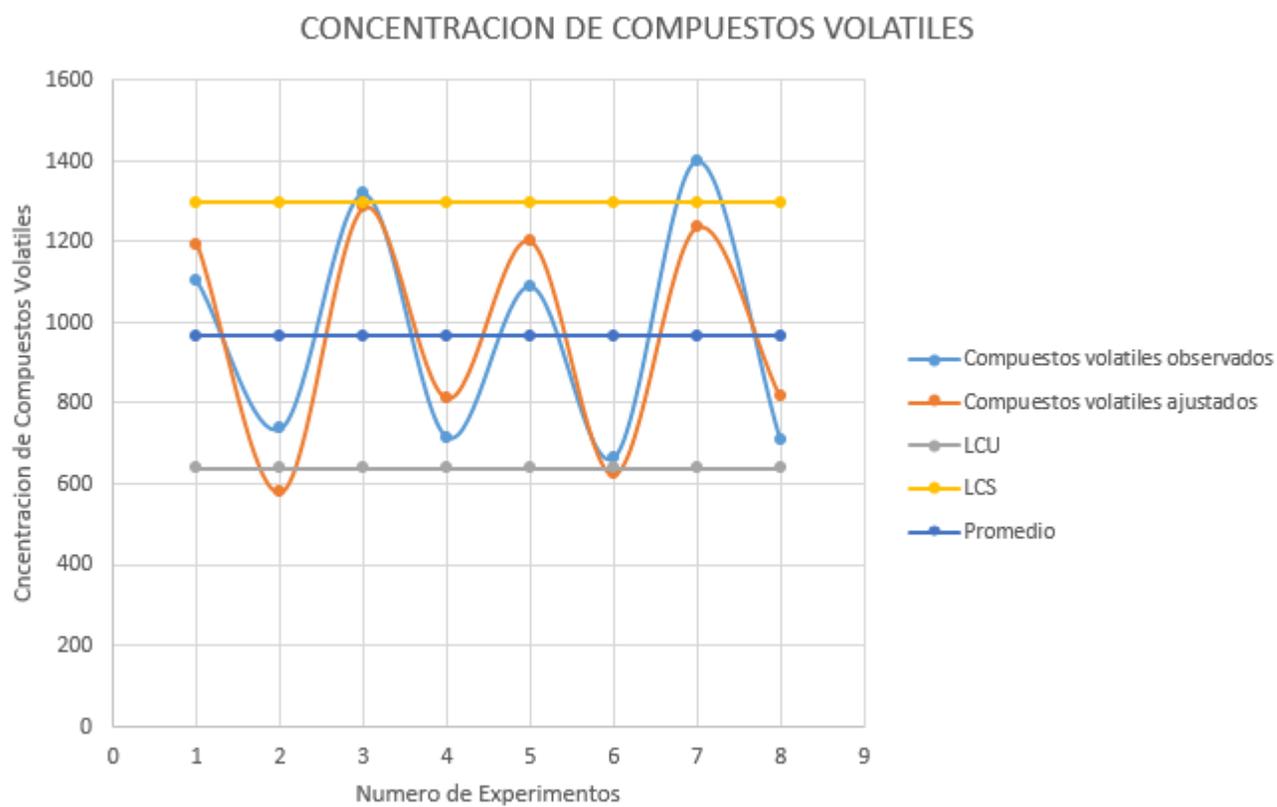
**Tabla III-19 Compuestos Volátiles observados y ajustados en ANOVA SPSS**

Número de experimentos	Compuestos volátiles observados	Compuestos volátiles ajustados	LCU	LCS	Promedio
<b>1</b>	1102	1192,9	638,43	1296,18	967,31
<b>2</b>	737,5	579	638,43	1296,18	967,31
<b>3</b>	1318	1283,1	638,43	1296,18	967,31
<b>4</b>	716	811,7	638,43	1296,18	967,31
<b>5</b>	1090	1200,1	638,43	1296,18	967,31
<b>6</b>	665	622,5	638,43	1296,18	967,31
<b>7</b>	1400	1233,9	638,43	1296,18	967,31
<b>8</b>	710	815,3	638,43	1296,18	967,31

Fuente: Elaboración propia, 2021.

La tabla III-19 hace una referencia de los compuestos volátiles observados en laboratorio y un ajuste del mismo que realiza el modelo en el programa SPSS

En el siguiente cuadro se ve un reflejo de los datos observados y los datos ajustados representado entre su LCS, LCU y el promedio.

**Gráfica III-10 Ajustes de la concentración de compuestos Volátiles**

Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Gráfica III-11 Margen de Error**

Fuente: Elaboración propia, 2021.

### 3.5.2. Análisis en la ficha de degustación

Los resultados obtenidos a partir de las encuestas se procesaron en el software SPSS, según el atributo calificado; en donde se realizó la prueba de comparaciones múltiples con el fin de aceptar o rechazar la hipótesis nula  $H_0$ :

De esta manera siguiendo el procedimiento ya explicado se ajustaron cada uno de los valores de cada uno de los valores de las muestras ya analizadas.

#### 3.5.2.1. Atributo sabor

**Tabla III-20 ANOVA del atributo Sabor**

ANOVA					
Sabor	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1089,000	3	363,000	32,140	,000
Dentro de grupos	406,600	36	11,294		
Total	1495,600	39			

Fuente: (Elaboración Propia en base a Resultados Obtenidos de SPSS, 2021)

Como la cola de significación  $0,000 < 0,05$  se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias aceptando la hipótesis alterna que indica que existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las cuatro muestras del singani a un nivel del 95% de confianza.

**Tabla III-21 Estadísticos descriptivos del atributo Sabor**

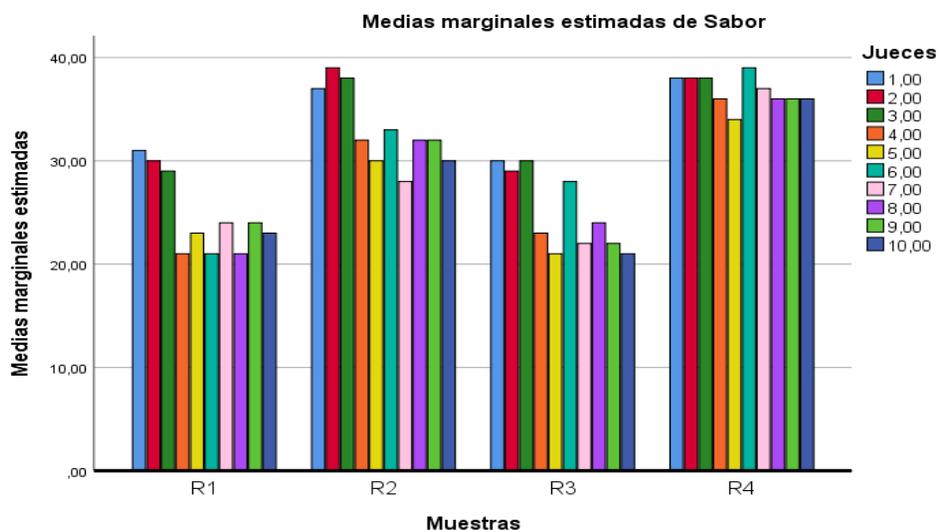
**Descriptivos**

Sabor		N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo	Varianza entre-componente
						Límite inferior	Límite superior			
1,00		10	24,7000	3,86005	1,22066	21,9387	27,4613	21,00	31,00	
2,00		10	33,1000	3,69534	1,16857	30,4565	35,7435	28,00	39,00	
3,00		10	25,0000	3,80058	1,20185	22,2812	27,7188	21,00	30,00	
4,00		10	36,8000	1,47573	,46667	35,7443	37,8557	34,00	39,00	
Total		40	29,9000	6,19263	,97914	27,9195	31,8805	21,00	39,00	
Modelo	Efectos fijos			3,36072	,53138	28,8223	30,9777			
	Efectos aleatorios				3,01247	20,3130	39,4870			35,17056

Fuente: (Elaboración Propia en base a Resultados Obtenidos de SPSS, 2021)

Se observa en las medias del cuadro las muestras R2=33.1 y R4=36.8 presentan una mayor aceptación que el resto de las muestras; esto es debido a que algunos jueces captan un sabor más agradable a su paladar, mientras que las otras muestras no llegaron a satisfacer dicho requerimiento.

Gráfica III-12 Análisis de medias para el atributo Sabor



Fuente: (Elaboración Propia en base a Resultados Obtenidos de SPSS, 2021)

### 3.5.2.2. Atributo Aroma

**Tabla III- 22 ANOVA Atributo Aroma**

**ANOVA**

Aroma					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	625,675	3	208,558	29,317	,000
Dentro de grupos	256,100	36	7,114		
Total	881,775	39			

Fuente: (Elaboración Propia en base a Resultados Obtenidos de SPSS, 2021)

Como la cola de significación  $0,000 < 0,05$  se rechaza la hipótesis de igualdad de medias aceptando la hipótesis alterna que indica que existe al menos una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las cuatro muestras del singani a un nivel del 95% de confianza.

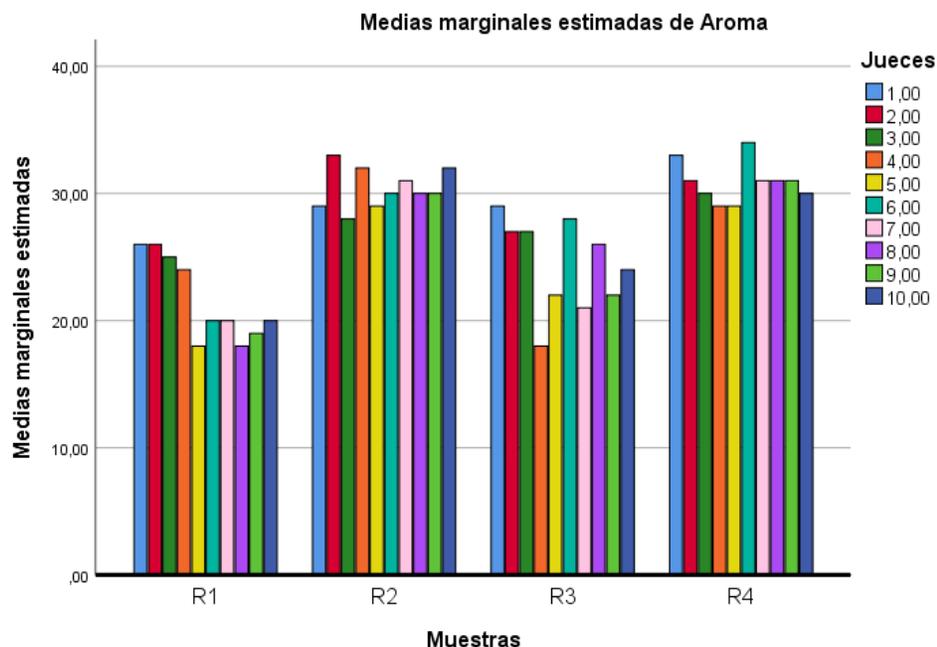
**Tabla III-23 Estadísticos descriptivos del atributo Aroma**

		Descriptivos								
Aroma		N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo	Varianza entre-componente
						Límite inferior	Límite superior			
1,00		10	21,6000	3,27278	1,03494	19,2588	23,9412	18,00	26,00	
2,00		10	30,4000	1,57762	,49889	29,2714	31,5286	28,00	33,00	
3,00		10	24,4000	3,56526	1,12744	21,8496	26,9504	18,00	29,00	
4,00		10	30,9000	1,59513	,50442	29,7589	32,0411	29,00	34,00	
Total		40	26,8250	4,75496	,75182	25,3043	28,3457	18,00	34,00	
Modelo	Efectos fijos			2,66719	,42172	25,9697	27,6803			
	Efectos aleatorios				2,28341	19,5582	34,0918			20,14444

Fuente: (Elaboración Propia en base a Resultados Obtenidos de SPSS, 2021)

Se observa en las medias del cuadro las muestras R2=30.4 y R4=30.9 presentan una mayor aceptación que el resto de las muestras; esto es debido a que algunos jueces captan un Aroma más agradable a su paladar, mientras que las otras muestras no llegaron a satisfacer dicho requerimiento.

**Gráfica III-13 Análisis de medias para el atributo Aroma**



Fuente: (Elaboración Propia en base a Resultados Obtenidos de SPSS, 2021)

### 3.5.2.3. Atributo Visual

**Tabla III-24 ANOVA Atributo Color**

<b>ANOVA</b>					
Visual	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,000	3	,000	.	.
Dentro de grupos	,000	36	,000		
Total	,000	39			

Fuente: (Elaboración Propia en base a Resultados Obtenidos de SPSS, 2021)

En este caso no existe cola de significación ya que el detalle de este análisis es que el valor es el mismo entre las medias de las cuatro muestras del singani a un nivel del 95% de confianza.

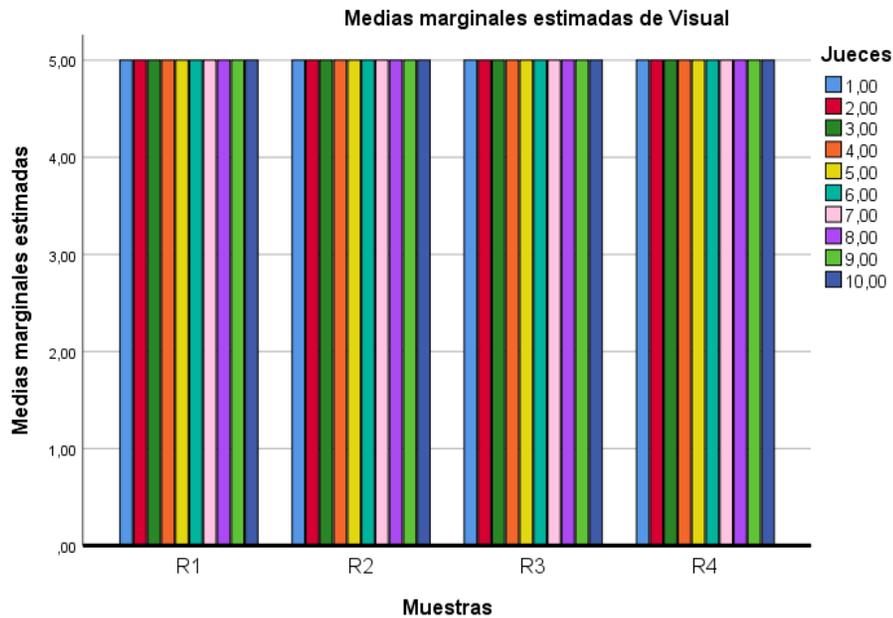
**Tabla III-25 Estadísticos descriptivos del atributo Color**

<b>Descriptivos</b>								
Visual	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1,00	10	5,0000	,00000	,00000	5,0000	5,0000	5,00	5,00
2,00	10	5,0000	,00000	,00000	5,0000	5,0000	5,00	5,00
3,00	10	5,0000	,00000	,00000	5,0000	5,0000	5,00	5,00
4,00	10	5,0000	,00000	,00000	5,0000	5,0000	5,00	5,00
Total	40	5,0000	,00000	,00000	5,0000	5,0000	5,00	5,00

Fuente: (Elaboración Propia en base a Resultados Obtenidos de SPSS, 2021)

Se observa en las medias del cuadro las muestras indican una igualdad entre todas las muestras; esto es debido a que todos los jueces captan un una visualización limpia y clara de las muestras.

Gráfica III-14 Análisis de Media para el atributo Color



Fuente: (Elaboración Propia en base a Resultados Obtenidos de SPSS, 2021)

#### 3.5.2.4. Apreciación total

**Tabla III-26 ANOVA APRECIACION GLOBAL**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	123,075	3	41,025	30,578	,000
Dentro de grupos	48,300	36	1,342		
Total	171,375	39			

Fuente: (Elaboración Propia en base a Resultados Obtenidos de SPSS, 2021)

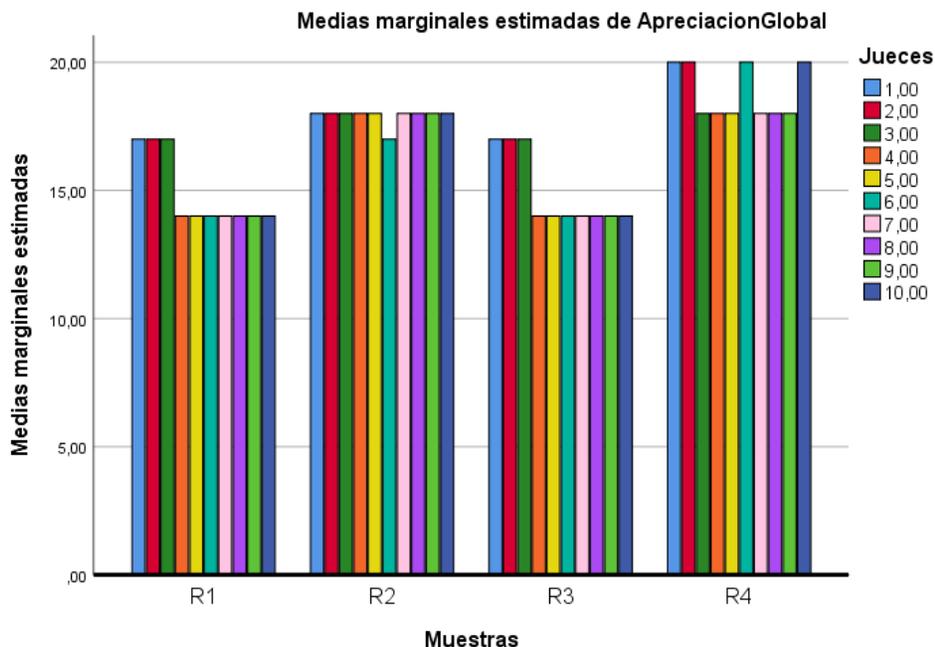
Como la cola de significación  $0,000 < 0,05$  se rechaza la hipótesis de igualdad de medias aceptando la hipótesis alterna que indica que existe al menos una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las cuatro muestras del singani a un nivel del 95% de confianza.

**Tabla III-27 Estadísticos descriptivos de la Apreciación Global**

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo	Varianza entre-componente
					Límite inferior	Límite superior			
1,00	10	14,9000	1,44914	,45826	13,8633	15,9367	14,00	17,00	
2,00	10	17,9000	,31623	,10000	17,6738	18,1262	17,00	18,00	
3,00	10	14,9000	1,44914	,45826	13,8633	15,9367	14,00	17,00	
4,00	10	18,8000	1,03280	,32660	18,0612	19,5388	18,00	20,00	
Total	40	16,6250	2,09624	,33144	15,9546	17,2954	14,00	20,00	
Modelo	Efectos fijos		1,15830	,18314	16,2536	16,9964			
	Efectos aleatorios			1,01273	13,4020	19,8480			3,96833

Fuente: (Elaboración Propia en base a Resultados Obtenidos de SPSS, 2021)

Se observa en las medias del cuadro las muestras R2=17.9 y R4=18.8 presentan una mayor aceptación que el resto de las muestras a las otras dos muestras.

**Gráfica III-15 Análisis de atributo**

Fuente: (Elaboración Propia en base a Resultados Obtenidos de SPSS, 2021)

### 3.5.3. Aceptación General

Para determinar cuál de las muestras de singani obtenidas es la más aceptable en todos los atributos asignados, se plantea una ponderación de acuerdo importancia de los atributos:

**Tabla III-28 Ponderación para cada atributo del análisis sensorial del Singani**

ATRIBUTO	PONDERACIÓN
<b>Color</b>	10 %
<b>Olor</b>	45 %
<b>Sabor</b>	45 %
<b>TOTAL</b>	100 %

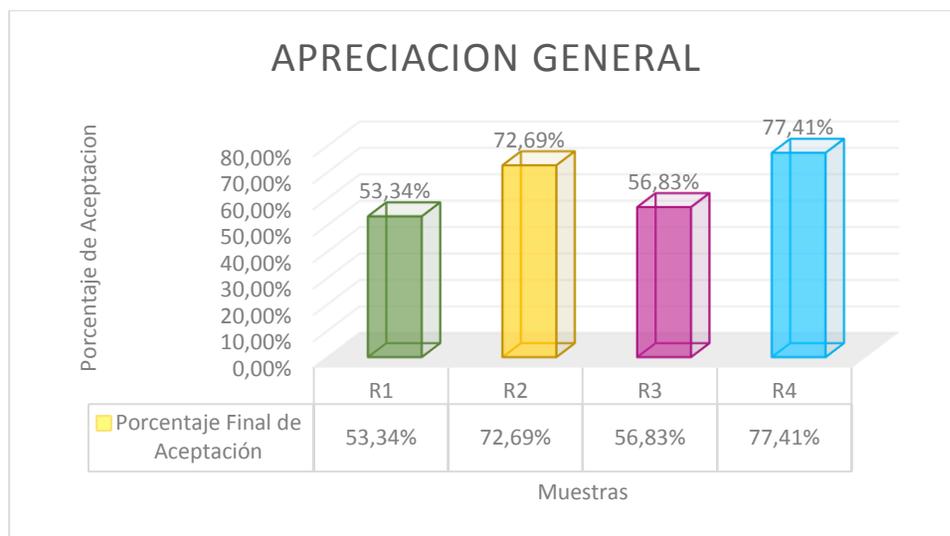
Fuente: Elaboración Propia, 2021

Seguidamente, se procede a calcular los nuevos valores de aceptabilidad de cada atributo respecto a la ponderación asignada en base a las medias obtenidas en los apartados anteriores:

**Tabla III-29 Datos Resultados de la ficha de degustación**

Muestra	Color 10%	Aroma 45%	Sabor 45%	Puntuación Total	Puntuación a 5 puntos	Porcentaje Final de Aceptación
<b>R1</b>	0,5	9,72	11,11	21,33	10,66	53,34%
<b>R2</b>	0,5	13,68	14,89	29,07	14,53	72,69%
<b>R3</b>	0,5	10,98	11,25	22,73	11,36	56,83%
<b>R4</b>	0,5	13,91	16,56	30,96	15,48	77,41%
<b>Promedio</b>	0,5	12,07	13,45	22,03	13,013	65,07%

Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Gráfica III-16 Apreciación General de la ficha de degustación**

Fuente: Elaboración propia, 2021.

### 3.6. DETERMINACIÓN DEL EXPERIMENTO MÁS ÓPTIMO

Para determinar cuál de los procesos realizados en el proyecto de investigación da como resultado el singani de mayor calidad se deben tomar en cuenta los siguientes factores de importancia.

**Tabla III-30 Ponderación para determinación de la calidad del Singani**

FACTORES DE IMPORTANCIA	PONDERACIÓN
<b>Componente Volátiles</b>	20 %
<b>Rendimiento</b>	20 %
<b>Aceptación Organoléptica</b>	60 %
<b>TOTAL</b>	100 %

Fuente: Elaboración Propia, 2021

Se considera al factor más importante a la Aceptación Organoléptica debido a que este es un factor primordial para que esta bebida sea de Calidad y de aceptación en la sociedad.

Es así como a partir de los resultados obtenidos en las tablas III-14, III-19 y III-33 se calcula el porcentaje de calidad de cada singani en cada experimento de acuerdo a la ponderación de los factores de importancia:

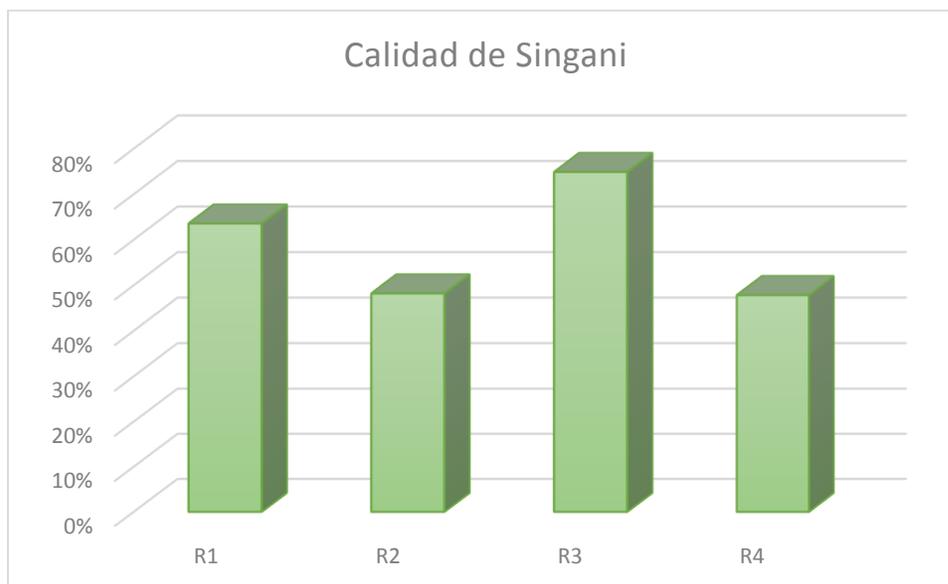
**Tabla III-31 Resultados del porcentaje de calidad de Singani obtenidas en cada experimento**

N° Exp	Componentes Volátiles (20%)	Rendimiento (20%)	Aceptabilidad Sensorial (60 %)	TOTAL	Porcentaje
<b>R1</b>	220,4	1,82	32,00	254,22	64%
<b>R2</b>	147,5	1,71	43,61	192,82	48%
<b>R3</b>	263,6	1,834	34,09	299,53	75%
<b>R4</b>	143,2	1,66	46,44	191,30	48%

Fuente: Elaboración Propia, 2021

Los resultados anteriores se plasman en la siguiente figura:

**Gráfica III-17 Resultados del porcentaje de calidad de los singanis obtenidos en cada experimento**



Fuente: Elaboración propia, 2021.

### 3.7. Costos de la investigación

Los costos hipotéticos del proyecto de investigación son los siguientes:

#### 3.7.1. Costos por Análisis

Los costos por análisis son todos aquellos que implican determinaciones en laboratorio:

**Tabla III-32 Costos de Análisis de Laboratorio**

N.º	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	COSTO (Bs.)
<b>1</b>	Análisis de materia prima con descuento 70% en el CEANID	Muestras	61,5	4	246
<b>2</b>	Análisis del producto En CEVITA	Muestras	195,67	12	2.348
<b>3</b>	Análisis de agua con descuento 70% en el CEANID	Muestras	18,5	4	73
					<b>2.667</b>

Fuente: Elaboración propia, 2021.

### 3.7.2. Costos de material bibliográfica y de escritorio

Todos los materiales concernientes al apoyo didáctico.

**Tabla III-33 Costos de material bibliográfica y de escritorio**

N°	Descripción	unidades	PRECIO UNITARIO (bs)	CANTIDAD	COSTO (Bs.)
1	Adquisición de libros	u.	-	-	-
2	Internet	Horas	30	2	60
3	Fotocopias	Hojas	0,30	500	150
4	Adquisición de hojas bon	Hojas	0,1	2000	200
5	Impresión color por hoja	Hojas	1,0	500	500
6	Material de escritorio	-	-	-	50
7	Empastado	u.	50	4	200
					<b>1.160</b>

Fuente: Elaboración propia, 2021.

### 3.7.3. Costos de material utilizado para la elaboración del producto

**Tabla III-34 Material utilizado**

N°	Descripción	Unidades	PRECIO UNITARIO (Bs.)	CANTIDAD	COSTO (Bs.)
<b>1</b>	Materia prima	Kg	-	-	-
<b>2</b>	Valdés fermentadores	pza.	100	4	400
<b>3</b>	Mostímetro	pza.	360	1	360
<b>4</b>	Termómetro	pza.	50	1	50
<b>5</b>	Probeta	Pza.	50	1	50
	Total				<b>860</b>

Fuente: Elaboración propia, 2021.

### 3.7.4. Costo total de investigación del proyecto

**Tabla III-35 Costos Total del Estudio**

COSTOS	valor aproximado en (Bs)
<b>Costo por Análisis</b>	2.667
<b>Costos de material bibliográfica y de escritorio</b>	1.160
<b>Costo de material para la elaboración de mi producto</b>	860
<b>Total</b>	<b>4.687</b>

Fuente: Elaboración propia, 2021.

**CAPÍTULO IV**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### 4.1. CONCLUSIONES

Después de haber realizado el trabajo de investigación, de Evaluación del singani con dos métodos de vinificación a partir de la uva moscatel de Alejandría en el departamento de Tarija, se puede concluir los siguientes puntos:

1. En la caracterización de la materia prima es necesario tener unos de los parámetros imprescindibles para dar inicio a la fermentación de los dos tipos de vinificación del cual se identifica: R1=13 °Be, R2=13 °Be, R3=13,2 °Be, R4=13,8 °Be.
2. Como resultado de los experimentos según el diseño factorial en el proceso de vinificación analizados con el programa **IBM SPSS Statistics 21.0**, la interacción más óptima que cumple requisitos de **Evaluación sensorial, Concentración de compuestos volátiles, y además rendimiento** es: Resultado R3 que pertenece a la vinificación en tinto, maceración en frío.
3. Mediante los resultados fisicoquímicos de acuerdo a las normas bolivianas NB 312004:2015 todos los experimentos están dentro de norma, sin embargo, cabe resaltar que según la variable respuesta del diseño factorial, la interacción más óptima para la **Concentración de Compuestos Volátiles** fueron los ensayos de vinificación en tinto y sin maceración en frío Resultado R1 y Resultado R3.
4. En la evaluación sensorial realizados por 10 jueces expertos en el área, se determinó las características por atributos **olor, sabor y color** de cada ensayo mediante un análisis estadístico método de Turkey, la interacción más aceptable fue **Resultado R4** el cual presenta una vinificación en blanco y maceración en frío.
5. Es necesario concluir que el balance de materia es diferente para cada tipo de vinificación, determinando que:

- a. La vinificación en Blanco es un proceso en el cual se requiere de mayor energía y el rendimiento es menor por el uso del prensado previo a fermentación, el cual se puede justificar por la no degradación del orujo.
  - b. La vinificación en Tinto es un proceso que requiere menor energía y resulta un rendimiento mayor porque el prensado se realiza posterior a fermentación cuando el orujo está totalmente degradado.
6. Se logró determinar que en el proceso Tecnológico del Singani el rendimiento más favorable puede llegar a un 9.18 % de la interacción Vinificación en tinto y sin maceración, la cual es la forma tradicional que realizan las bodegas artesanales en el departamento de Tarija.
  7. Se determinó que el costo total del proyecto de investigación fue de Bs. 4.687.

#### **4.2. RECOMENDACIONES**

Realizadas las conclusiones cabe mencionar algunas recomendaciones

1. Se recomienda dos tipos de singanis:
  - a) Un singani con un aroma y gusto aterciopelado suave de una vinificación en Blanco.
  - b) Un singani con un aroma un poco fuerte, agresivo el cual lleva una vinificación en Tinto.
2. Se recomienda realizar un estudio de costos para un singani realizado en vinificación en Blanco y con Maceración en frío determinando el impacto en el mercado consumidor.
3. Se recomienda promover investigaciones acerca de la presencia del tipo de terpenos, esterés y aldehídos dentro de los compuestos volátiles.
4. Se recomienda realizar trabajos de investigación para el aprovechamiento de los subproductos de la elaboración del singani, como los hollejos en proceso de molienda, las borras en el vino base y los sub productos del destilado como la cabeza y cola en el mismo.

## Referencias Bibliográficas

- Acuña, R., Aguirre, C., Ibáñez, M., & Rocabado, E. y. (2014). Generar una experiencia aplicando tecnología e innovación para la producción del singani . Chuquisaca.
- Administrador. (2007). Fundamentos y principios de Destilacion. 9.
- Aguirre Ulloa, G. (2015). Panorama Vitivinicola de Bolivia. Panorama Vitivinicola de Bolivia, 36.
- Antelo, E. (2007). Construcción de ventajas competitivas en Bolivia. Las cadenas productivas de soya; quinua; uvas, vinos y singanis; maderas; cueros; textiles y confecciones. Bolivia: CAF.
- Arias Lopez, C. O. (17 de Septiembre de 2017). <https://sites.google.com/site/jusstflowss/destilacion/clasificacion-de-destilacion>. Obtenido de Just Flows: <https://sites.google.com/site/jusstflowss/destilacion/clasificacion-de-destilacion>
- Asencios, E. (2007). Influencia de la fermentación con levaduras nativas y comerciales en las características del Pisco de Uvina o Jacquez (*Vitis aestivalis-cinerea* x *Vitis vinífera*) del Valle de Lunahuaná.
- Azucena, L. (2005). Determinación de metanol en bebidas alcohólicas fermentadas tradicionales y populares de mayor consumo en dos regiones de la república de Guatemala por cromatografía de gases. Tesis para Optar al Título de Ingeniera Química farmacéutica Universidad de Sa.
- Carpenter, R., Lyon, D., & Hasdell, T. (2000). Análisis sensorial en el desarrollo y control de la calidad de alimentos. Recuperado el 20 de diciembre de 2020, de Análisis sensorial en el desarrollo y control de la calidad de alimentos: [https://es.wikibooks.org/wiki/An%C3%A1lisis\\_Sensorial\\_de\\_Alimentos](https://es.wikibooks.org/wiki/An%C3%A1lisis_Sensorial_de_Alimentos)

- Carvajal-Larenas, F., Linnemann, A., & Nout, M. J. (2016). *Lupinus mutabilis: Composition, Uses, Toxicology, and Debittering. Critical Reviews in Food Science and Nutrition.*
- Castellan, G. (1987). *Fisicoquimica.* Massachusetts: Publishing Company.
- Centro de informacion empresarial y planificacion estrategica. (2008). *Censo de Bodegas y Destilerias en los valles de Tarija y de los Cintis, 2008.* Tarija: CIEPLANE.
- Colombie, S., Malherbe, S., & Sablayrolles, J. M. (2006). *Modeling of heat transfer in tanks during wine-making fermentation.* Francia: Elsevier Ltd.
- Domenech, A. (2006). *Influencia de la maceración de orujos y corte de cabeza en el contenido de terpenos en Piscos de la variedad Italia (Vitis vinífera L. vari. Italia).* Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Lima, Perú.
- FAUTAPO. (2006). *Procesos de Vinificación para el Sector de Bodegas Artesanales, pequeñas y Medianas Bodegas de los Valles del Sur de Bolivia.* Tarija: Fautapo.
- FAUTAPO. (2006). *Procesos de Vinificación para el Sector de Bodegas Artesanales, pequeñas y Medianas Bodegas de los Valles del Sur de Bolivia.* Tarija.
- Fautapo. (2010). *Elaboracion de Singani.* Tarija.
- FAUTAPO. (2012). *Estudio Socioeconomico de la cadena Uvas, Vinos y singanis.* Tarija: Fautapo.
- Galagovsky Kurman, L. (2002). *Quimica organica.*
- Gonzalo, R. (2015). *La Vid y el Vino.* Chile: Universidad Diego Portales.
- Grimalt Tró, M. d. (2015). *Seguimiento Fenologico de la variedad de uva Moscatel.* España.

- Gutierrez Pullido, H. (2008). Analisis y diseño de Experimento. Mexico: Lorena Campa Rojas.
- H. Cáceres, \*, Quisp1, P., Pignataro, D., Orjeda, G., & Lacombe, T. (2017). Caracterización morfológica de variedades de vid para producción de Pisco bajo condiciones de la zona media del valle de Ica, Perú. Ica.
- Hatta, B. (2016). INFLUENCIA DE LA PRESENCIA DE BORRAS DURANTE EL TIEMPO DE REPOSO DEL VINO BASE SOBRE ALGUNOS COMPUESTOS VOLÁTILES DEL PISCO PERUANO DE UVA ITALIA . Lima.
- Hatta, Beatriz. (2004). Influencia de la fermentación con orujos en los componentes volátiles del pisco de uva Italia. Lima.
- Hatta, Beatriz. (2004). Influencia de la fermentación con orujos en los componentes volátiles del pisco de uva Italia. Lima.
- HEATCRAFT DO BRASIL. (s.f.). N° ASHRAE del gas:R22.
- Herbario Universitario T.B. (2021). Herbario Universitario T.B. Tarija.
- IBNORCA. (2015). Bebidas alcoholicas- Singani- Requisitos. Tarija: IBNORCA.
- IBNORCA. (2015). Catalogo de Normas Bolivianas. Tarija: Direccion de Normalizacion.
- J.M, S., H.C., V. N., & M.M., A. (1996). Introduccion a la Termodinamica en Ingenieria Quimica.
- Jimenez Rojas, Y. (2014). DETERMINACIÓN DE TERPENOS, ALCOHOLES SUPERIORES Y ÉSTERES EN PISCOS ITALIA Y QUEBRANTA DEL VALLE DE CAÑETE PORCROMATOGRFÍA DE GASES”. Lima.

- Levenspiel , O. (1987). Ingeniería de las Reacciones Químicas. España: Editorial Reverté.
- Liria Dominguez, M. (2007). Guia para la Evaluacion sensorial de Alimentos. Lima.
- Lopez Gomez, A. (2014). Las instalaciones frigorificas en las bodegas. Madrid: Ediciones A. Madrid.
- M<sup>a</sup>Sanz, D. T., Cediell, I. M.-A., Prádena, J. M., Mercedes García, L., Pérez Rodríguez, M. L., Redondo Cuenca, A., . . . M<sup>a</sup> Zapata Revilla, A. (2014). Vino y su Analisis. Madrid.
- Moreno Vigara, J. J., & Peinado Amores, R. A. (2010). QUIMICA ENOLOGICA. Madrid : Mundi Prensa.
- MSc. Aparicio Torrico, M. E. (2008). Censo de bodegas y destilerias en los valles de Tarija y de los Cintis. Tarija.
- Navarro, S. P. (2014). Wine in Bolivia. Import intelligence study, 46. Obtenido de [www.winesofbolivia.com](https://www.winesofbolivia.com): <https://www.winesofbolivia.com/bolivian-launch-singani63/?lang=es>
- Pérez, L. D. (2020). PRÁCTICA N.º6(PARTE A)“DESTILACIÓN FRACCIONADA(MEZCLA DE ETANOL, AGUA Y PROPILENGLICOL). Guatemala.
- Requena, A. P. (s.f.). Identificación, Mapeo y Análisis Competitivo del Cluster de Uvas, Vinos y Singanis del Sur de Bolivia. Programa Andino de Competitividad Programa Andino de Competitividad Programa Andino de Competitividad.
- Rojo, F. (2002). Manual de Química Analítica Instrumental II. Anexo III. Facultad de Química UNAM. Mexico.

Rosmery, S. B. (2016). Evaluacion de los compuestos volatiles del vino base y del pisco, de las variedades: moscatel, italia y torontel. Lima.

Smith, M. (1980). Operaciones Unitarias para Ingenieria Quimica. Barcelona: REVERTE S.A.

Technologies, A. (2007). Guía de selección de columnas Agilent J&W para GC. Alemania.

TOLEDO HERRERA, V. H. (2012). "EVOLUCIÓN DE LOS COMPONENTES VOLÁTILES DEL PISCO . Lima.

UPAEP. (2014). Análisis Sensorial. Recuperado el 30 de diciembre de 2020, de [https://investigacion.upaep.mx/micrositios/assets/analisis-sensorial\\_final.pdf](https://investigacion.upaep.mx/micrositios/assets/analisis-sensorial_final.pdf)

Urbina Vinos Blog. (24 de septiembre de 2011).

Vannobel, C. (1988). Refroidissement d'un mouût en fermentation paré vaporation naturelle d'eau et d'alcool.

WINES OF BOLIVIA. (25 de Junio de 2021).

XUNTA DE GALICIA. (s.f.). COMPONENTES PRINCIPALES DE LA UVA Y DE LOS VINOS. Brasil, Galicia: PONTE SAN CLODIO.

Yagües, G. (2008). CROMATOGRFÍA DE GASES .



# **ANEXOS**

## ANEXO A

### DESCRIPCION DE EQUIPOS

EQUIPO	ESPECIFICACION TECNICA
<p><b>BALANZA</b></p> <p>Bascula de plataforma</p> <p>Precisión: 0.05Kg</p> <p>Capacidad: 500 Kg</p> <p>Marca: Ferrawyy</p> <p>Indicador: Peso, Total</p> <p>Alimentación: 220 VAC</p> <p>Bateria: 4V DC.</p>	 <p>The image shows a platform scale with a digital display on top. The scale is mounted on a tall, narrow metal frame. The weighing platform is a large, dark, rectangular mat on the floor. The background is a white tiled wall with some equipment and a white bag hanging on it.</p>
<p><b>MOLIENDA</b></p> <p>Producción: 30-50 kg./h Aprox.</p> <p>Criba ¼", 3/8", ½", ¾" o 1" a elegir o fabricada bajo especificaciones.</p> <p>Altura: 0.75 m</p> <p>Largo: 1.20 m</p> <p>Ancho:0.60 m</p>	 <p>The image shows a stainless steel grinding machine with a blue electric motor. The machine has a large, rectangular stainless steel body with a hopper on top and a discharge chute on the side. The motor is mounted on the side of the machine. The background is a concrete floor and a white wall.</p>

## CAMARA DE FRIO

Empresa: HEATCRAFT  
DO BRASIL

Temp:  $-3^{\circ}\text{C}$  a  $30^{\circ}\text{C}$

1 unidad condensadora de  
2.0 hp monofásica

Compresor Classic Sllent

1 Válvula de expansión

1 puerta abatible  
4.00x6.00 mt de baja  
temperatura

paneles de poliuretano  
inyectado de 100 mm.  
revestido, con piso de este  
mismo.



## TACHOS DE FERMENTACION

Capacidad: 100 L

Diámetro: 50 cm

Altura: 95 cm



## ALAMBIQUE

Capacidad: 200 L

Temp: 100 °C

Consta de:

Caldero de Cobre

Serpentín



ANEXO B  
DESCRIPCIÓN DE ANÁLISIS

## FOTOGRAFIAS DE ANÁLISIS

### ANEXO C

#### ANÁLISIS DEL VINO BASE



#### ANÁLISIS DE ACIDEZ TOTAL



## ANÁLISIS DE AZUCARES



## ANÁLISIS DE ACIDEZ VOLATIL





ANÁLISIS DE ALCOHOL EN VINO



## ANEXO D

### ANÁLISIS DE FURFURAL EN SINGANI



### ANÁLISIS DE ALDEHIDOS Y ESTERES EN SINGANI



ANÁLISIS DE ACIDEZ EN SINGANI







## ANEXO F

Los datos aplicados al método de tres puntos se reflejan en las siguientes tablas:

**Datos de la pendiente Cinética de R4**

Tiempo Horas (h)	$(-dCa/dt)=(-rA)$	x-1	Y	Y	X
			$\ln(-dCa/dt)$	$\ln(-dCa/dt)$	$\ln Ca$
0	0,01	0,01	0,00	0,0	2,62
12	0,00	0,00	0,00	0,0	2,62
24	0,00	0,00	0,00	0,0	2,61
36	0,00	0,00	0,00	0,0	2,61
48	0,00	0,00	0,00	0,0	2,61
60	0,01	0,01	-4,61	4,6	2,61
72	-0,02	0,02	-3,91	3,9	2,61
84	-0,02	0,03	-3,69	3,7	2,58
96	-0,02	0,03	-3,65	3,6	2,58
108	-0,02	0,03	-3,54	3,5	2,56
120	-0,02	0,03	-3,47	3,5	2,55
132	-0,04	0,04	-3,18	3,2	2,53
144	-0,05	0,05	-2,92	2,9	2,48
156	-0,05	0,07	-2,66	2,7	2,43
168	-0,11	0,11	-2,25	2,2	2,40
180	-0,15	0,15	-1,87	1,9	2,22
192	-0,17	0,17	-1,77	1,8	2,15
204	-0,25	0,25	-1,39	1,4	1,86
216	-0,30	0,30	-1,20	1,2	1,65
228	-0,40	0,40	-0,92	0,9	1,28
240	-0,50	0,50	-0,69	0,7	1,10
252	-0,75	0,75	-0,29	0,3	0,69
264	-0,84	0,80	-0,22	0,2	0,18
276	-1,00	1,00	0,00	0,0	0,00

Fuente: Elaboración propia, 2021.

### Datos de la pendiente Cinética de R3

Tiempo Horas (h)	(-dCa/dt)=(-rA)	x-1	Y	Y	X
			Ln(-dCa/dt)	Ln(-dCa/dt)	LnCa
0	0,2	0,01	0	0	2,45
12	0,03	-0,03	0	0	2,58
24	-0,02	0,02	0	0	2,58
36	0	0	0	0	2,58
48	0	0	0	0	2,58
60	0,01	0,01	-4,79	4,8	2,58
72	-0,01	0,01	-4,38	4,4	2,58
84	-0,05	0,05	-3	3	2,53
96	-0,08	0,08	-2,48	2,5	2,47
108	-0,08	0,08	-2,59	2,6	2,34
120	-0,09	0,09	-2,39	2,4	2,3
132	-0,1	0,1	-2,3	2,3	2,1
144	-0,1	0,1	-2,33	2,3	2,03
156	-0,11	0,11	-2,22	2,2	1,76
168	-0,13	0,13	-2,08	2,1	1,61
180	-0,14	0,14	-1,95	2	1,28
192	-0,13	0,13	-2,08	1,6	0,5
204	-0,16	0,16	-1,84	0,8	0

Fuente: Elaboración propia, 2021.

### Datos de la pendiente Cinética de R2

Tiempo Horas (h)	(-dCa/dt)=(-rA)	x-1	Y	Y	X
			Ln(-dCa/dt)	Ln(-dCa/dt)	LnCa
0	0,13	0,01	0,00	0,0	2,48
12	0,01	-0,01	0,00	0,0	2,56
24	-0,03	0,03	-3,49	3,5	2,55
36	-0,02	0,02	-3,49	3,5	2,53
48	-0,05	0,05	-3,49	3,5	2,50
60	-0,03	0,03	-3,49	3,5	2,45
72	-0,02	0,02	-4,09	4,1	2,43
84	-0,11	0,11	-2,22	2,2	2,38
96	-0,16	0,16	-1,84	1,8	2,22
108	-0,10	0,10	-2,30	2,3	2,00
120	-0,08	0,08	-2,48	2,5	1,92
132	-0,09	0,09	-2,39	2,4	1,69
144	-0,06	0,06	-2,75	2,8	1,53
156	-0,05	0,05	-3,00	3,0	1,34
168	-0,03	0,03	-3,40	3,4	1,22
180	-0,03	0,03	-3,40	3,4	1,10
192	-0,04	0,04	-3,18	3,2	0,96
204	-0,03	0,03	-3,40	3,4	0,79
216	-0,03	0,03	-3,69	3,7	0,79
228	-0,03	0,03	-3,69	3,7	0,47
240	-0,03	0,03	-3,69	3,7	0,47
252	-0,03	0,03	-3,69	3,7	0,00

Fuente: Elaboración propia, 2021.

### Datos de la pendiente Cinética de R1

Tiempo Horas (h)	(-dCa/dt)=(-rA)	x-1	Y	Y	X
			Ln(-dCa/dt)	Ln(-dCa/dt)	LnCa
0	0,10	0,01	0,00	0,0	2,50
12	0,02	-0,02	0,00	0,0	2,56
24	-0,01	0,01	-4,79	4,8	2,56
36	-0,02	0,02	-4,79	4,8	2,55
48	-0,02	0,02	-4,79	4,8	2,52
60	-0,01	0,01	-4,79	4,8	2,50
72	-0,05	0,05	-3,06	3,1	2,48
84	-0,09	0,09	-2,44	2,4	2,43
96	-0,11	0,11	-2,17	2,2	2,32
108	-0,10	0,10	-2,30	2,3	2,20
120	-0,07	0,07	-2,71	2,7	2,10
132	-0,07	0,07	-2,59	2,6	2,00
144	-0,08	0,08	-2,48	2,5	1,82
156	-0,05	0,05	-3,00	3,0	1,69
168	-0,04	0,04	-3,28	3,3	1,61
180	-0,03	0,03	-3,69	3,7	1,39
192	-0,03	0,03	-3,40	3,4	1,34
204	-0,03	0,03	-3,69	3,7	1,16
216	-0,04	0,04	-3,18	3,2	1,16
228	-0,04	0,04	-3,18	3,2	0,79
240	-0,04	0,04	-3,18	3,2	0,79
252	-0,03	0,03	-3,69	3,7	0,47
264	-0,03	0,03	-3,69	3,7	0,47

Fuente: Elaboración propia, 2021.

### Destilación del proceso para componentes puros

El proceso empleado para este trabajo de investigación es una destilación simple en alambique, una separación líquido vapor, los vinos base pueden ser considerados como una mezcla que contiene principalmente agua y etanol. los puntos de ebullición a presión atmosférica 760 mm Hg del agua y etanol son: el agua 100°C; alcohol 78.5°C. Esta mezcla es homogénea, ya que sólo posee una fase líquida que está presente.

(Fautapo, 2010) Menciona que el singani tiene un contenido de alcohol debajo de un 70%.

#### Componentes según la Ecuación de Antoine

Índice	Componente	A	B	C	Psat(atm)
1	Etanol	16,89	3795,17	230,91	159,14
2	Agua	16,38	3885,7	230,17	70,16

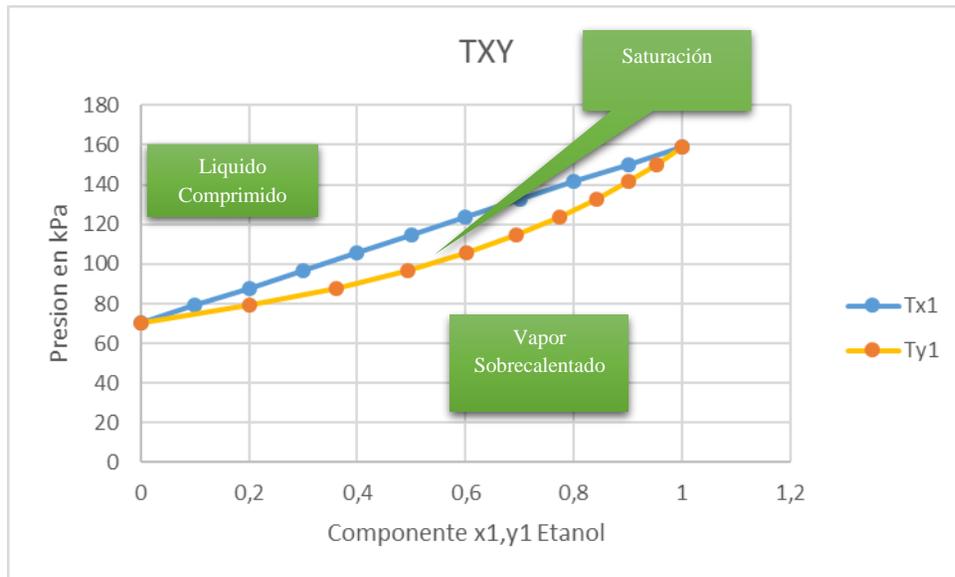
Fuente: Elaboración propia, 2021.

#### Fracciones molares del Etanol

X1	X2	P(atm)	Y1	Y2
0	1	70,16	0	1
0,1	0,9	79,06	0,20	0,79
0,2	0,8	87,96	0,36	0,63
0,3	0,7	96,85	0,49	0,50
0,4	0,6	105,75	0,60	0,39
0,5	0,5	114,65	0,69	0,30
0,6	0,4	123,55	0,77	0,22
0,7	0,3	132,45	0,84	0,15
0,8	0,2	141,34	0,90	0,09
0,9	0,1	150,24	0,95	0,04
1	0	159,14	1	0

Fuente: Elaboración propia, 2021.

### Curva de vaporización Etanol



Fuente: Elaboración propia, 2021.

La Gráfica anterior, muestra la composición del etanol en función a la presión de saturación dando como resultado las tres fases necesarias para identificar la volatilidad de las sustancias puras.

En el siguiente cuadro se muestra las presiones de saturación del sistema en función a la temperatura.

### Diagrama T-xy

Índice	Componentes	A	B	C	Tsat
1	Etanol	16,89	3795,17	230,91	78,19
2	Agua	16,38	3885,7	230,17	99,99

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Donde:

Los datos de Presión y Temperatura

$\Delta T$ : 2,17°C

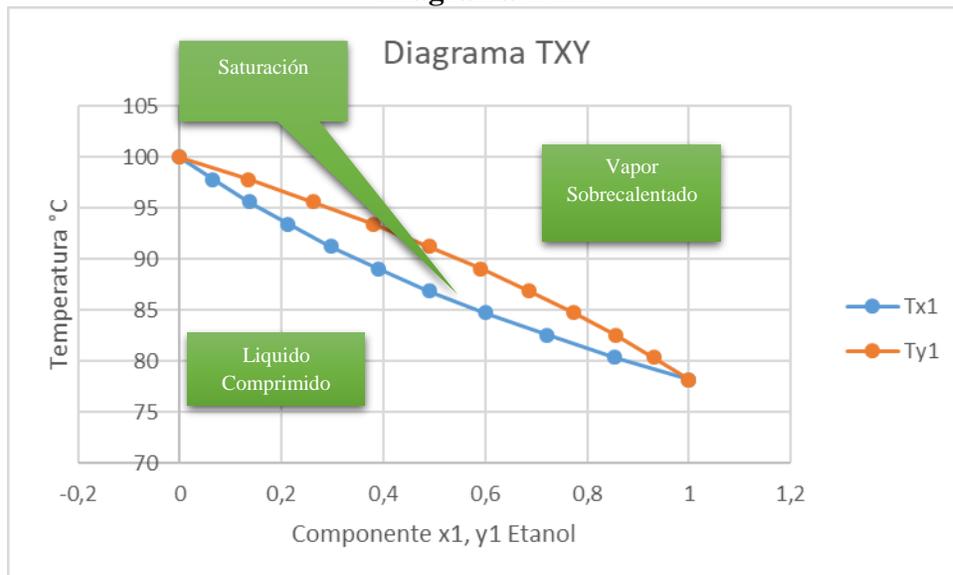
P: 101,32

### Diagrama de Composiciones XY

T	Psat(Kpa)1	Psat(Kpa)2	X1	X2	Y1	Y2
<b>78,19</b>	101,32	44,09	1	0	1	0
<b>80,37</b>	110,42	48,17	0,85	0,14	0,93	0,06
<b>82,55</b>	120,19	52,56	0,72	0,27	0,85	0,14
<b>84,73</b>	130,67	57,28	0,60	0,39	0,77	0,22
<b>86,91</b>	141,90	62,35	0,48	0,51	0,68	0,31
<b>89,09</b>	153,92	67,79	0,38	0,61	0,59	0,40
<b>91,27</b>	166,78	73,63	0,29	0,70	0,48	0,51
<b>93,45</b>	180,52	79,87	0,21	0,78	0,37	0,62
<b>95,63</b>	195,19	86,56	0,13	0,86	0,26	0,73
<b>97,81</b>	210,83	93,70	0,06	0,93	0,13	0,86
<b>99,99</b>	227,49	101,32	-1,12E-16	1	-2,52E-16	1

Fuente: Elaboración propia, 2021.

### Diagrama T-XY



Fuente: Elaboración propia, 2021.

La Gráfica anterior Indica las fases de las composiciones del etanol y agua en una en una mezcla binaria el cual sirve de referencia para el balance de materia que se mostrara más adelante

ANEXO G

JUECES





